

# Chronostratigraphische Untersuchungen ( $^{14}\text{C}$ -Alter) an den Windablagerungen der "Towans" in der südwestenglischen Grafschaft Cornwall

HELMUT SIEBERTZ\*)

Pleistocene, Weichselian, Holocene, Stratigraphy, aeolian deposits, Cornish coast, South-West-England

**Kurzfassung:** Zahlreiche Buchten an der Nordwest-Küste Cornwalls werden von ausgedehnten Sandstränden aufgebaut, die durch ästuarin-marine sowie fluviatile Vorgänge entstanden sind. Die Sedimente sind Verwitterungsprodukte des umliegenden pelagisch-geosynklinalen devonischen Gesteins (Abb. 1).

Die litoralen Ablagerungen dienen als Liefergebiet für die großen Dünengebiete an der Küste. Zu unterscheiden sind jüngere (rezente) und ältere (fossile) Dünenablagerungen, die teils in stratigraphischer Abfolge übereinander liegen; die fossilen Dünenande lagern deckenförmig, während die jüngeren Walldünen noch wandern. Beide Ablagerungen zeigen die für Dünenande typischen Korngrößenzusammensetzungen (etwa 70 - 95 % Mittelsand: 0,63 - 0,2 mm). Aufgrund der Winddynamik im Küstenbereich sind vereinzelt Fein(st)kiese, die im Grenzbereich der 2-mm-Korngröße liegen, als Gesteinssplitter in den Sedimenten zu finden.

Die älteren Dünenande beinhalten fossile Böden; der älteste Horizont H 2 (Abb. 2) hat ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $20.300 \pm 900$  a B. P.; dies entspricht dem Pleniglazial der Jung-Weichselkaltzeit. Der H 4-Horizont wurde mit  $13.000 \pm 400$  a B. P. datiert und fällt zeitlich in die Älteste Dryaszeit. Mit diesen Befunden lassen sich - analog zu den Untersuchungen auf dem Kontinent - ein älterer unterer sowie ein älterer oberer Flugsand sedimentologisch-pedologisch gliedern. Vergleichende Untersuchungen an europäischen Küstendünen lassen den Schluß zu, daß solch alte Windsedimente für Küstenräume die Ausnahme sind.

Der H 6-Horizont (Abb. 2) besitzt ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $4.410 \pm 70$  a B. P. Dies entspricht zeitlich der späten Wärmezeit des frühen Subboreals (Mittelholozän). Dieser Flugsandabschnitt findet bisher wenig parallele Ablagerungen im Küstenraum oder auf dem Festland. Das Profil wird im Hangenden von dem rezenten Boden abgeschlossen.

## [Chronostratigraphical explorations of $^{14}\text{C}$ -ages in the fossil soils of the blown sand deposits (Towans) at the Cornish coast (South-West-England)]

**Abstract:** The cliffs along the north-western coast of Cornwall are interrupted by low-lying stretches of coast line (estuaries, bays), which supply blown sand for the formation of the coastal dunes (Fig. 1).

The aeolian sand deposits vary considerably in age. The young Holocene dunes are still active, whereas the older (mainly) Pleistocene sediments are located beneath the younger dunes or in horizontal connection to them; they are now fossil.

As these older dune sands are divided up by several fossil soil horizons, a climatic-morphological connection can be made between the aeolian sediments of the Cornish coast and those on the continent. The H 2-horizon (Fig. 2) is radio-carbon dated at  $20.300 \pm 900$  a B.P. (Weichselian glacial period) and indicates a warm interval of the Pleniglacial which was characterised by erosion or solifluction or pedogenesis. The H 4-horizon is dated at  $13.000 \pm 400$  a B. P. (earliest Dryas period). H 2 divides an older lower and an older upper flying sand; the older flying sand is comparable to sands located in the Netherlands, Belgium and northern Germany. H 6 ( $4.410 \pm 70$  a B.P.) originated in the late warm period of the early Subboreal (Mid-Holocene), and is thus older than the fossil soils which are generally found in the continental Holocene dunes.

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die Nordwest-Küste Cornwalls ist durch zahlreiche Buchten gegliedert, welche durch die marine Abrasion gebildet wurden. Der litorale Bereich dieser Buchten wird von flächenhaft weitläufigen Stränden eingenommen, die sich vornehmlich aus Sanden (und geringen Geröllanteilen) mit beträchtlicher Mächtigkeit zusammensetzen; sie werden durch ästuarin-marine und fluviatile Prozesse dem Strand zugeführt (Abb. 1).

Die Strandsedimente werden bei Niedrigwasser durch West-Südwest-Winde verfrachtet (Vergangenheit und Gegenwart); die älteren Dünenande liegen in geringer Mächtigkeit auf dem Kliff und sind durch fossile Bodenhorizonte gegliedert, während die jüngeren Wanderdünen häufig an den flachen Küstenhängen lagern und als Walldünen eine beträchtliche Mächtigkeit erreichen können. An der Küste bedecken sie oft größere Areale (Abb. 1).

Ältere und jüngere Dünenande liegen häufig räumlich eng zusammen oder sogar in stratigraphischer Abfolge übereinander. Beide Ablagerungen sind

\*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geogr. Dr. H. SIEBERTZ, Landwirtschaftskammer Rheinland, Gruppe Landbau, Endenicher Allee 60, 53115 Bonn

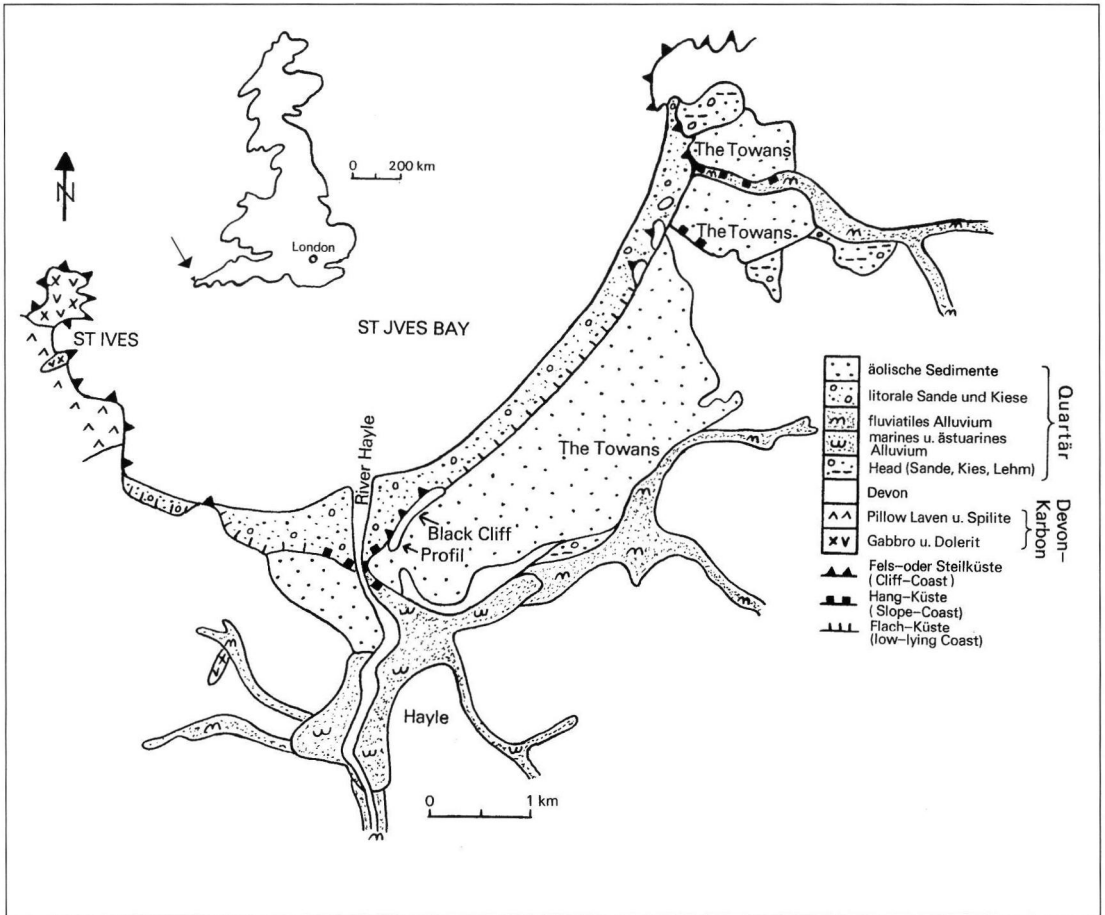


Abb. 1: Geologisch-geomorphologische Skizze des Untersuchungsgebietes (Black Cliff) der "Towans" nördlich von Hayle und Umgebung (vereinfachter geologischer Untergrund nach BROWN 1984).

nicht durch den Materialbestand, sondern nur durch fossile Bodenbildungen zu gliedern, weil das Edukt (im allgemeinen) die gleiche Matrix aufweist. In Cornwall werden die ausgedehnten Dünenandgebiete als "Towans" bezeichnet.

Auf dem Black Cliff (Abb. 1) konnte ein etwa 80 cm mächtiges Decksedimentprofil durch drei fossile Bodenhorizonte gegliedert werden, wobei der älteste Boden mit dem Pleniglazial des jüngeren Weichsel-Hochglazials gleichzusetzen ist und der zweitälteste Boden mit der Ältesten Dryaszeit zusammenfällt. Äolische Decksedimente solch hohen Alters sind für die Küstenräume völlig untypisch. Dies zeigen diverse Untersuchungen, wo pleniglaziale Decksedimentbildungen nur auf die Kontinentalräume beschränkt sind und die Dünenbildung an europäischen Küsten frühestens im Boreal (Alt-Holozän) beginnt (s. Kap. 4).

Die Stellung dieses (bisher) einmaligen Profils an der englischen Südwestküste wird mit diversen Profilen aus unterschiedlichen europäischen Küsten-

regionen sowie kontinentalen Gebieten innerhalb der Chronostratigraphie des mitteleuropäischen Quartärs diskutiert.

## 2 Physisch-geographische Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Küste der Saint Ives Bay wird von verschiedenen Hangformen gebildet (Abb. 1). Das die Bay umlagernde Gestein ist vornehmlich aus differenzierten klastischen Gesteinsserien des Unter- und Oberdevons zusammengesetzt (turbiditischer Sandstein, Schiefer, Brekzien, Konglomerate). Der turbidische Sandstein kann als herzynische Flyschfazies gedeutet werden. Lokal befinden sich auf dem Kliff Heads, die als periglazialer Solifluktionsschutt angesprochen werden (Abb. 1).

Die klastischen Ablagerungen bilden die Hauptlieferanten für die litoralen Sedimente der St. Ives Bay und damit auch für die Dünen in dieser Bucht (Abb. 1). Das relativ kurze Einzugsgebiet der Flüsse im

Hinterland, aber auch die teils unregelmäßige Wasserführung der kleinen Flüsse und Bäche läßt erkennen, daß das Liefergebiet für die Dünensande hauptsächlich im neritischen Raum zu suchen ist.

### 3 Chronostratigraphische Analyse des Decksedimentprofils vom Black Cliff

Die litoralen Sedimente werden vornehmlich von Sand aufgebaut. Es ist auffallend, daß der Kiesanteil an den Strandsedimenten sehr gering ist; dies hängt mit der lokalen Sedimentzusammensetzung im Raum der St. Ives Bay zusammen, die mehr oder weniger von einer pelagisch-geosynklinalen Fazies gekennzeichnet ist.

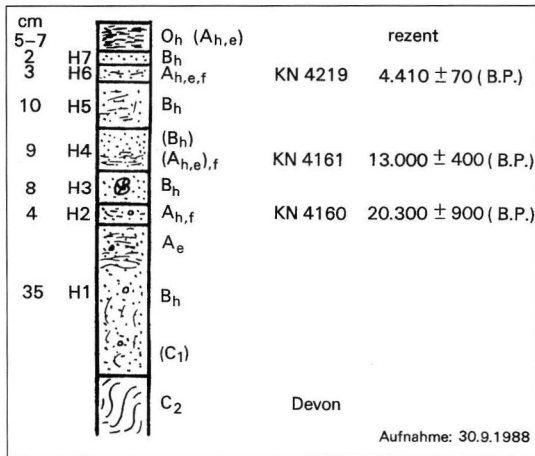


Abb. 2: Chronostratigraphisches Profil vom Black Cliff.

Auf dem Black Cliff liegt eine dünne Decke aus äolischen Sanden (Abb. 2). Das aufgenommene Profil hat eine Mächtigkeit von knapp 80 cm; die Kliffhöhe beträgt hier etwa 15 - 20 m über NN. Die Dünensande liegen räumlich begrenzt verteilt; sie werden meistens im Hangenden von den jüngeren Walldünen abgelöst, so daß ihre basale Lage nicht mehr lokalisiert werden kann. Wo die jüngeren Dünensande fehlen, kommen die deckenförmig abgelagerten älteren äolischen Sande zutage. Dies ist auf dem Black Cliff sowie in den nordöstlichen Towans der Fall, wo die Flachküste von einer Steilküste abgelöst wird (Abb. 1).

Korngrößenanalysen an diversen Strandproben von Hayle (sowie Perranporth nordöstlich von St. Ives) zeigen eine Zusammensetzung, die sich vornehmlich auf die Mittelsandfraktion (0,63 - 0,2 mm) beschränkt (Prozentanteile zwischen 71,8 und 91,4%). Entsprechend sind die Dünenablagerungen zusammengesetzt (Tab. 1). Die Mittelsandfraktion bewegt sich dort zwischen 73,2 und 93,5%, so daß diese Sande sogar eine gröbere Zusammensetzung aufweisen, als dies bei kontinentalen Dünen der Fall ist. Das Profil von Hayle (Abb. 2) zeigt folgende Stratigraphie: der Untergrund des Black Cliffs wird aus unterdevonischen Gramscatho Beds (Konglomerate, Schiefer, turbiditischer Sandstein) aufgebaut; diesen folgen im Hangenden die quartären Ablagerungen. Die Basis H 1 besteht aus einem grauen Sandhorizont, der nach oben eine Braunfärbung aufweist ( $A_c$ ). Ihm folgt der sandig humose H 2-Horizont mit einem  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $20.300 \pm 900$  a B.P. Der H 3-Profilabschnitt beinhaltet grauen Sand, der mit Muscheln durchsetzt ist; H 4 besteht aus einer im Han-

Tab. 1: Korngrößenanalysen (DIN 4188) von Strand- und Dünensandproben (Lokalitäten: Saint Ives Bay und Perranporth).

Kornfraktionen in mm	Proben von Dünensand (Perranporth)					Proben von Dünensand der Towans (nördlich von Hayle)					Proben vom Black Cliff bei Hayle		
	H 1	H 3	H 5	H 1	H 3	H 5	H 1	H 3	H 5	H 1	H 3	H 5	
2-1	—	—	—	—	—	1,0	0,5	0,1	0,6	—	5,2	0,2	0,2
1-0,63	—	0,3	0,1	0,8	—	8,0	6,8	2,0	11,8	0,3	2,2	1,5	1,4
0,63-0,2	73,2	91,4	81,4	81,1	74,4	87,0	89,9	93,5	84,0	92,1	84,2	86,2	81,3
0,2-0,1	24,8	5,9	16,7	16,1	23,6	2,9	1,5	3,1	2,2	6,6	3,7	6,3	7,8
0,1-0,063	0,3	—	0,1	0,1	0,1	0,1	—	—	—	—	0,1	0,4	1,0
0,060-0,020	0,4	1,0	1,0	—	—	0,4	—	—	—	—	—	3,0	2,0
0,020-0,006	0,2	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	0,9	0,6	0,9
0,006-0,002	—	—	0,6	0,6	0,5	0,1	0,2	0,1	0,7	0,3	0,8	1,0	1,6
< 0,002	1,1	1,4	1,1	1,3	1,0	0,9	1,1	0,9	0,7	0,7	2,9	0,8	3,8

genden helleren, im Liegenden dunkleren Sand-schicht, die schwach humos ist und ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $13.000 \pm 400$  a. B. P. aufweist. Der graue Sandhorizont H 5 wird nach oben von einer schwarzen, sandig-humosen Ablagerung H 6 abgelöst; diese hat ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $4.410 \pm 70$  a. B.P. Das Profil wird im Hangenden von einem grauen Sandhorizont H 7 und schließlich vom rezenten Boden abgeschlossen.

Die Bodenhorizonte H 2 und H 4 sind mit kleinen Kiesen durchsetzt, während die Dünen-sande H 1 und H 5 vereinzelt Gesteinsplitter enthalten, welche aufgrund der Scharfkantigkeit die 2 mm Maschenweite des Siebes nicht passieren und deshalb als Fein(st)kiesfraktion in Erscheinung treten. Gleiche Aussage gilt für diverse Strandsedimente und rezente Dünen-sandproben von Hayle sowie Perranporth (Tab. 1).

#### 4 Diskussion der Befunde

Weichsel-kaltzeitliche äolische Sedimente können eine recht vielfältige Zusammensetzung aufweisen (SIEBERTZ 1990). Aufgrund der Winddynamik handelt es sich dabei um Flugsande und ähnliche Sedimente im küstennahen Raum sowie um feinere Ablagerungen (meistens Löss) im Binnenland. Für Cornwall ist der Löß jedoch völlig unbedeutend, wobei die geringmächtigen und vereinzelt auftretenden Funde nicht immer als ein dem kontinentalen Löß ähnliches Sediment aufgefaßt werden können (vgl. CATT & STAINES 1982). In der Weichsel-Kaltzeit sind besonders in den küstennahen Flachlandregionen (Belgien, Niederlande, Norddeutschland) gröbere äolische Sedimente zur Ablagerung gekommen, entweder als feinkörnigere Decksedimente (Flugsande, Treibsande) oder als grobkörnigere Dünen-sandablagerungen.

CATT & STAINES (1982) geben für die weichselzeitlichen Löss west- bis nordwestliche Winde an, was auch für die älteren Flugsedimente zutreffen dürfte. Für die rezenten Sandbewegungen wird von BARTON (1964) die vorherrschende Windrichtung mit Südwest angegeben; dies könnte synoptisch gesehen für die Grundsicht zutreffend sein, zumal für die freie Atmosphäre im statistischen Mittel für den Januar Südwest- und für den Juli West-Nordwestwinde gemessen werden, denn die Dünen-sande liegen (vornehmlich) östlich der Ausblasungsgebiete, wie dies für jungdryaszeitliche Sedimente charakteristisch ist (vgl. SIEBERTZ 1992).

Untersuchungen an Dünen-sanden auf dem Kontinent lassen erkennen, daß die Flugsandbewegungen häufig im oberen Pleniglazial der Weichsel-Kaltzeit beginnen und sich oft bis ins Holozän verfolgen lassen. Dabei müssen Dünenbildungen nicht unbedingt einer einzigen Ablagerungsphase angehören

(vgl. SERAPHIM 1986). Der Küstenraum ist nicht das klassische Ablagerungsgebiet für pleniglaziale äolische Sedimente, sondern in dieser Hinsicht die Ausnahme, wie  $^{14}\text{C}$ -Datierungen zeigen. Die meisten Küsten werden durchweg - wie auch hier in Cornwall - von holozänen äolischen Sedimenten geprägt. So konnten von SIEBERTZ & SIEGBURG (1991) am Pas de Calais die äolischen Prozesse anhand fossiler Bodenhorizonte auch nur bis an die Wende von Subboreal-Subatlantikum zurückverfolgt werden. Dies trifft auch für die Untersuchungen in den Niederlanden von JELGERSMA et al. (1970) sowie von KLIJN (1990) zu. Ähnlich junge Dünen-sande werden nach MUNAUT & GILOT (1977) vom Pas de Calais, von TOOLEY & GILOT (1977) vom Pas de Calais, von TOOLEY (1990) für diverse Küsten Großbritanniens, für die dänischen Küsten von CHRISTIANSEN et al. (1990) sowie für die französische Küstenregion von BRESSOLIER et al. (1990) beschrieben.

Daß pleniglaziale Windsedimente und jungholozäne Dünen nebeneinander oder sogar in stratigraphischer Abfolge an der Küste von Cornwall auftreten, ist deshalb nicht typisch, sondern die Ausnahme. Der relativ gute Erhalt der schwach ausgebildeten fossilen Horizonte und deren  $^{14}\text{C}$ -Datierung lassen erkennen, daß Parallelisierungen zu äolischen Vorgängen auf dem Kontinent möglich sind. Da die Klimaentwicklung eines kontinentalen Raumes mit Verzögerungen reagiert, lassen sich die  $^{14}\text{C}$ -Alter oft nur mit Einschränkungen untereinander vergleichen.

Für den H 2-Horizont (Abb. 2) lassen sich vergleichbare Befunde im zentralen Polen an Dünen-sanden nachweisen, die ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von  $21.900 \pm 220$  a. B. P. zeigen (GOŹDZIK 1991). Diese Zeit scheint allgemein mit einer Beruhigung der Sedimentation einherzugehen, so daß je nach Lokalität und Klimaraum entweder Bodenbildung, Solifluktion oder Abtragung stattfand. Untersuchungen in Mitteleuropa zeigen, daß das Pleniglazial um etwa 20 000 a. B. P. allgemein etwas wärmer war (MAARLEVELD 1976), während SEMMEL (1990) von einer bedeutenden Zeit der Lößabtragung spricht, die in diversen Gebieten durch Solifluktion und Abtragung gekennzeichnet ist.

Mit Hilfe dieser Zeitmarken lassen sich stratigraphisch nicht gliederbare äolische Decksedimente sinnvoll der mitteleuropäisch-jungweichselzeitlichen Sediment- und Bodenstratigraphie zuordnen (vgl. SIEBERTZ 1992). Der H 2-Horizont ist mit dem Beuningen-Boden von HAMMEN et al. (1967) vergleichbar, so daß die Basis (H 1-Sedimentabschnitt) mit dem älteren Flugdecksand I im Sinne von ZAGWIJN & PAEPE (1968) in den Niederlanden oder dem älteren unteren Flugsand von SIEBERTZ (1992) auf dem Niederrheinischen Höhenzug gleichgesetzt werden kann.

Die <sup>14</sup>C-Datierung des H 4-Horizontes (Abb. 2) findet vergleichbare Parallelen in diversen Untersuchungen Ost- und Nordosteuropas. So werden von SCHLYTER (1991) fossile Bodenbildungen in Windablagerungen Süd-Schwedens nachgewiesen, die ein Alter von 12.900 sowie 12.700 a B.P. aufweisen. In Zentralpolen sind fossile Böden in Dünen mit einem <sup>14</sup>C-Alter von 13.670 ± 240 a B. P. von GOŹDZIK (1991), 13.500 ± 290 a B. P. von CICHOSZ-KOSTECKA et al. (1991) sowie diverse Alter in der Warschauer Senke von KONECKA-BETLEY (1991) belegt, die eine Zeitspanne von 13.340 ± 110 a B. P. bis 12.770 ± 130 a B. P. umfassen.

Der H 4-Horizont liegt im Alter an der Grenze von Ältester Dryas und Bölling-Interstadial. Dieses ist nach ZAGWIJN & PAEPE (1968) mit etwa 12.400 a B. P. festgelegt, so daß der basale Sedimentabschnitt H 3 im Sinne der Autoren mit dem älteren Flugdecksand II (Stabroek-Boden: 12.300 ± 100 a B.P.) der Niederlande, bzw. nach SIEBERTZ (1992) mit dem älteren oberen Flugsand vom Niederrhein gleichzusetzen ist. Damit ist die Flugsandstratigraphie des oberen Pleniglazials bis ins frühe Spätglazial lückenlos vorhanden.

Für die Windaktivitäten der älteren und jüngeren Dryaszeit gibt es bisher keine Befunde. Wie weit hier eine stratigraphische Lücke vorliegt, kann aufgrund der fehlenden Einsicht in den Untergrund der Dünen bisher nicht nachgewiesen werden. Neue Untersuchungen an Küstendünen von TOOLEY (1990) in Großbritannien und von WILSON (1990) in Nord-Irland allerdings zeigen, daß gesicherte <sup>14</sup>C-Daten frühestens für das Boreal (frühe Wärmezeit) sowie für das Atlantikum II (mittlere Wärmezeit) vorhanden sind. Dabei kann TOOLEY (1990) auf <sup>14</sup>C-Alter zurückgreifen, die den Zeitraum vom Boreal bis ins Mittelalter umspannen.

Die Befunde lassen erkennen, daß die Bildung von Dünen in Küstenräumen (scheinbar) verstärkt mit dem Altholozän beginnt und sich bis in die Neuzeit verfolgen läßt. Die <sup>14</sup>C-Daten zeigen auch, daß seit dem Pleniglazial in (fast) allen Klimaepochen Dünenbildungen stattgefunden haben. Sie treten allerdings räumlich immer nur sporadisch auf, so daß (bisher) kaum eine einheitliche Stratigraphie für ein Gebiet erarbeitet werden konnte. Für das Profil von Hayle bedeutet dies, daß die Stratigraphie zeitlich Lücken aufweist, die durch weitere Befunde ergänzt werden müssen. So liegt zunächst der Schluß nahe, daß die Ablagerungen der fehlenden Klimaepochen erodiert oder nie dort abgelagert wurden.

Der H 6-Horizont (Abb. 2) weist ein <sup>14</sup>C-Alter auf, welches der späten Wärmezeit des frühen Subboreals zugeordnet werden kann. Dünen- und Flugdecksandbildungen sind auch dem Mittelholozän nicht fremd, jedoch fehlt es häufig an absolut auswertbaren Zeitmarken. Bisher ist von Belgien ein "älteres

Dünensystem" von DE CEUNYNCK (1985) beschrieben worden (4.270 ± 65 a B. P.; 4.300 ± 65 a B. P.), welches durch fossile Bodenbildungen eine zeitlich stratigraphische und klimatologische Einbettung in die mittelholozänen Vorgänge der Sedimentablagerung ermöglicht.

## Danksagung

Herrn Dr. Jürgen Freundlich vom Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität zu Köln danke ich für die <sup>14</sup>C-Altersbestimmungen der fossilen Bodenhorizonte vom Black Cliff in der Saint Ives Bay bei Hayle (südwest-englische Grafschaft Cornwall).

## 5 Schriftenverzeichnis

- BARTON, R. M. (1964): An Introduction to the Geology of Cornwall, 1 - 168; Truro (Barton).
- BRESSOLIER, C., FROIDEFOND, J.-M. & THOMAS, Y.-F. (1990): Chronology of Coastal Dunes in the South-West of France. - *Catena*, Suppl. **18**: 101-107, 4 Fig.; Cremlingen.
- BROWN, G. M. (Dir.) (1984): British Geological Survey 1:50.000, Penzance, Sheet 351 & 358; Southampton.
- CATT, J. A. & STAINES, S. J. (1982): Loess in Cornwall. - *Proc. of the Ussher Society*, **5**: 368-375, 3 Fig., 2 Tab.; Cambridge.
- CEUNYNCK, R. DE (1985): The Evolution of the Coastal Dunes in the Western Belgian Coastal Plain. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **35**: 33-41, 3 Fig., 1 Tab.; Stuttgart.
- CHRISTIANSEN, CH., DALSGAARD, K., MØLLER, J. T. & BOWMAN, D. (1990): Coastal Dunes in Denmark. Chronology in Relation to Sea Level. - *Catena*, Suppl. **18**: 61-70, 6 Fig., 2 Phot.; Cremlingen.
- CICHOSZ-KOSTECKA, A., MYCIELSKA-DOWGIALLO, E. & MANIKOWSKA, B. (1991): Late Glacial aeolian processes in the light of sediment analysis from Kamion profile near Wyszogrod. - *Zeitschrift f. Geomorphologie*, Suppl. **90**: 45-50, 1 Fig.; Berlin.
- GOŹDZIK, J. (1991): Sedimentological record of aeolian processes from the Upper Plenivistulian and the turn of Pleni- and Late Vistulian in Central Poland. - *Zeitschrift f. Geomorphologie*, Suppl. **90**: 51-60, 4 Fig.; Berlin.
- HAMMEN, T. VAN DER, MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H. (1967): Stratigraphy, Climatic Succession and Radiocarbon dating of the last Glacial in the Netherlands. - *Geol. en Mijnb.*, **46**: 79-95, 9 Fig.; s'Gravenhage.
- JELGERSMA, S., DE JONG, J., ZAGWIJN, W. H. & VAN REGTEREN ALTENA, J. F. (1970): The Coastal Dunes of the Western Netherlands. *Geology, Vegetational History and Archeology*. - *Meded. Rijks Geol. Dienst N. S.*, **21**: 93-167; Maastricht.
- KLIJN, J. A. (1990): The younger Dunes in the Netherlands; Chronology and Causation. - *Catena*, Suppl. **18**: 89-100, 3 Tab., 4 Fig.; Cremlingen.
- KONECKA-BETLEY, K. (1991): Late Vistulian and Holocene fossil soils developed from aeolian and alluvial sediments of the Warsaw Basin. - *Zeitschrift f. Geomorphologie*, Suppl. **90**: 99-105, 2 Fig.; Berlin.
- MAARLEVELD, G. C. (1976): Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the last glacial time in the Netherlands. - *Biul. Peryglacjalny*, **26**: 57-78, 10 Fig.; Lodz.

- MUNAUT, A. V. & GILOT, E. (1977): Recherches palynologiques et datations  $^{14}\text{C}$  dans les régions côtières du nord de la France. - Bull. de l'Assoc. Française pour l'Étude du Quaternaire, **52**: 17-25, 4 Fig., 2 Tab.; Paris.
- SCHLYTER, P. (1991): Recent and periglacial Wind action in Scania and adjacent areas of S-Schweden. - Zeitschrift f. Geomorphologie, Suppl. **90**: 143-153, 3 Fig.; Berlin.
- SEMMEI, A. (1990): Periglaziale Formen und Sedimente. - Eiszeitforschung, 250-260, 5 Abb.; Darmstadt (Wiss. Buchges.).
- SERAPHIM, TH. (1986): Spätglazial und Dünenforschung. - Westf. Geogr. Stud., **42**: 119-136, 1 Abb., 1 Phot.; Münster.
- SIEBERTZ, H. (1990): Die Abgrenzung von äolischen Decksedimenten auf dem Niederrheinischen Höhenzug mit Hilfe von Korngruppenkombinationen. - Decheniana, **143**: 476-485, 5 Abb., 5 Tab.; Bonn.
- (1992): Neue Befunde zu den sedimentologisch-stratigraphischen Lagerungsverhältnissen und zur Alterszuordnung der äolischen Decksedimente auf dem Niederrheinischen Höhenzug. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **42**: 72-79, 3 Abb., 2 Tab., 1 Kt.; Stuttgart.
- & SIEGBURG, W. (1991): Sedimentologische und pedologische Untersuchungen zur Landschaftsgenese in der Bucht von Wissant (Pas de Calais). - Erdkunde, **45**: 17-27, 5 Abb., 3 Tab.; Braunschweig.
- TOOLEY, M. J. (1990): The Chronology of Coastal Dune Development in the United Kingdom. - Catena, Suppl. **18**: 81-88, 2 Fig.; Cremlingen.
- WILSON, P. (1990): Coastal Dune Chronology in the North of Ireland. - Catena, Suppl. **18**: 71-79, 4 Fig.; Cremlingen.
- ZAGWIJN, W. H. & PAEPE, R. (1968): Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgien. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **19**: 129-146, 6 Abb.; Öhringen.

Manuskript eingegangen am 29. 10. 1992