



Landschafts- geschichte Norddeutschlands

**Umwelt und Siedlung
von der Steinzeit bis zur Gegenwart**

Landschaftsgeschichte
Norddeutschlands

Landschaftsgeschichte Norddeutschlands

Umwelt und Siedlung
von der Steinzeit bis zur Gegenwart

Karl-Ernst Behre

Wachholtz

Der Druck dieses Buches wurde gefördert von:

EWESTIFTUNG

NWDUG
Nordwestdeutsche Universitätsgesellschaft

sdk
STIFTUNG DEUTSCHER KÜSTENSCHUTZ

Titelbild: Matthias Friedemann

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks,
insbesondere für Vervielfältigungen, der Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen
Systemen sowie der photomechanischen Wiedergabe und Übersetzung vorbehalten.

ISBN 978-3-529-02499-3

ISBN 978-3-529-09281-7 (E-Book)

Wachholtz Verlag, Neumünster 2008

1	EINLEITUNG	9
2	DIE ENTWICKLUNG DER GROSSEN NATURRÄUME NORDDEUTSCHLANDS	11
2.1	Die Bildungen des Eiszeitalters	11
2.1.1	Die Jungmoränenlandschaften	11
2.1.2	Die Altmoränenlandschaften	15
2.2	Die Nordseeküste in der Nacheiszeit	19
2.2.1	Meeresspiegelanstieg und frühe Küstenlinien	19
2.2.2	Strandwälle und Nehrungen	23
2.2.3	Düneninseln und Sände	24
2.2.4	Die Geestkern- und Marscheninseln Nordfrieslands	27
2.2.5	Die Felseninsel Helgoland	28
2.2.6	Trans- und Regressionen und die Herausbildung des Marschprofils	28
2.2.7	Die Modellierung der See- und Flussmarschen	32
2.2.8	Die erste Gestaltung der heutigen Küstenlinie	35
2.3	Die Ostseeküste	37
2.3.1	Die wichtigsten Ostseestadien in der Nacheiszeit	37
2.3.2	Die deutsche Ostseeküste	39
2.4	Die Moore in der Naturlandschaft	43
2.4.1	Niedermoore	43
2.4.2	Hochmoore	45
2.4.3	Das Sehestedter Außendeichsmoor	50
2.5	Kurze Geschichte der Vegetation in Norddeutschland	52
3	KULTURLANDSCHAFTS- UND SIEDLUNGSGESCHICHTE IM NORDDEUTSCHEN TIEFLAND	58
3.1	Die Nordseemarschen	58
3.1.1	Die älteste Marschbesiedlung und ihre Umwelt	58
3.1.2	Bronzezeit: Umwelt und Besiedlung der Marsch	60

3.1.3	Vorrömische Eisenzeit: Ausbildung und Besiedlung einer Flussmarschlandschaft	62
3.1.4	Meeresrückzug und Marschenkolonisation um Christi Geburt	65
3.1.5	Erste aktive Reaktionen gegen die See: Der Wurtenbau in der Römischen Kaiserzeit	67
3.1.6	Neubesiedlung der Marsch im Frühen Mittelalter	77
3.1.7	Die Marschen im Hohen und Späten Mittelalter: Ihre Entwicklung zur Kulturlandschaft	86
3.1.7.1	Christianisierung und Kirchenbau	86
3.1.7.2	Die Hollerkolonisation und andere Marschhufensiedlungen	87
3.1.7.3	Der frühe Deich- und Sielbau	90
	Das Alter der frühen Deiche	93
	Folgen des Deichbaus für die Küstenlinie sowie jüngere Bedeichungen	97
	Siele und Entwässerung der Marschen	102
3.1.8	Landesaubau und Küstenschutz in der Neuzeit	106
3.1.8.1	Sturmfluten	106
3.1.8.2	Fortschritte in der Deichbautechnik	109
3.1.8.3	Die neuzeitlichen Bedeichungen	112
3.1.8.4	Neue Küstenschutz- und Wasserbaumaßnahmen und ihre Folgen	119
3.1.8.5	Die Landwirtschaft der Marschen in der Neuzeit	122
3.1.9	Die Besiedlung der Nordseeinseln	126
3.1.9.	Helgoland	126
3.1.9.2	Nordfriesische Geestkerninseln	127
3.1.9.3	Ostfriesische Inseln	129
3.2	Zwischen Marsch und Bergland: die Moränenlandschaften	130
3.2.1	Die Jäger, Sammler und Fischer der Mittelsteinzeit	130
3.2.2	Die ersten menschlichen Eingriffe	134
3.2.2.1	Die Bandkeramik und die Rössener Kultur im Süden des Tieflandes	134
3.2.3	Die neue Wirtschaftsform breitet sich aus	137
3.2.3.1	Mittel- und jungsteinzeitliche Wirtschaftsweise im Verbund	137
3.2.3.2	Die erste Kulturlandschaft im Norden in der Trichterbecherzeit	138
3.2.3.3	Landschaft und Besiedlung in der Bronzezeit	147
3.2.3.4	Vorrömische Eisenzeit: erste ausgedehnte Umweltzerstörungen	152
3.2.3.5	Römische Kaiserzeit: das Leben der barbarischen Germanen	157
3.2.3.6	Völkerwanderungszeit: Die Natur kehrt wieder zurück	163
3.2.4	Mittelalter und Neuzeit: Kulturlandschaft und Umweltverwüstung	166
3.2.4.1	Frühes Mittelalter: Die große Wiederbesiedlung Norddeutschlands	166
3.2.4.2	Die mittelalterlichen Umwälzungen von Siedlung und Landwirtschaft	173
3.2.4.3	Die deutsche Ostsiedlung	180

3.2.4.4	Die große mittelalterliche Wüstungsperiode	186
3.2.4.5	Die Ausbreitung der Heiden in Nordwestdeutschland	187
3.2.4.6	Der Zusammenbruch des Heidebauerntums und die Agrarreformen	195
3.2.4.7	Vom Landesausbau zur Gutswirtschaft im norddeutschen Osten 1800 bis 1945	202
3.2.4.8	Besiedlung und Küstenschutz an der Ostsee	207
3.2.4.9	Staatlich gesteuerte Landwirtschaft in der DDR ab 1945	209
3.2.5	Neuzeitlicher Wald mit geregelter Forstwirtschaft	210
3.3	Die Kultivierung der Moore	213
3.3.1	Die Erschließung der Niedermoore	213
3.3.2	Die Hochmoorkultivierung	216
4	LANDSCHAFTSGEBUNDENE WIRTSCHAFTSFORMEN	228
4.1	Der Wald als Wirtschaftsraum und Rohstofflieferant	228
4.1.1	Waldwirtschaft und Waldnutzungsformen	228
4.1.2	Erzeugnisse aus dem Wald	235
4.2	Kurze Geschichte des Ackerbaus und der Kulturpflanzen	242
4.2.1	Die Ausbreitung des Ackerbaus und die Einführung der Kulturpflanzen	242
4.2.2	Die Geschichte der wichtigsten Kulturpflanzen Norddeutschlands	248
4.2.2.1	Getreide und andere Stärkepflanzen	248
4.2.2.2	Öl- und Faserpflanzen	255
4.2.2.3	Gemüse- und Futterpflanzen	259
4.2.2.4	Obst und Bierwürzen	261
4.3	Wichtige landschaftsprägende Industrien bis in das 19. Jahrhundert	265
4.3.1	Ziegeleien und Kalkbrennerei	265
4.3.2	Eisengewinnung aus Raseneisenerz	268
4.3.3	Glashütten und Aschenbrenner	275
4.3.4	Salz von der Küste und aus dem Binnenland	278
4.3.4.1	Salzgewinnung an der Nordsee	278
4.3.4.2	Salzvorkommen und Salinen im binnenländischen Tiefland	283

5	ZUSAMMENSCHAU	288
	ZEITTADEL	295
6	LITERATUR	296

Landschaftsgeschichte Norddeutschlands

Umwelt und Siedlung von der Steinzeit bis zur Gegenwart

Karl-Ernst Behre

1 EINLEITUNG

Die Geschichte der Kulturlandschaft ist sehr kurz, vergleicht man sie mit den langen Zeiten, in denen die Natur mit sich und den wenigen Menschen im Gleichgewicht war. In nur wenigen Jahrtausenden hat es der Mensch geschafft, die Naturlandschaft für seine Zwecke umzugestalten und dabei völlig zu verändern. Lange Zeit ging es dabei für den Menschen um das bloße Überleben und er fand immer neue Werkzeuge und Methoden, um die ständig wachsende Bevölkerung zu ernähren. Dabei verschwanden die ehemals dichten Wälder Norddeutschlands und das Land entwickelte sich zu etwas, das man schönfärberisch Kulturlandschaft nennt. Nur selten wurden dabei durchdachte, ökologisch vertretbare Wege beschritten, vielfach endete es in unkontrolliertem Raubbau an der Natur.

Besonders in den letzten 1000 Jahren hat der Mensch seine Umwelt in einer kaum vorstellbaren und vielfach irreversiblen Weise verändert. Erst in jüngster Zeit hat sich ein Umweltbewusstsein eingestellt, sodass Fehler erkannt und auch behoben werden können. Aber noch immer ist die historische Seite der Kulturlandschafts- und Umweltentwicklung viel zu wenig bekannt, obwohl sie zum Verständnis der heutigen Landschaft unerlässlich ist. In diesem Band wird weder eine reine Natur- noch eine reine Siedlungsgeschichte vorgelegt, vielmehr werden die Ergebnisse vieler Einzeldisziplinen zusammengefügt, um den Ablauf der Ereignisse umfassend zu erklären und die oft langfristig wirkenden ökologischen Folgen sichtbar zu machen.

Lange Zeit waren die Wirtschafts- und Siedlungsformen völlig abhängig von den regional unterschiedlichen Naturräumen und passten sich ihnen an. Doch mit technischen Innovationen und neu eingeführten Kulturpflanzen verloren die landschaftlichen Unterschiede an Bedeutung und zum Schluss waren es wirtschaftspolitische und ökonomische Erwägungen, die unser Landschaftsbild über alle natürlichen Grenzen hinweg großräumig veränderten.

Um eine landschaftlich geschlossene Darstellung zu ermöglichen, wurde der behandelte Raum auf das norddeutsche Tiefland beschränkt. Abgedeckt wird dabei das Gebiet nördlich der Mittelgebirge vom Rheinland bis zur Oder, wobei in Ostdeutschland nach Süden hin der Raum um Berlin mit einbezogen ist. Einen besonderen Schwerpunkt bilden die Küsten der Nord- und Ostsee.

Das Buch soll eine Gesamtschau der Kulturlandschaftsentwicklung durch das Zusammenwirken ganz unterschiedlicher Einflüsse liefern: von der natürlichen Grundausstattung über agrarische und technologische Innovationen bis hin zu herrschaftlichen und sozialen Zwängen und ökonomischen Planungen.

Es wurde versucht, den heutigen Lesegewohnheiten Rechnung zu tragen, indem der Text sehr kompakt abgefasst ist, dafür aber viele Bilder beigegeben wurden. Diese wurden vor allem nach ihrer Aussagekraft ausgewählt und mit ausführlichen Erläuterungen versehen. Soweit nicht anders vermerkt, stammen alle Abbildungen vom Autor; die Grafiken wurden vielfach neu entworfen. Zur weiteren Vertiefung ist ein umfangreiches und gegliedertes Literaturverzeichnis beigegeben, in dem aber nicht alle relevanten Arbeiten aufgenommen werden konnten.

Da inzwischen die Kalibrierung von Radiokarbonjahren sicher möglich ist, sind in diesem Band alle Jahreszahlen in Kalenderjahren angegeben.

Hervorgegangen ist die Darstellung aus den Forschungsergebnissen des Niedersächsischen Instituts für historische Küstenforschung in Wilhelmshaven, hinzu kamen die Ergebnisse zahlreicher anderer Einrichtungen in den norddeutschen Bundesländern.

Zu danken habe ich vor allem den zahlreichen Wissenschaftlern, deren Arbeiten hier eingeflossen sind. Besonderer Dank geht an die Kollegen meines früheren Instituts, mit denen ich zahllose Diskussionen führen konnte. Stellvertretend für alle nenne ich nur Prof. Dr. P. Schmid, Prof. Dr. W.H. Zimmermann, Dr. F. Bittmann, PD. Dr. H. Jöns und Dr. E. Strahl. Von großer Hilfe war auch die technische Unterstützung, die mir hier weiterhin gewährt wurde. Hier bedanke ich mich vor allem bei den Herren R. Kiepe und M. Spohr.

Sehr zu danken habe ich den im Vorspann genannten Sponsoren, ohne deren Unterstützung der Druck in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Mit dem Verlag Wachholtz gab es eine hervorragende Zusammenarbeit, wie sie besser nicht sein konnte.

2 DIE ENTWICKLUNG DER GROSSEN NATURRÄUME NORDDEUTSCHLANDS

2.1 Die Bildungen des Eiszeitalters

Fast das ganze Norddeutsche Tiefland ist ein Produkt des Eiszeitalters, in dem das Material zu seinem Aufbau angeliefert und seine Oberfläche geformt wurde. Nur die Nordseemarschen und die Moore sind in den letzten 10 000 Jahren hinzugekommen.

Das Eiszeitalter hatte eine Dauer von 2,6 Millionen Jahren und in dieser Zeit wechselten sich mindestens 12 Kalt- und Warmzeiten ab. Dabei waren die Warmzeiten relativ kurz und dauerten 10 000 bis 20 000 Jahre, während die Kaltzeiten meist um 100 000 Jahre währten und in diesen kalten Perioden wurde die norddeutsche Landschaft gestaltet.

Nur in den jüngsten drei Kaltzeiten, die nach den Flüssen Elster, Saale und Weichsel benannt wurden, drangen von Norden kommende, über tausend Meter mächtige Gletscher bis weit nach Norddeutschland vor. An den Gletscherfronten bildeten sich Endmoränen, die teils aufgestaucht wurden, teils durch Ablagerungen von ausgetautem Material entstanden. Vor den Endmoränen bildeten sich breite Urstromtäler, in denen die gewaltigen Schmelzwassermengen abgeführt wurden. Endmoränen und Urstromtäler liefern die Großgliederung der heutigen norddeutschen Landschaft. Dabei erreichen die Endmoränen beträchtliche Höhen, wie im Bungsberg in Ostholstein mit 166 m oder in den Helpter Bergen östlich Neubrandenburg mit 179 m, beides die höchsten Berge der jeweiligen Bundesländer. Vor den Endmoränen formten die ausgespülten Ablagerungen breite Schwemmfächer, die man Sander nennt. Beim endgültigen Tauen der mächtigen Gletscher blieb das in ihnen transportierte Material liegen und bildete die flächenhaft verbreitete Grundmoräne.

2.1.1 Die Jungmoränenlandschaften

Die Weichsel-Kaltzeit (im alpinen Raum Würm genannt) ist die jüngste und hatte eine Dauer von etwa 105 000 Jahren. Davon ist die Vereisungsphase allerdings nur ein kurzer Abschnitt und fällt in den jüngsten Zeitbereich. Nach der vorangegangenen Eem-Warmzeit war die Temperatur stark zurückgegangen und es folgte eine lange Periode mit arktischem Klima, die die meiste Zeit vegetationslos war, aber mehrfach von etwas wärmeren Phasen, den sogenannten Interstadialen, unterbrochen wurde. In den ersten beiden dieser Interstadiale, dem Brörup und dem Odderade, kam es in Norddeutschland noch zur Bewaldung mit Birken, Kiefern, Fichten und Lärchen, die ein kühles kontinentales Klima anzeigen. In den jüngeren und kälteren Interstadialen, dem Oerel, Glinde, Hengelo und Denekamp,



Abb. 1. Geologisch-morphologische Karte von Norddeutschland.
 Oliv = Marsch, hellgrün = Moore, Auen, Urstromtäler, gelb = Altmoränen mit alten Endmoränen (grau), gelbgrün = Jungmoränen mit ihren Endmoränen (braun), gestreift = Sanderflächen, ocker = Löss, blau und rot = Mittelgebirge.
 Aus Liedtke u. Marcinek 2002

gab es demgegenüber nur eine Tundravegetation. In diesen Zeiten und auch in den dazwischen liegenden langen vegetationsfreien Abschnitten war Norddeutschland nicht vereist, doch es herrschte Dauerfrost.

Gegen das Ende der Weichsel-Kaltzeit wurde das Klima immer kälter und zwischen 22 000 und 18 000 Jahren vor heute lag das Kältemaximum. Jetzt drangen die skandinavischen Gletscher nach Nord- und Mitteldeutschland vor, sie überschritten die heutige Elbe aber nicht, sondern in deren Urstromtal wurden die riesigen Mengen an Schmelzwässern abgeführt.

Der weiteste Eisvorstoß der Weichsel-Kaltzeit wird Brandenburger Stadium genannt und reichte nach Süden erheblich über Berlin hinaus (Abb. 1). Seine Endmoränen sind von der Havelmündung südlich um die Stadt Brandenburg herum bis Guben an der Oder gut zu verfolgen. Die Schmelzwässer aus diesem gewaltigen Gletscher formten das Glogau-Baruther Urstromtal und flossen nach Nordwesten über das Elbe-Urstromtal ab.

Ein zweiter Vorstoß ging bis Frankfurt an der Oder und dessen Endmoränen ziehen sich von dort nach Nordwesten über Schwerin bis nach Kiel. Zu diesem Frankfurter Stadium gehört das Warschauer-Berliner Urstromtal, das seine Fortsetzung ebenfalls im Elbe-Urstromtal findet.

Nach dem Frankfurter Stadium gab es einen starken Eisrückgang, bevor der Gletscher wieder eine neue Reihe Moränen aufschob. Sie gehören zum Pommerschen Stadium, dessen Endmoränen etwa parallel zu denen des Frankfurter Stadiums verlaufen. Sie bilden einen fast lückenlosen Zug vom Oderknie bei Eberswalde bis nach Lübeck und formen weiter im Norden die Umrandung der Schleswig-Holsteinischen Förden. Vor diesem Eisvorstoß hat sich im Süden das Thorn-Eberswalder Urstromtal gebildet, das sich bei Havelberg ebenfalls in dem der Elbe fortsetzt. Zwischen den Eisrandlagen des Frankfurter und des Pommerschen Vorstoßes liegt der Mecklenburgische Landrücken, auf dem sich die Mecklenburgische Seenplatte befindet, die nach Nordwesten in die Holsteinische Seenplatte übergeht.

Weiter im Nordosten folgen Moränen des schwächeren Mecklenburger Vorstoßes, der südlich Demmin endete, aber auch in Schleswig-Holstein noch Spuren hinterließ.

Die Endmoränen dieser verschiedenen Vorstöße sind in Brandenburg und Mecklenburg weit auseinandergefächert und untergliedern die großen Landschaftsbereiche, während sie in Schleswig-Holstein dicht gedrängt liegen und nicht immer zu trennen sind.

Die eiszeitlichen Kräfte wirkten in vielfältiger Weise und schufen dabei die sehr abwechslungsreichen Moränenlandschaften. Während die Altmoränengebiete später überformt wurden, ist der eiszeitliche Formenschatz in den Jungmoränengebieten meist noch gut erkennbar. Das Eis hobelte den Untergrund ab, es schürfte Becken aus, die sich später mit Wasser füllten und bereits unter dem Eis spülten die Schmelzwässer tiefe Rinnen aus, die nach dem Abtauen des Eises die Flüsse aufnahmen oder als lange Rinnenseen das heutige Landschaftsbild beherrschen. Besonders eindrucksvoll sind die Förden an der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste. Angelegt wurden sie als tiefe Schmelzwasserrinnen, in die dann Gletscherzungen vorstießen, wodurch sie verbreitert wurden und ihre typische Trompetenform erhielten.

Aus Skandinavien brachten die Gletscher vor allem aufgearbeitetes Material mit, wie Sand, Kies und Ton und dazu Steine aller Größen, sogenannte Geschiebe. Zum überwiegenden Teil sind es verschiedene Granite, deren großen Geschiebe später als wichtiges Baumaterial dienten, angefangen von den Großsteingräbern der Jungsteinzeit bis hin zu den mittelalterlichen Granitquaderkirchen und den Kaimauern und Feldsteinstraßen der Neuzeit. Für die Landwirtschaft waren aber die Kalkgesteine noch viel wichtiger. Die Gletscher nahmen schon in Gotland und Öland Kalk auf und überfuhren dann ein großes Kreidekalkgebiet, das sich über die ganze westliche Ostsee erstreckt und in Schonen, auf den dänischen Inseln und Rügen heute noch sichtbar ist. Von dort lieferten sie in Norddeutschland eine umfangreiche Kalkfracht ab. In den Böden der Jungmoränen ist dieser Kalk noch erhalten und bildet die Grundlage für deren besondere Fruchtbarkeit.



Abb. 2. Nordisches Eiszeitmaterial im Kirchenbau: Granitquaderkirche von Tettens, Krs. Friesland, 13. Jhd.

Nach dem Abschmelzen der Gletscher blieb das mitgeführte Material liegen und bildete die ausgedehnten Grundmoränenflächen, deren Böden aus sandigem Lehm bestehen, der von kleinen und großen Steinen durchsetzt ist und deshalb als Geschiebelehm bezeichnet wird. Beim Abtauen kam es auch häufig vor, dass größere Eiskörper von Moränenmaterial überdeckt und dadurch für lange Zeit am Abschmelzen gehindert wurden. Das ist das sogenannte Toteis und dieses konnte sich in dem damaligen Dauerfrostboden über sehr lange Zeit erhalten. Bei seinem späteren Schmelzen entstanden dann neue Hohlformen, die ohne das Toteis in der Zwischenzeit zugeschwemmt worden wären. In diesen und in den ausgeschürften Becken und Rinnen entstanden zahlreiche Seen in allen Größen, die heute viele Jungmoränengebiete kennzeichnen. Bei der großen Mecklenburgischen Seenplatte kommt hinzu, dass ihr Gebiet im Süden von der Frankfurter und im Norden von der Pommerschen Eisrandlage mit deren Endmoränen begrenzt wird, zwischen denen das Wasser wie in einer riesigen Wanne aufgefangen wurde. So kommt es, dass dieses Seengebiet relativ hoch, nämlich auf dem Mecklenburgischen Landrücken liegt.

Außerhalb der Endmoränen hat sich eine andere Ablagerungsfolge gebildet. An ihrem Rand traten die gewaltigen Schmelzwassermengen aus, die sich unter dem Eis gesammelt hatten und in Rinnen nach außen flossen. Dort konnte sich das Wasser ausbreiten und dabei ließen seine Geschwindigkeit und damit auch seine Transportkraft erheblich nach. So wurden Sand und Kies nicht mehr weiter transportiert, sondern lagerten sich dort in z.T. riesigen Schwemmfächern ab, die man Sander nennt. Ihnen fehlen die feinen Schluffe und Tone, denn diese sind vom Schmelzwasser mitgenommen und weiter vertragen worden. Diese Sander liegen wie eine Girlande vor den Endmoränen; besonders die Endmoränen des Frankfurter Stadiums haben ein breites Vorland von Sandern, das nördlich von Berlin einsetzt und sich über die Prignitz nach Nordwesten zieht. Weiter im Norden, in Schleswig-Holstein, verläuft in der Mitte des Landes von südlich Neumünster bis nordwestlich Flensburg ein 10 bis 20 km breiter, nach Westen flach abfallender Sandergürtel, den man dort die Vorgeest nennt.

In der Landschaft bezeichnet man die Abfolge der verschiedenen Ablagerungsbereiche als „Glaziale Serie“ (Abb. 3). Von innen nach außen beginnt diese mit der Grundmoräne, auf der sich in den Zungenbecken vor der folgenden Endmoräne vielfach Seen gebildet haben,

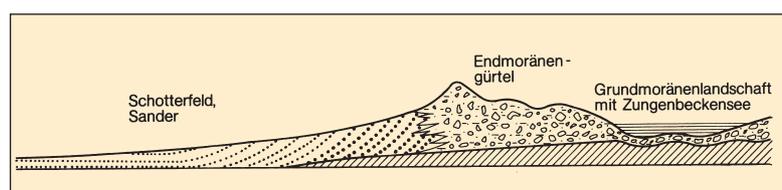


Abb. 3. „Glaziale Serie“ nennt man die Abfolge der vom Eis gebildeten Ablagerungen (das Eis kam von rechts).
Aus Brunnacker 1990

dann kommt der Sander und schließlich das Urstromtal. Diese Serie ist im Gelände allerdings nicht überall so klar erkennbar, denn wegen der sich überlappenden Vorgänge ist die Ausbildung im Einzelnen oft viel komplizierter. Besonders die Endmoränen können sehr unterschiedlich sein, denn neben den aufgeschobenen Stauchendmoränen mit steilen Formen gibt es die von den Schmelzwässern abgelagerten Satzendmoränen, die oft in die Sander übergehen. Außerhalb der Sander ist viel Sand auch weitertransportiert worden und hat sich dann in den Niederungen als Talsand abgesetzt.

Nach dem Rückzug der Gletscher in der Späteiszeit blieb der Boden noch einige Jahrtausende vegetationslos. Der Dauerfrost verschwand langsam aus den Böden und so konnte die lose Oberfläche vom Wind aufgenommen und verweht werden. Große Mengen Sand, vor allem aus den Sandern und den Urstromtälern, gerieten jetzt auf Wanderschaft und wurden weit vertragen. Überall im Jungmoränengebiet bildeten sich Flugsanddecken; zahlreiche Dünen wurden aufgeweht, die in den Püttbergen südöstlich Berlins die beachtliche Höhe von fast 30 m erreichen.

Im Gegensatz zu den fruchtbaren Geschiebelehm Böden der Grundmoränen sind die ebenfalls jungen Sander- und Talsandgebiete vor allem wegen des Fehlens der bindigen Feinbestandteile, was auch das Auswaschen der Nährstoffe erleichterte, ausgesprochen arm. Heute sind sie zumeist mit ausgedehnten Kiefernforsten bestanden, während die ursprüngliche Waldvegetation zumeist von Eichen gebildet wurde.

Besonders verbreitet sind diese armen und trockenen Sandgebiete in Brandenburg und für sie gibt es im Sprachgebrauch seit langem die zutreffende Bezeichnung der „Märkischen Streusandbüchse“.

Zusammenfassend lässt sich die Jungmoränenlandschaft im Osten Schleswig-Holsteins, in Mecklenburg und Brandenburg wie folgt charakterisieren: es sind stark gegliederte Gegenden mit einem vielfach ausgeprägten Relief und oft frischen morphologischen Formen, die sich durch eine Vielzahl von kleinen und großen Gewässern auszeichnen. Im Einzelnen findet sich in den Jungmoränengebieten oft ein Mosaik verschiedener Kleinformen; ganz überwiegend besitzen sie kalk- und damit nährstoffreiche Böden, doch sind daneben auch ausgesprochen arme Sandböden verbreitet.

2.1.2 Die Altmoränenlandschaften

Bereits vor der Weichselvereisung war das Eis mehrfach nach Norddeutschland vorgestoßen und zwar noch erheblich tiefer, und hat dabei die Grundlage für die Altmoränenlandschaften gelegt, deren äußere Erscheinung wesentlich ausgeglichener ist. Da sie später keine Zufuhr von frischem Material erhielten, sind ihre Böden stark verarmt und bilden einen scharfen Gegensatz zum Jungmoränengebiet.

Die älteste Vergletscherung fand in der Elster-Kaltzeit statt, eine weitere in der folgenden Saale-Kaltzeit und zwischen ihnen liegt die Holstein-Warmzeit. In beiden Kaltzeiten gab es jeweils mehrere große Eisvorstöße.

Während der Elster-Kaltzeit bedeckte das Eis das ganze Norddeutsche Tiefland und drang teilweise bis in die Mittelgebirgszone ein. In Mitteldeutschland zwischen Harz und Neiße ist dieses der weiteste Eisvorstoß im ganzen Eiszeitalter; dort übertraf er den Eisrand der folgenden Saale-Kaltzeit um 10 bis 50 km. In den westlicheren Gebieten bis weit in die Niederlande hinein sind demgegenüber die Saale-Gletscher am weitesten vorgedrungen und haben dabei die Endmoränen der Elster-Kaltzeit überfahren, sodass deren Lage nicht überall bekannt ist. Während der Spätphase der Elster-Kaltzeit gab es in ganz Norddeutschland zahlreiche große Eisstauseen, in denen zum Teil sehr mächtige Tonschichten abgelagert wurden, die man als Lauenburger Ton bezeichnet. Dieses weit verbreitete Sediment wird zum Ziegeln benutzt und hat deshalb eine große wirtschaftliche Bedeutung; in den Niederlanden nennt man es wegen der Verwendung für Keramik allgemein „potklei“.

Der erste Vorstoß des Saale-Eises ging weit nach Westen bis in die niederländische Provinz Drenthe und hat nach dieser auch den Namen Drenthe-Hauptvorstoß erhalten. In Niedersachsen schob er von Hannover bis Lingen die markante Endmoränenfront der Rehburger Phase auf, aus der besonders die Dammer Berge in Süddoldenburg mit Höhen bis 145 m herausragen. Östlich des Harzes drang das Saale-Eis weit nach Mitteldeutschland vor, bis Altenburg und Dresden, es erreichte aber nicht ganz die Ausdehnung der vorangegangenen Elster-Vereisung.

Der als „Jüngere Drenthe“ bezeichnete Vorstoß gehört zwar zum Drenthe-Stadium, kam aber gar nicht bis nach Drenthe, sondern nur bis in das Elbe-Weser-Gebiet, in dessen Mitte er die Endmoränen der Lamstedter Staffel aufschob, deren Nordpfeiler die Wingst darstellt; mit 74 m Höhe ragt sie markant aus dem Flachland und wird deshalb auch als „Deutscher Olymp“ bezeichnet. Vor dieser Staffel liegt noch der flachere Rücken der Altenwalder Staffel südlich von Cuxhaven.

In der Spätphase der Saale-Kaltzeit kam es zu einem dritten großen Eisvorstoß. Obwohl nach der Warthe benannt, hat er besonders nach Niedersachsen und Anhalt/Brandenburg hinein gewirkt. Er überfuhr die Harburger Berge und die Göhrde, die Höhen um den Wilseder Berg und den Rahmen um das Uelzener Becken, die alle bereits vorher als Endmoränen angelegt worden waren und im Warthe-Stadium mit frischen Formen ausgestaltet wurden. Noch eindrucksvoller ist der Höhenzug des Fläming, der jetzt entstand und sogar 201 m Höhe erreicht (davon allein 80 m Warthe-Ablagerungen) und sich in den Endmoränen des Niederlausitzer Grenzwalls fortsetzt. In dieser Zeit wurde das Breslau-Bremer Urstromtal gebildet, das die riesigen

Tab. 1. Die Abfolge der Eisvorstöße nach Norddeutschland (*wärmere Zeiten kursiv*)

<i>Nacheiszeit (Holozän)</i>	
	<i>Weichsel-Späteiszeit mit Bölling und Alleröd</i>
	Mecklenburger Vorstoß
	Pommersches Stadium
	Frankfurter Stadium
	Brandenburger Stadium
Weichsel-Kaltzeit	<i>Denekamp-Interstadial</i>
	<i>Hengelo-Interstadial</i>
	<i>(Moorshoefd-Komplex)</i>
	<i>Glinde-Interstadial</i>
	<i>Oerel-Interstadial</i>
	<i>Odderade-Interstadial</i>
	<i>Brörup-Interstadial</i>
<i>Eem-Warmzeit</i>	
Saale-Kaltzeit	Warthe-Stadium
	Jüngerer Drenthe-Stadium
	Drenthe-Hauptstadium
	<i>Wacken-Dömnitz-Warmzeit</i>
	Fuhne-Kaltzeit
<i>Holstein-Warmzeit</i>	
Elster-Kaltzeit	Elster-2-Stadium
	Elster-1-Stadium

Schmelzwassermassen von der Schwarzen Elster in die Elbe und von dort über die Ohre und Aller in die Weser leitete.

Die norddeutschen Altmoränengebiete wurden zwar in der Elster- und vor allem der Saale-Kaltzeit gebildet, doch danach wurden sie noch stark überformt. Das betraf große Teile von ihnen bereits in der jüngeren Saale-Kaltzeit und während der mehr als 100 000 Jahre dauernden Weichsel-Kaltzeit lag das gesamte Gebiet im Periglazialraum. Mit diesem Namen bezeichnet man das große Gebiet außerhalb der Gletscher, das meist vegetationslos war und durch die lange anhaltende Einwirkung von Frost, Wasser und Wind überprägt wurde.

Durch Frostwirkung wurde bereits an sehr flachen Hängen überall ein kräftiges Bodenfließen ausgelöst und zusammen mit dem fließenden Wasser führte das im Laufe der Zeit zu einer weitflächigen Einebnung der Landschaft. Die Hügel wurden abgetragen, Senken



Abb. 4. Detail der Spitze eines der z. T. über 2 m langen Speere von Schöningen, wo bereits in der älteren Altsteinzeit organisierte Gemeinschaftsjagden stattfanden.
Aus Thieme 2007

und Seen zugeschüttet. Es entstand eine ausgeglichene Landschaft mit nur noch flachen Oberflächenformen, die sich stark von der bewegten Jungmoränenlandschaft unterscheidet. Hinzu kam die Wirkung des Windes, der besonders in die breiten Urstromtäler mit ihren lockeren Talsanden griff und an deren Rändern z.T. lange Dünenreihen aufwehte; vielfach wurden Flugsanddecken abgelagert und danach noch mehrfach umgelagert.

Die feinsten ausgewehten Partikel bilden den Löss. Dieser wurde weit vertragen und setzte sich erst in einer Entfernung von mehr als 150 km vom Eisrand ab. Dort formt er einen 20 bis 80 km breiten Gürtel. In Norddeutschland liegen die durch ihre hervorragenden Böden bekannten Lössgebiete vor allem in der Magdeburger Börde und setzen sich von dort nach Westen in einem immer schmäler werdenden Streifen vor den Mittelgebirgen fort, der nach Westen bis vor das Wiehengebirge und nach Norden bis in die Höhe von Braunschweig reicht (Abb. 1).

Auch in der Saale-Kaltzeit waren zahlreiche Hohlformen entstanden, die sich mit Wasser füllten. Am Ende dieser Periode war ganz Norddeutschland Jungmoränengebiet mit vielen Seen, die teils in der folgenden Eem-Warmzeit verlandeten, teils danach in der Weichsel-Kaltzeit zugeschüttet wurden. Allein zwischen Weser und Elbe sind Ablagerungen von mehreren hundert Seen aus dieser Zeit erbohrt worden. Heute ist dagegen die Armut an Seen ein Kennzeichen der Altmoränengebiete.

Nach der Saale-Kaltzeit ist außer dem Löss im Süden kein neues Material mehr in die Altmoränengebiete gelangt. Während der ganzen folgenden Weichsel-Kaltzeit griffen jedoch die eiszeitlichen Kräfte weiter an, was neben der allgemeinen Einebnung vor allem zur stetigen Auswaschung der Sandböden führte. Es war eine lange Phase der Verarmung und mit der Bezeichnung Geest, die von „güst“ = karg und unfruchtbar kommt, werden die weiten nährstoffarmen Gebiete der Altmoränenlandschaften belegt. Sie bilden einen scharfen Kontrast zu den außerordentlich fruchtbaren Lössböden im Süden und den Marschen im Norden.

Zwischen den Kaltzeiten lagen Warmzeiten, die allerdings eine wesentlich kürzere Dauer hatten. Sie trugen wenig zur Landschaftsentwicklung bei, doch aus diesen haben wir die ältesten Spuren von Menschen in Norddeutschland. Auf die Elster-Kaltzeit folgte die mehrgliedrige Holstein-Warmzeit, in der die Temperaturen ähnlich wie heute waren und sich wärmeliebende Wälder ausbreiteten. Damals lebten hier altsteinzeitliche Jäger und Sammler, deren Anwesenheit seit kurzem bei Schöningen östlich Braunschweig nachgewiesen worden ist. Dort fanden sich zwar bisher noch keine Menschenreste, doch ein Jagdlager mit mindestens 20 vom Menschen erlegten Wildpferden und vor allem die zum Jagen benutzten Waffen, die inzwischen berühmten Schöninger Speere.

Zwischen Saale- und Weichsel-Kaltzeit liegt die Eem-Warmzeit, die etwa 11 000 Jahre gedauert hat und in der das Klima ein wenig wärmer war als das der Nacheiszeit. Auch aus dieser Zeit gibt es Nachweise, dass Menschen in Norddeutschland gejagt haben. So wurden in Seeablagerungen in Lehringen nahe Verden die Reste eines interglazialen Waldelefanten gefunden, zwischen dessen Rippen noch eine Lanze aus Eibenh Holz steckte. Weitere Schlachtplätze aus der Eem-Warmzeit, auf denen Waldelefanten, Nashörner und Auerochsen zerteilt worden sind, wurden weiter östlich im Norddeutschen Tiefland in Gröbern, Kreis Wittenberg, und Neumark-Nord im Saalekreis entdeckt.

Während in den Kaltzeiten der Meeresspiegel sank und der Nordseebereich trocken fiel, stieg das Wasser in den Warmzeiten an und so sind von der Nordsee zwei Vorläufermeere bekannt. Das ältere Holstein-Meer war im Südosten erheblich größer als die heutige Nordsee, überspülte einen großen Teil von Holstein und drang mit einer tiefen Bucht die heutige Elbe hinauf bis nach Wittenberge, von wo es eine breite Verbindung zur Lübecker Bucht hatte. Demgegenüber hatte das Eem-Meer eine ähnliche Ausdehnung wie die Nordsee, jedoch wahrscheinlich mit einer Verbindung von Eiderstedt nach Osten zur Ostsee

2.2 Die Nordseeküste in der Nacheiszeit

2.2.1 Meeresspiegelanstieg und frühe Küstenlinien

Die Bindung gewaltiger Wassermassen in den Gletschern der Nord- und Südhalbkugel hat dazu geführt, dass während des Maximums der letzten Kaltzeit der Meeresspiegel weltweit um etwa 130 m abgesunken ist. Für die Nordsee als flachem Schelfmeer bedeutete dies, dass ihr südlicher Bereich für mehr als 100 000 Jahre landfest war. Damals herrschten hier zumeist arktische Bedingungen ohne Vegetation. Doch während der Weichsel-Interstadiale und vor allem mit dem Beginn der nacheiszeitlichen Erwärmung bildete sich wie auch weiter südlich eine Tundradecke, die Nahrungsbasis für Tiere wurde. Knochen fast aller bekannten eiszeitlichen großen Landsäuger wurden vom Grunde der Nordsee heraufgebracht. Besonders mit Grundschleppnetzen wurden die großen Knochen beim Fischen mit erfasst. Gesammelt wurden davon vor allem die Reste vom Mammut und so liegen allein von dessen Backenzähnen inzwischen über 50 000 Funde aus der Nordsee vor, hinzu kommen Knochen vom Höhlenbär, vom Wollhaarigen Nashorn, vom Moschusochsen usw.

Mit dem weltweiten Abschmelzen der Eismassen stieg der Meeresspiegel dann wieder an. Um 12 000 v. Chr. begrenzte die Norwe-

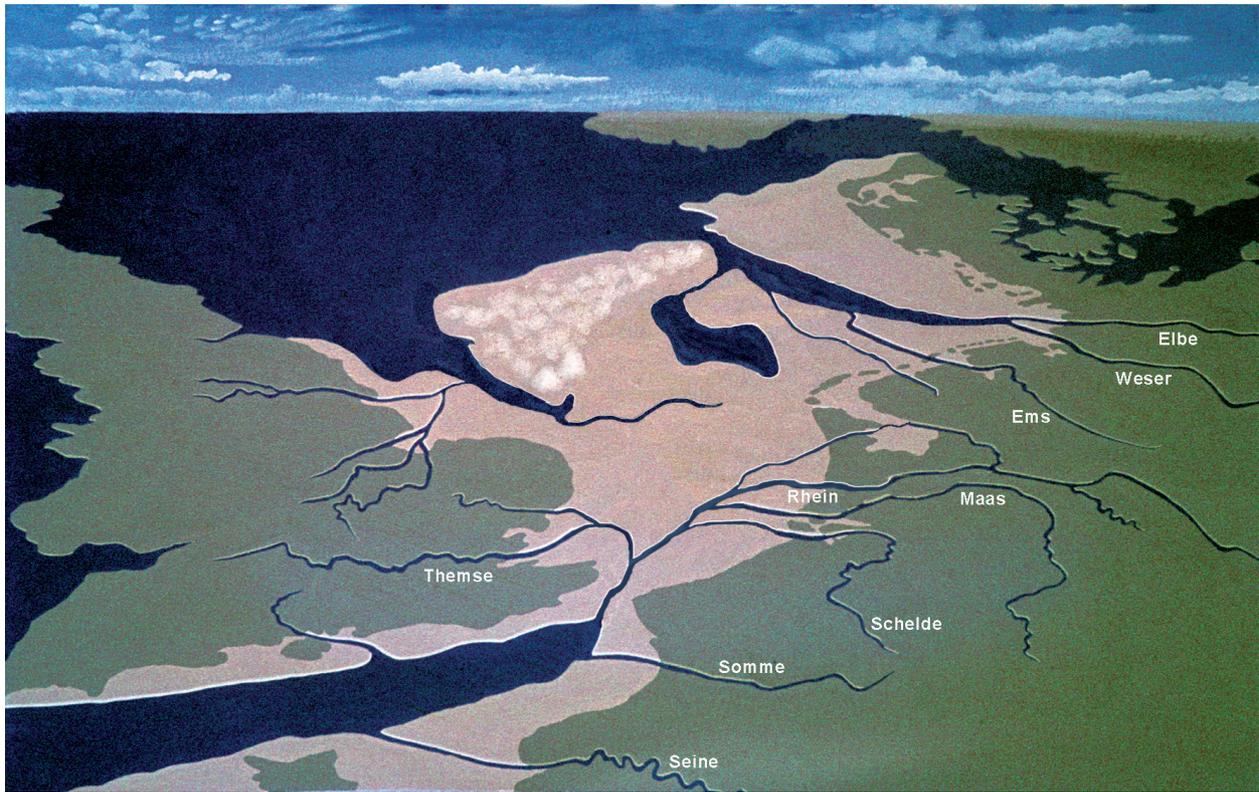
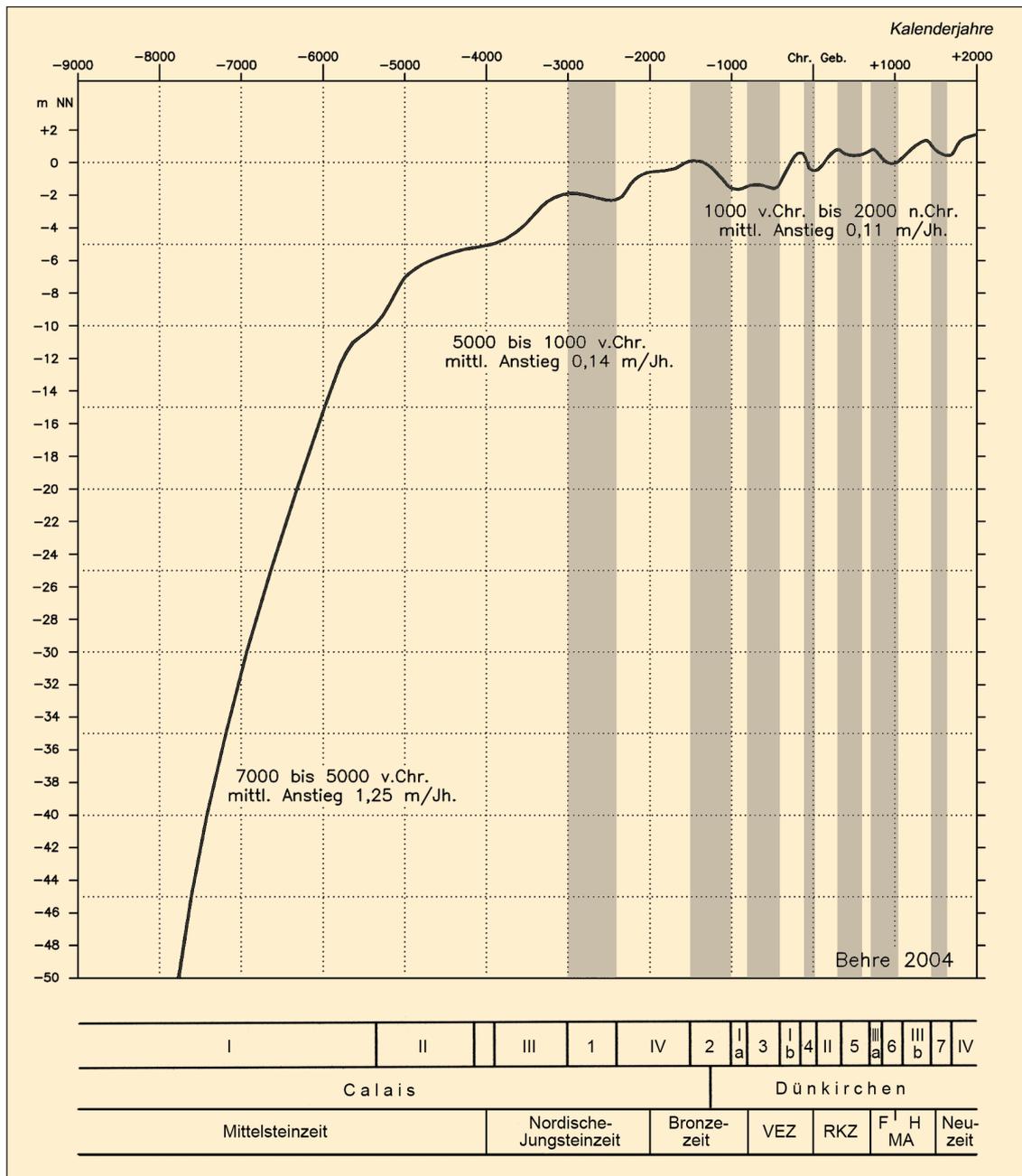


Abb. 5. Die Nordsee in der frühen Nacheiszeit aus der Vogelperspektive. Rhein, Maas und Schelde entwässerten zusammen mit der Themse in den Ärmelkanal.

gische Rinne das noch weit vorgeschobene Festland und die Küste verlief von Schottland bis zur Nordspitze Jütlands, doch schon zu Beginn des Holozäns – der Nacheiszeit – um 9600 v. Chr. füllte die Nordsee den nördlichen Teil ihres Beckens bereits zum großen Teil aus (Abb. 5).

Die schnell fortschreitende Erwärmung in der Nacheiszeit führte auch auf dem Nordseeboden zur Ausbreitung von Wäldern. Davon zeugen Torfe, die teils am Meeresboden erbohrt oder von Fischern mit heraufgebracht wurden. Die ältesten dieser Torfe stammen aus dem Tiefenbereich zwischen 40 und 50 m und fallen zeitlich in das späte Präboreal und das Boreal. Pollenanalysen aus ihnen zeigen, dass die Vegetation damals der auf dem norddeutschen Festland sehr ähnlich war. Zunächst herrschten Birke und Kiefer vor, danach wanderten die Eichenmischwaldarten von Süden ein. Der Nordseeboden diente für Pflanzen und Tiere auch als Brücke nach England. Als diese Verbindung später unterbrochen wurde, erreichten zahlreiche Nachzügler die Britischen Inseln nicht mehr. Deshalb sind die Artenzahlen in England und noch stärker in Irland erheblich niedriger als auf dem Festland.

Im nacheiszeitlichen Klima schmolz weltweit das Eis schnell und entsprechend rasch stieg der Meeresspiegel an. Zwischen 7000 und 5000 v. Chr. betrug der mittlere Anstieg pro Jahrhundert 1,25 m. Wegen des Meeresspiegelanstiegs konnte das Grundwasser des an-



grenzenden Festlandes nicht mehr gut abfließen. In den flachen Gebieten kam es zum Stau und es bildeten sich ausgedehnte Moore, die die Nordsee bei ihrem weiteren Vordringen nach Süden vor sich herschob. Schrittweise wurden dann diese Moore wie auch die Wälder überflutet und mit Sedimenten zugedeckt. Die Transgressionskontakte zwischen Torf und Sediment, die durch Radiokarbonbestimmungen oder Pollenanalysen datiert werden können und deren Höhe feststellbar ist, liefern die Fixpunkte für die Erstellung der Meeresspiegel-Anstiegskurve (Abb. 6).

Abb. 6. Meeresspiegelkurve für die südliche Nordsee (mittleres Tidehochwasser). In der Fußleiste sind die Transgressionen (Überflutungsphasen) mit römischen, die Regressionen (Rückzugsphasen) mit arabischen Ziffern angegeben. VEZ = Vorrömische Eisenzeit, RKZ = Römische Kaiserzeit, MA = Mittelalter.

Die Nordsee drang östlich von England und im Elbe-Urstromtal nach Süden vor und umfloss dabei die Doggerbank, die um 8 000 v. Chr. vom Festland abgetrennt wurde. Abb. 7 zeigt den Umriss dieser damals sehr großen Insel um 7 200 v. Chr. entlang der heutigen 36m-Tiefenlinie. Mit dem fortgesetzt stark ansteigenden Meeresspiegel verkleinerte sich diese Insel stetig, bis sie nach gut 2000 weiteren Jahren unterging. Ein auf etwa 6 050 v. Chr. datierter Fund eines bearbeiteten Knochens aus dem höchsten Bereich der Doggerbank zeigt, dass um diese Zeit dort noch menschliches Leben möglich war.

Der Ärmelkanal hatte bereits früh eine Verbindung in den südlichsten Teil des Nordseebeckens, durch die auch die großen Flüsse Rhein, Maas und Themse nach Süden entwässerten, doch erst um 7 000 v. Chr. kam es zum Durchbruch zwischen dieser südlichen Bucht und der Nordsee selber, womit England zur Insel wurde.

Die Nordsee dehnte sich weiter aus und um 6 000 v. Chr. hatte sie das Vorfeld der heutigen Küste erreicht. Danach wurde der Meeresspiegelanstieg deutlich geringer und betrug zwischen 5 000 und 1 000 v. Chr. nur noch 0,14 m pro Jahrhundert. Der Anstieg erfolgte auch nicht mehr kontinuierlich, sondern ab 3 000 v. Chr. gab es Schwan-

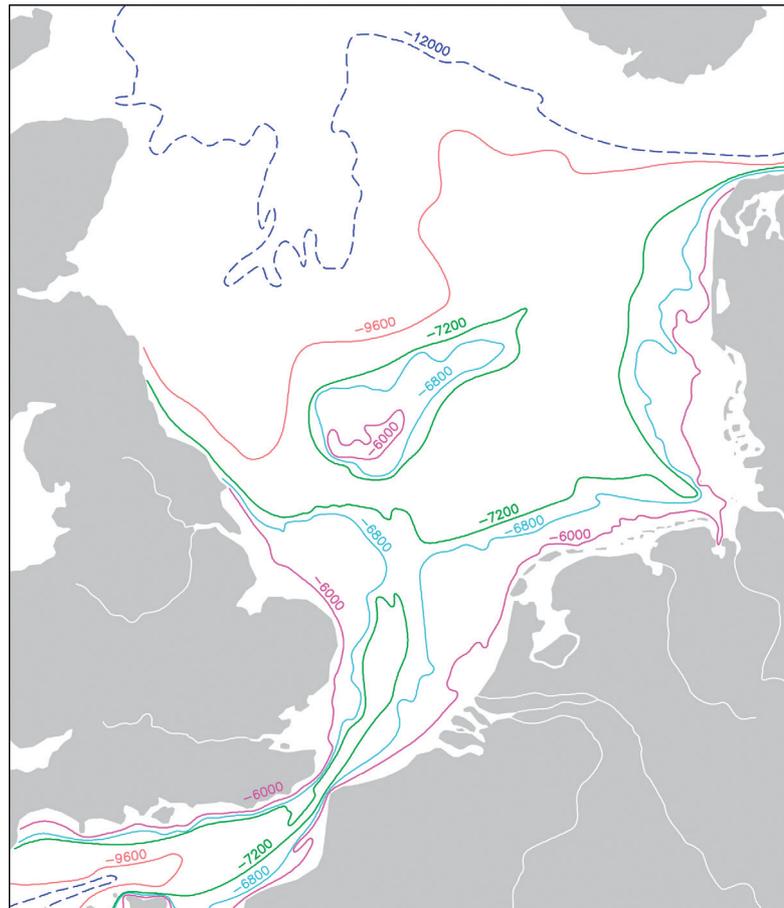


Abb.7. Verlauf der Nordsee-Küstenlinien 12 000 bis 6 000 v. Chr. In der Mitte der Nordsee blieb die Doggerbank lange als Insel bestehen.

kungen, bei denen sich Transgressionen und Regressionen abwechselten.

Allgemein waren an der Nordseeküste stets Marschen ausgebildet, vor denen Wattgebiete lagen. Im Einzelnen war die Gestalt der Küste jedoch stark differenziert und mehrfachem Wechsel unterworfen. Dieser beruhte einmal auf den Veränderungen des Meeresspiegels mit Trans- und Regressionen und zum anderen auf dem unterschiedlichen Tidenhub. Die Abtrennung und das spätere Verschwinden der Doggerbank hatten erhebliche Folgen für die Höhe des Tidenhubs in den verschiedenen Küstengebieten. Der Durchbruch des Kanals führte zu einer zweiten Gezeitenwelle von Südwesten in die Nordsee, die mit der ersten nicht zeitgleich war, sodass es zu Interferenzerscheinungen und zur Ausbildung eines Amphidromiepunktes mit dem Tidenhub Null kam; der zweite Amphidromiepunkt etwa im Zentrum der heutigen Nordsee dürfte sich mit dem Untergang der Doggerbank gebildet haben. Der Tidenhub wiederum hat erhebliche Auswirkungen auf die Strömungen und damit auf die Formung der Küstengestalt, vor allem auf die Bildung von Strandwällen und Nehrungen.

2.2.2 Strandwälle und Nehrungen

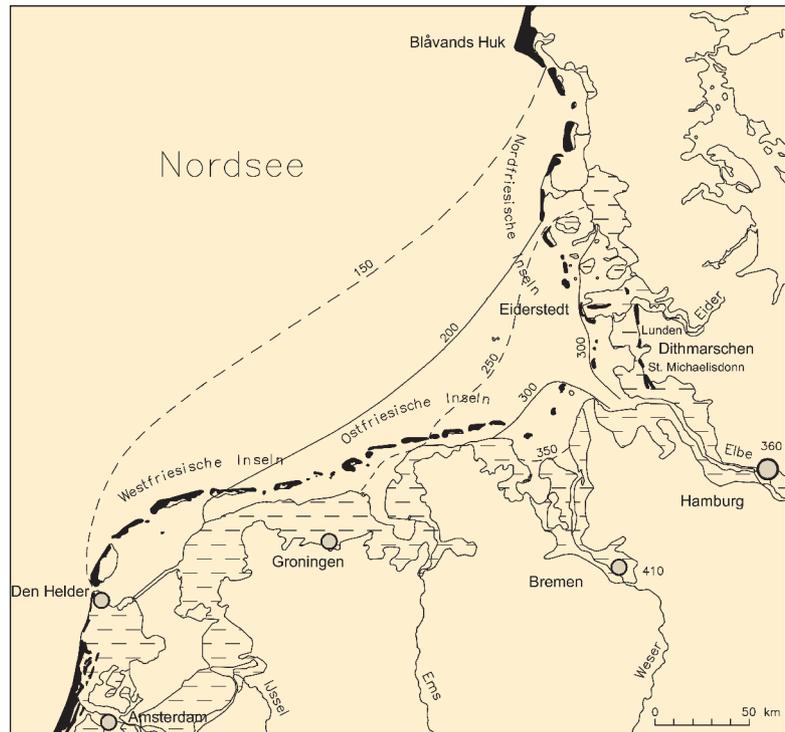
Solange der Meeresspiegel stark anstieg, herrschte an der Küste ein Sedimentdefizit, doch sobald genügend Sand zur Verfügung stand, konnte es in Gebieten mit niedrigen Tidenhöben zur Ausbildung von Strandwällen oder von Nehrungen kommen, die an Geestvorsprünge oder Geestinseln angehängt sind.

Diese Situation bestand ab 3 500 v. Chr., als es zu einer starken Verlangsamung des Anstiegs und ab 3 000 erstmals zu einer Absenkung des Meeresspiegels kam. Jetzt bildete sich in den Niederlanden ein breites Strandwallsystem heraus, dessen erste Phase um 3 000 v. Chr. fertig war und mit den sogenannten alten Dünen besetzt wurde. Es reicht nach Norden bis Den Helder, einer Grenze, von der an der Tidenhub heute auf über 1,5 m ansteigt.

Um die gleiche Zeit kam es auch in Schleswig-Holstein zur Ausbildung von Strandwällen, die aber wegen des seewärtigen Vordringens der Küste jetzt im Binnenland liegen. Es begann südlich der Eider; dort entstand während der Regression 1 ab 3 000 v. Chr. im Raum von Lunden eine Sandbank, an die sich die Lundener Nehrung anschloss, die sich in den folgenden Jahrhunderten nach Süden verlängerte. Um 2 200 v. Chr. bildete sich eine Ausgleichsküste, deren Nehrungen sich in Süderdithmarschen bei St. Michaelisdonn fächerförmig aufspalten. Auf diesen Nehrungen wehten z.T. flache Dünen auf, deshalb tragen sie vielfach die Bezeichnung Donns.

Auch in der Mitte von Westeiderstedt gibt es mit dem Tholendorfer, Esinger und Gardinger Haken ein altes Nehrungssystem, das hier

Abb. 8. Strandwälle, Düneninseln und Platen an der Nordsee sowie fossile Strandwälle (Nehrungen) in Schleswig-Holstein (schwarz). In der Nordsee und an den Häfen sind in cm die Linien gleichen mittleren Tidenhubes, auf dem Festland ist die Verbreitung der Marsch eingetragen.



aber West-Ost verläuft. Es besteht mindestens seit dem 2. Jtsd. v. Chr. und hängt an einer Geestinsel nordwestlich von Eiderstedt, die heute von der See überspült ist.

Mit der starken Meereseinwirkung während der Dünkirchen Ib – Transgression zwischen 400 und 150 v. Chr. wurden die Dithmarscher und Eiderstedter Nehrungen inaktiv und es bildete sich ein breites Vorland von Watten und Marschen, sodass diese Sandrücken ins Hinterland gerieten. Die heute aktiven Nehrungen beginnen in Schleswig-Holstein erst weiter nördlich, wo der Tidenhub niedrig und ausreichend Sand verfügbar ist. Besonders eindrucksvoll sind die Nehrungen von List und Hörnum die sich nördlich und südlich an den Sylter Geestkern angehängt haben.

2.2.3 Düneninseln und Sände

Die Düneninseln sind Teil des Barriersystems aus Strandwällen und Nehrungen, das sich in unterschiedlicher Ausprägung von den Niederlanden bis nach Dänemark zieht. Der bereits beschriebene westniederländische Strandwall endet bei Den Helder und setzt sich dann in den west- und ostfriesischen Düneninseln fort. Diese werden nach Osten hin allmählich kleiner und werden schließlich östlich Wangerooge von Platen und Sandbänken abgelöst. Nach Norden folgen dann wieder Inseln, z.T. mit Nehrungen, bis ab Blåvandshuk in Dänemark wieder ein geschlossener Strandwall einsetzt.



Entscheidend für die Ausbildung dieser Inseln sind der Tidenhub und die dadurch bedingten Strömungen sowie die Verfügbarkeit von Sand. Mit steigendem Tidenhub nehmen die Größe der Inseln ab und ihre Mobilität zu. Im Gebiet der Strandwälle südlich von Den Helder und nördlich von Blåvandshuk liegt er unter 150 cm, im Inneren der Deutschen Bucht steigt der Tidenhub bis auf über 3 m an; dort kommen noch zusätzliche Strömungen durch die ausmündenden Jade, Weser und Elbe hinzu. Deshalb kommt es im Gebiet zwischen Jade und Elbe maximal zu hochgelegenen begrünten Platen, wie Mellum, Großer Knechtsand, Scharhörn oder weiter nördlich Trischen, von denen ein Teil auch Dünen aufweist (Abb. 8).

Wie diese Platen, besitzen auch die Ostfriesischen Inseln keine pleistozänen Kerne, sondern sind Schwemmsandkörper, die sich unter dem Einfluss der Strömungen ständig verändern. Sie haben nie einen zusammenhängenden Strandwall gebildet, denn dieses wurde durch die starken Gezeitenströmungen zwischen ihnen verhindert. Durch die dort liegenden tiefen Rinnen, die man Seegats nennt, fließt der

Abb. 9. Luftbild der Insel Baltrum von WNW bei Niedrigwasser; vorne rechts das östliche Ende von Norderney. Durch das Seegat zwischen beiden Inseln treibt der Ebbstrom die wandernden Sande nach draußen, sodass sich ein Riffbogen aus einzelnen Sandplatten bildet.

Foto Kolde

Abb. 10. Luftbild von Trischen, einer hochgelegenen Plate nördlich der Elbemündung, hinter der sich Salzwiesen ausgebildet haben. 1925 – 1943 gab es hier einen Koog, in dem Landwirtschaft betrieben wurde, doch er hielt der See nicht stand. Aus Degn u. Muuß 1965



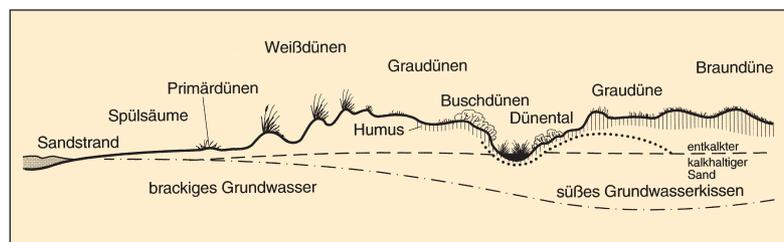
Abb. 11. Die Lecoq'sche Karte Langeoogs von 1805 zeigt den labilen Zustand der ostfriesischen Schwemmsandinseln. Im 17. Jhdt. war Langeoog durchgebrochen, doch später wuchsen die Einzelteile wieder zusammen.

Flutstrom in die Rückseitenwatten zwischen Inseln und Festland. Der austretende Ebbstrom wiederum hat seawärts große Riffbögen aus zahlreichen Sandplaten gebildet, die von einer Insel bis zur nächsten reichen (Abb. 9). Die Inselreihe befindet sich in einer ständigen Wanderung in Richtung Südsüdosten. Dabei haben z.B. Langeoog und Wangerooge in den letzten 1500 Jahren etwa 2 km zurückgelegt.

Das genaue Alter der Ostfriesischen Inseln ist nicht bekannt; historische Quellen gibt es ab dem 14. Jhdt., das älteste Radiokarbondatum einer Insel stammt von Juist und weist auf kurz nach Christi Geburt. Es kommt aus einem Salzwiesenhorizont unter den Dünen, die sich folglich erst später gebildet haben können. Unwahrscheinlich ist, dass die Inseln wesentlich älter als 2000 Jahre sind. Vermutlich führte das starke Absinken des Meeresspiegels um Christi Geburt zur Bildung hochwasserfreier Platen und gab damit den Anstoß für die Entstehung der Inseln, die sich dann nach und nach mit Dünen bedeckt haben.

Zur Zeit sind Juist, Langeoog und Spiekeroog relativ lagestabil, während die Westköpfe von Borkum, Norderney, Baltrum und Wangerooge stark befestigt werden mussten, um dem dort meist im bebauten Bereich drohenden Uferückgang zu begegnen. In der Vergangenheit war die Zahl der Inseln nicht konstant. So bestand zwischen Juist und Norderney die bis um 1541 bewohnte Insel Buise, die kurz nach

Abb. 12. Querschnitt durch eine Düneninsel in der Nordsee. Die Seeseite ist links. Aus Ellenberg 1996, verändert.



1690 vollständig unterging und ihren Sand an Norderney abgab. Die Insel Juist wurde 1651 in zwei Teile zerrissen, bis diese 200 Jahre später wieder zusammengedeicht wurden.

Die Düneninseln sind klar gegliedert, wie es der Querschnitt in Abb. 12 zeigt. Oberhalb des Mitteltidehochwassers kommt zunächst bis zum Dünenfuß der flache trockene Strand, auf dem sich erste kleine Vordünen (Primärdünen) mit Strandquecken entwickeln (Abb. 13). Es folgen die hohen Weißdünen, auf denen der Strandhafer dominiert, die aber noch in Bewegung sind, sodass überall der helle Sand durchscheint. Im Inselkern liegen dann die Graudünen, die schon festgelegt sind und eine Humusdecke tragen. Hier ist die Vegetation vielfältig und reicht von Heidegesellschaften, die die Braundünen kennzeichnen, bis zu Kriechweiden und dichten Sanddorngebüsch. Der Sanddorn ist allerdings erst in jüngster Zeit hier heimisch geworden, nachdem er sich von den Niederlanden kommend im Laufe des 19. Jhdts. von West nach Ost auf den Ostfriesischen Inseln ausgebreitet hat.

Mit zunehmendem Alter wird vor allem der Kalk aus dem Dünen-sand ausgewaschen, sodass der Nährstoffgehalt vom Strand zum Inselinnern stark abnimmt. Das Wasser selber fließt jedoch nicht ab, sondern sammelt sich im Inselkörper zu einer mehr als 30 m dicken Süßwasserlinse, die auf dem darunterliegenden Salzwasser schwimmt und trotz der touristischen Vollerschließung auf den meisten Inseln noch genügend Frischwasser für die Inselbewohner liefert.

Zur Landseite fallen die Dünen wiederum steil ab und es folgen Salzwiesen, die auf den Inseln Heller genannt werden. Wegen der regelmäßigen Überflutungen haben sie gute Böden und sind für die Viehhaltung gut geeignet. An der Hochwassergrenze setzt dann das Rückseitenwatt ein, das bis an das Festland reicht.

Heute ist die Bewirtschaftung der Salzwiesen ebenso wie die Zugänglichkeit der Dünen- und Strandgebiete wegen deren Ausweisung als Nationalpark stark eingeschränkt.

2.2.4 Die Geestkerninseln und Marscheninseln Nordfrieslands

Im Gegensatz zu den Ostfriesischen sind die Nordfriesischen Inseln aus alten Festlandsresten hervorgegangen, die noch bis ins Mittelalter zusammenhingen. Die drei großen Inseln im Norden – Sylt, Amrum und Föhr – besitzen einen Geestkern aus pleistozänem Material. Es sind die Reste der saalezeitlichen Ablagerungen, die das Nordseebecken ausfüllen. Weitere inzwischen abgetragene Moränen liegen im Vorfeld von Sylt und als Amrum-Bank südlich davon. Eine Besonderheit liefert der Untergrund von Sylt, denn die saalezeitlichen Gletscher haben tertiäre Schollen aufgestaucht, die als Glimmerton, Limonitsandstein und Kaolinsand am Morsumkliff und teilweise auch am Roten Kliff aufgeschlossen sind.



Abb. 13. Beginn einer Dünenbildung: Die Primärdünen werden von der Strandquecke festgehalten. Juist



Abb. 14. Weißdünenbereich auf Langeoog.



Abb. 15. Braundünenlandschaft auf Langeoog.

Diese großen Inseln waren bis ins hohe Mittelalter eingebettet in die nordfriesischen Marschen, die sich bis dahin gebildet hatten und deren Reste auch heute noch an sie angegliedert sind. Vor allem Sylt und Amrum werden an den exponierten Westseiten stark erodiert. Die übrigen Inseln – Pellworm, Nordstrand und die Halligen – sind dagegen reine Marscheninseln, die nach der Zerschlagung Nordfrieslands übrig geblieben waren und später teilweise wieder durch Bedeckungen vergrößert wurden (vgl. S. 118). Sie liegen im Schutz der nordfriesischen Außensände Süderoog-, Norderoog- und Japsand, die gerade über das Mitteltidehochwasser reichen und als Wellenbrecher dienen. Als Folge des Meeresspiegelanstiegs werden sie langsam nach Osten umgelagert.

Derartige Marscheninseln gab es auch in Niedersachsen, so die Insel Bant nordwestlich Ostfriesland und sogar bis 1940 zwei im Jadebusen; noch heute besteht die Marscheninsel Neuwerk vor Cuxhaven.

2.2.5 Die Felseninsel Helgoland

Helgoland stellt einen Fremdkörper in der Nordsee dar. Er besteht aus einem schräg gestellten Buntsandsteinklotz, dem ursprünglich noch Muschelkalk- und Kreideschichten auflagen, wie sie in der benachbarten „Düne“ genannten Insel noch erhalten sind. Auf dem festen Mittleren Buntsandstein der Hauptinsel und unter dem Kalk der Düne lagen die weichen Schichten des Röt, die den Oberen Buntsandstein darstellen. Sie sind schon früh großenteils ausgewaschen worden, sodass sich von Norden eine Bucht in die ursprünglich ungeteilte Insel erstreckte, die als Nordhafen genutzt wurde.

Wie der Kalkberg in Lüneburg oder der Gipsberg in Segeberg liegen diese Inseln auf einem permzeitlichen Salzstock und wurden von diesem im Tertiär in die Höhe gedrückt und dabei schräg gestellt. Die flache Felsterrasse rund um die Inseln beträgt 18 km² und zeigt die ursprüngliche Größe der Insel, die im Laufe des Quartärs bis auf heute rund 0,4 km² abgetragen wurde. Ein kleiner Teil davon bildet bei Niedrigwasser das Felswatt. Während der Saale-Eiszeit wurde Helgoland vom Eis überfahren, das dabei Moränenmaterial zurückließ.

2.2.6 Trans- und Regressionen und die Herausbildung des Marschprofils

Die Begriffe Trans- und Regression bezeichnen in der Wortbedeutung horizontale land- oder seawärts gerichtete Küstenverschiebungen d. h. Überflutungs- und Rückzugsphasen. Da diese im Nordseegebiet von den vertikalen Meeresspiegelveränderungen abhängig sind, werden diese Begriffe im Allgemeinen im doppelten Sinne verwandt. Im Ganzen wird die nacheiszeitliche Überflutung des Nordsee-

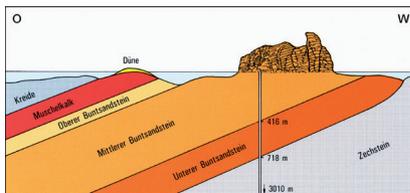


Abb. 16. Die geologische Struktur von Helgoland (Inseln überhöht). Das plastische Zechsteinsalz des Perm wölbte sich im Tertiär auf und presste die hangenden Schichten nach oben.
Aus Schmidtke 1995

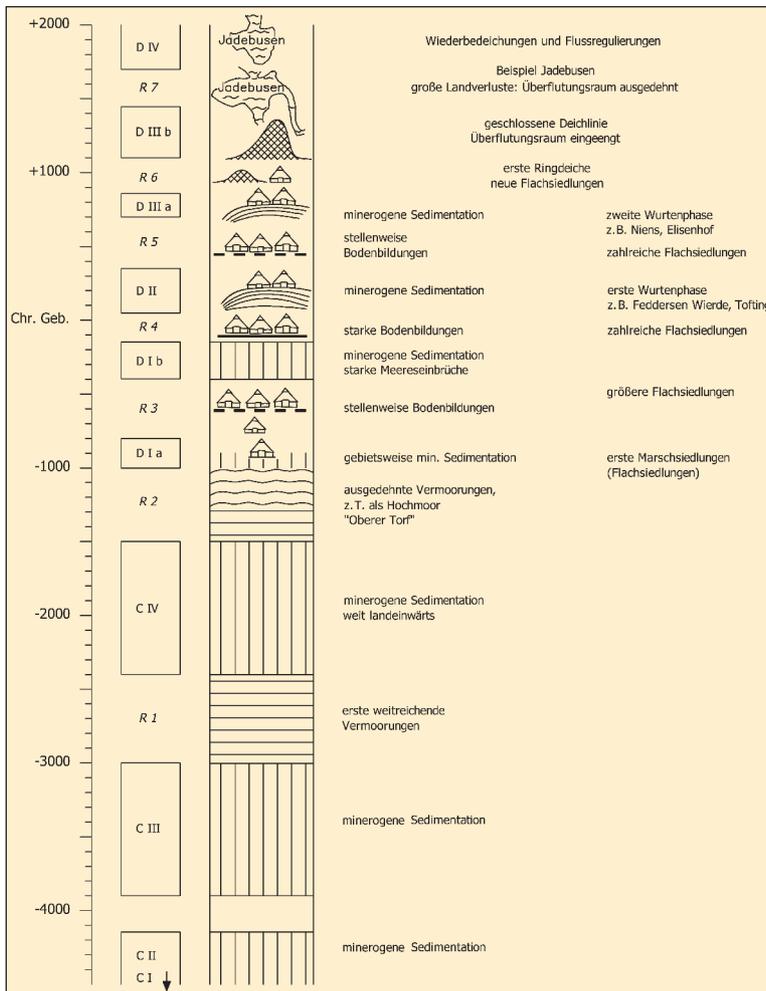


Abb. 17. Darstellung des Ablaufs der Trans- und Regressionen und ihrer Auswirkungen auf Landschaft und Besiedlung an der Nordsee. C=Calais, D=Dünkirchen, R=Regression.

beckens als Flandrische Transgression bezeichnet, diese wird wiederum in die zwei Folgen Calais und Dünkirchen aufgeteilt, die gleichzeitig ein chronostratigraphisches System darstellen (Abb. 17). Zunächst erfolgte der Meeresspiegelanstieg sehr schnell. Als erstes führte er durch den Grundwasseranstieg zu einer Vernässung der küstennahen Geestgebiete, auf denen sich daraufhin Niedermoore ausbreiteten. Diese Moore wurden jedoch bald überspült und mit marinen Ablagerungen zugedeckt. Dadurch blieben sie erhalten und bilden als sogen. Basistorfe den Beginn der holozänen (nacheiszeitlichen) Schichtenfolge im Küstengebiet. Je nach dem Untergrund liegen sie in verschiedener Höhe. Da der unter ihnen liegende eiszeitliche Sand nicht sackungsfähig ist, liefern sie nach ihrer Datierung mit Radiokarbon oder Pollenanalysen die sichersten Fixpunkte für die Meeresspiegelanstiegskurve.

In den Calaisphasen I bis III wurden marine Sedimente abgelagert, dabei kam es zwischen Calais II und III zu einem vorübergehenden Halt. Nach Calais III erfolgte dann zum ersten Mal ein Rückzug des