

## Werk

**Titel:** Einige Ergebnisse entwicklungsgeschichtlicher Studien an europäischen Flachlands...

**Autor:** Braun, Gustav

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1911

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657\\_1911](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1911) | LOG\_0152

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

## Einige Ergebnisse entwicklungsgeschichtlicher Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen\*.

Von Privatdozent Dr. **Gustav Braun** in Berlin.

Seit mehreren Jahren beschäftige ich mich mit den Problemen der Küstenbildung und -umbildung. Mein Arbeitsfeld waren die Gestade von Mittel-, West- und zum Teil Süd-Europa, deren Bereisung mir durch eine Unterstützung Seiner Exzellenz des Herrn Ministers der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten und des Instituts für Meereskunde ermöglicht wurde, wofür auch hier ehrerbietigst gedankt sei. Bei der Ausarbeitung, deren Resultate nunmehr vorliegen<sup>1)</sup>, wurde außer der Beobachtung im Felde in hohem Mase die Beobachtung auf Karten herangezogen, wodurch das überschaubare Gebiet wesentlich an Ausdehnung gewann.

Mit einigen Definitionen mögen die Darlegungen hier, die einiges von den Ergebnissen meiner Studien zusammenfassen sollen, beginnen.

**Küste** ist der ganze Bereich (Streifen) landwärts und seewärts der Berührungslinie zwischen Wasser und Land, soweit sich an diese Linie geknüpfte Erscheinungen bemerkbar machen.

**Uferlinie** ist die Linie der Berührung zwischen Wasser und Land.

**Ufer** ist die Zone landwärts der Uferlinie.

**Schorre** ist die Zone seewärts der Uferlinie.

**Litoral** sind alle Vorgänge, Kräfte und Formen, die an einer Küste, durch ihr Vorhandensein bewirkt, auftreten.

**Marin** sind die unter Einwirkung des Meeres sich abspielenden Vorgänge und dadurch geschaffenen Formen.

An jeder Küste sind gewisse, allgemein bekannte Erscheinungen zu beobachten, die als Grundlage des Folgenden hier kurz hervorgehoben seien.

Das System der Küstenformen wird in den meisten der vorhandenen Lehr- und Handbücher der physischen Geographie und Geologie nach einer Gliederung gegeben, die sich auf die erzeugenden Kräfte stützt. Diese sei daher hier zur Grundlage gemacht.

Die elementarste und überall vorhandene Kraftäußerung bewegten Wassers gegenüber dem Land ist die Brandung. Ihr Werk ist ein Anschneiden, ein Zerstören des Landes. Die Formengruppe, die sie schafft,

\*) Unter dem Titel „Von der Ostsee zum Golf von Cadiz. Wanderungen und Studien an Küsten und Dünen“ in der Allgemeinen Sitzung vom 8. Juli 1911 vorgetragen.

<sup>1)</sup> G. Braun: Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. Veröff. Inst. f. Meereskunde u. s. w. 15. Berlin 1911.

ist über und unter dem Wasserspiegel verschieden; oberhalb weicht das Land in steilen Wänden, den „Kliffen“, zurück, unterhalb dehnt sich ein Sockel des zerstörten Landes mit unebener, nahezu horizontaler Oberfläche bis dahin aus, wo zuerst die Tätigkeit der Brandung begonnen hat. Er möge neutral als „Brandungsplatte“ bezeichnet werden.

Der bei Herausbildung dieser Formen erzeugte Schutt, dem sich gegebenenfalls Schuttmengen eines oder mehrerer Flüsse und solche vom Meeresboden beimengen können, wird von Wellen und Strom — die sich in den meisten Fällen einen — seitwärts verschoben, um schliesslich irgendwo zur Ablagerung zu gelangen. Sie geschieht in Formen, die wir im Deutschen meist mit dem Wort „Strand“ in verschiedenen Zusammensetzungen bezeichnen, sei es ein Vorstrand vor einem Kliff oder ein echter Strandwall, der seine Umgebung überragt. Vereinigen sich mehrere von ihnen, so sprechen wir von einer „Strandwallebene“, deren klassische Beispiele die Wurzel der Schmalen Heide auf Rügen und das Vorland von Cayeux an der französischen Kanalküste sind.

Kommen diese Formen auch an gezeitenlosen Meeren vor, so treten dort, wo Ebbe und Flut vorhanden sind, noch andere dazu, die wiederum auf erosive und ablagernde Vorgänge sich zurückführen lassen. Die oft stark eingegengten Gezeitenströme furchen Rinnen aus, vor deren Mündung das herausgeschaffte Material in der Form unterseeischer Deltas abgelagert wird. Ähnlich ist der Typus der Flufsablagerungen bei Berührung mit dem Meere, nur wachsen sie hier allmählich über den Meeresspiegel empor, das echte Deltaland bildend.

Es sind das die streng litoralen Formentypen. Die in den Ablagerungen aufgespeicherte Menge meist leicht beweglichen Materials sowie die leichte Zugängigkeit desselben für die starken Winde der Küste bringen es mit sich, dass vielfach äolische Umlagerungen, die wir als Dünen bezeichnen, am Ufer eine bedeutende Rolle spielen.

Alle diese Typen und Vorgänge sind bekannt, und klar ist auch ihre gegenseitige *Korrelation*. Es können nicht irgendwo mächtige Ablagerungen Küstenschuttes liegen, ohne dass in der Richtung, aus der sie stammen, die entsprechenden Schuttquellen vorhanden sind, mögen das nun längere Kliffstrecken, ein an Sinkstoffen reicher Flufs oder ein breiter untermeerischer Sockel sein.

Scheide ich die störenden Vorgänge fortgehender Hebung und Senkung einmal aus, so tritt bei näherem Zusehen auch die *Sequenz* der Formen klar hervor. Jeder der Vorgänge bedarf zur Entfaltung seiner Wirksamkeit der *Zeit*, mit ihr steigert sich der Ausbau der Formen. Treten lange *Reihen* hoher Kliffe an einem Ufer auf, so ist nicht nur zu schliessen, dass ihnen an anderer Stelle Ablagerungen in grossem Maß-

stabe und mit mannigfachen Gestalten entsprechen, sondern daß auch diese Küste länger der Meerestätigkeit ausgesetzt gewesen ist als eine andere gleicher Grundform, an der diese Zeugen litoraler Beanspruchung noch fehlen oder gering entwickelt sind. Es ist aber ferner der Schluß zwingend, daß zwischen den beiden erwähnten weit auseinander liegenden Formen sämtliche Übergänge vorhanden gewesen sein müssen, wenn solche sich auch zu gegenwärtiger Zeit an keiner Stelle der Erde finden.

Die hier klargelegten Grundzüge erscheinen als gesicherte Forschungsergebnisse. Es kann ohne weiteres auf ihnen mit einer Arbeit weitergebaut werden, die den Zweck hat, durch Beobachtung der Entwicklung der Einzelformen die Stellung einer ganzen Küste festzustellen.

Nur allein das Vorhandensein der Niveauschwankungen bringt Unsicherheit in die Betrachtung. An relativ raschen Bewegungen großer Küstenstrecken ist seit Aufhellung der postglazialen Geschichte des Ostseebeckens nicht mehr zu zweifeln. Gehen dieselben nun so rasch vor sich, daß sie den ebenfalls langwierigen Umbildungsvorgängen die erforderliche Zeit nicht lassen, oder sind diese ihrerseits gegenüber den Niveauschwankungen so rasch, daß wirklich langsame Übergänge statt ruckweiser Umgestaltung vorhanden sind?

Die pommersche Küste gehört dem südbaltischen Bezirk zu, der in junger Zeit eine Senkung von über 30 m erlitten hat; liegen doch in dieser Tiefe auf Hela Torfe unter jungen Meeressanden mit *Cardium edule*. Trotz dieser beträchtlichen raschen Verschiebung aber ist die Küste völlig ausgeglichen und zeigt verschiedene Stadien durchaus normaler Entwicklung.

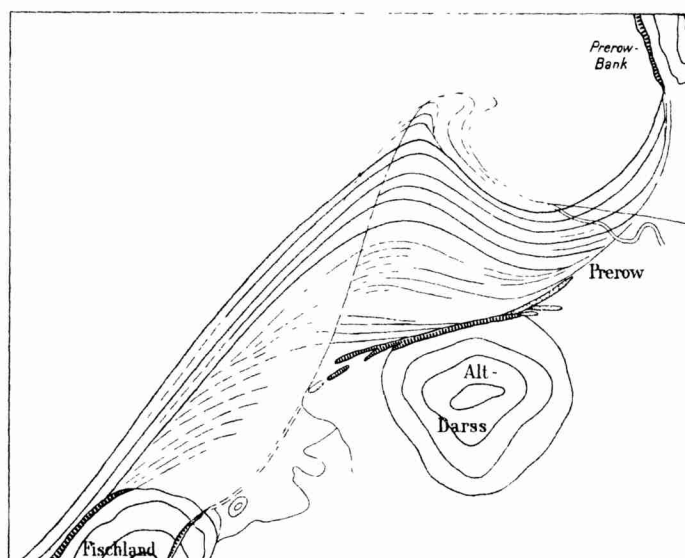
Die Westküste von Portugal weist am Kap Mondego verschiedene gehobene Uferlinien auf, deren jüngste, ganz frische, etwa 10 m hoch liegt. Trotzdem ist der Ausgleich der Küste vollkommen, und die vorhandenen Formen passen in die in Betracht kommende Reihe hinein.

Ausgehend von den angeführten, Allgemeingut gewordenen Anschauungen und den eben entwickelten Beobachtungen kam ich zu folgender Arbeitshypothese: Jede Küste und Küstenform muß als Glied in einer Reihe aufgefaßt werden, die von einer abzuleitenden Urform ausgeht und zu einem abzuleitenden Ende hinführt.

Die Methode der Untersuchung bestimmter Küstenstrecken, die sich aus diesen Betrachtungen ergibt, läßt sich etwa so erläutern: Eine Küste ist das Ergebnis mindestens zweier Faktoren, einmal der Landgestalt und dann der Zeit, innerhalb der an ihr litorale Vorgänge spielen. Um also auf die Urform zu kommen, muß man alle litoral zerstörten Landteile wiederherstellen und die litoral aufgebauten Teile entfernen, wobei auch die allmähliche Umbildung des Landes selbst außerhalb der Küste zu berücksichtigen ist.

Als elementares Beispiel solcher Arbeitsmethode sei der Darfs mit einigen Worten behandelt, über den ich seit Abschluss meiner Arbeit in Ergänzung der dort (S. 14) gegebenen Hypothese einiges Material sammeln konnte. Herr stud. Otto in Greifswald wird vermutlich in Bälde Eingehenderes berichten.

Am Darfs sind zweifellos nicht litoralen Ursprunges der Landkern des Fischlandes und der Landkern „Alt-Darfs“, wie er an Ort und Stelle heisst (Abbild. 44). Die Existenz dieses letzteren ist nunmehr ganz sicher nachgewiesen; er hebt sich scharf und deutlich von seiner Umgebung ab. Außerdem hat vermutlich die Prerow-Bank vor ihrer Zerstörung durch Senkung und Brandung für den Aufbau des Darfs eine Rolle gespielt, wie



Abbild. 44. Skizze der Entwicklung des Darfs. 1:200 000.

Heutige Umrisse fein ausgezogen. == Deichbau zwischen Fischland und Darfs, eine Durchbruchsstelle schließend. Linker Kartenrand  $30^{\circ}$  ö. L. v. Ferro.

man daraus schliessen muß, dafs die Strandwälle desselben bei Prerow vom Prerow-Strom und der jetzigen Küste in beinahe rechtem Winkel geschnitten werden und in der Verlängerung ihrer doppelten Biegung — die sonst unerklärbar wäre — unverkennbar nach der jetzigen Bank hin gerichtet sind.

Es liegen also drei Landkerne vor, welche, vermutlich als Inseln wie die Kerne von Rügen aufragend, die Urküste bildeten. Von dieser Urküste ist nur noch das Kliff erhalten, das den Alt-Darfs im Nordwesten abschneidet. Es ist trotz seines Materials — Sand eines Stausees der Ab-

schmelzzeit — dank dichter Vegetation ungewöhnlich scharf erhalten; über das Wesen dieses Hanges sind kaum Zweifel für den möglich, der ihn in der Natur gesehen hat. Das Ufer des Fischlandes muß damals weit im Westen gelegen haben, ist natürlich sowie die ganze Prerow-Bank seit der Zeit zerstört.

Zwischen diesen drei Kernen entwickelten sich zuerst Haken, die man am Alt-Darfs nach Osten und Westen hin noch recht gut sehen kann, dann schön geschwungene Strandwallsysteme mit Vordünen als „Neu-Darfs“. Die innersten heften sich an das Fischland und etwa in der Mitte des Alt-Darfs an, wo sie sich allmählich nach Osten hin anschmiegen. Der damalige „Darfs-Ort“ lag etwa bei der Tiefenzahl 8 des Blattes 62 Barth der Karte des Deutschen Reiches an der in Betracht kommenden Stelle als rundliche Vorwölbung des Ufers. Er wandert allmählich stärker buckelförmig ausgebildet nach NNO bis in die Gegend der Buchstaben Fo des Wortes „Forst“ der Karte, während zugleich von Westen her die Wälle mit dem Rückgang des Fischlandes an ihrer Wurzel abgeschnitten wurden. Nach dem Verschwinden der Prerow-Bank und dem Durchbruch des an sie angehefteten Wallsystems begannen hinter Darfs-Ort Neerströme zu wirken, die den Prerow-Strom nach Westen hin verschleppten, während gleichzeitig die Spitze, in immer freieres Meer hinausragend, sich mehr und mehr nach Osten hin umbog, wohin sie jetzt rasch weiterwächst, bereits ganz anders gestaltet, als es Melstischblatt und Generalstabskarte zeigen.

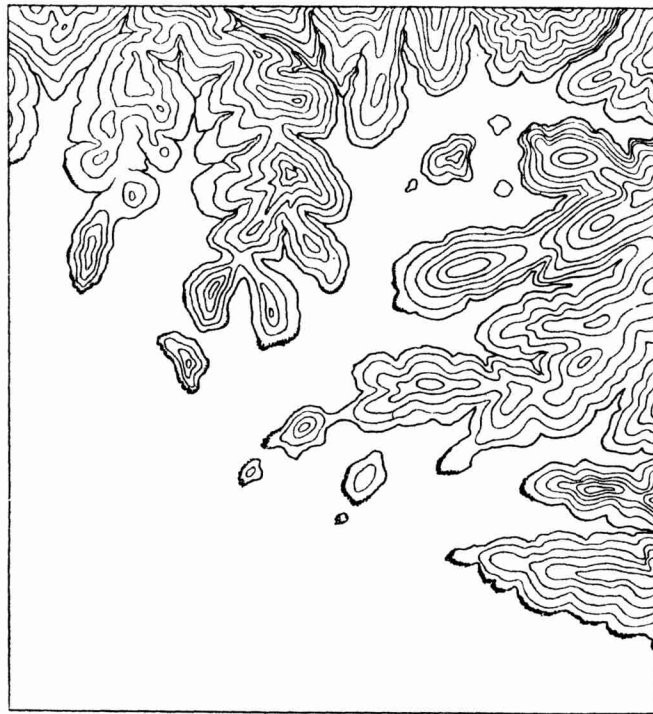
Nach den an diesem Beispiel kurz erläuterten Gesichtspunkten sind in meiner Arbeit folgende Küstenstrecken im einzelnen untersucht und dargestellt: Die deutsche Ostsee-Küste, die Westküste von Jütland, die Küste der Gascogne, die Westküste von Portugal, die Küste von Algarve und Andalusien, die von Roussillon, Languedoc und Katalonien. Es ergab sich, daß die bisherige Auffassung dieser Küsten vielfach nicht zutreffend war. An der Ostsee-Küste wurden außer für den Darfs neue Gesichtspunkte für Hela gewonnen, das sich nur in seinem äußersten Ende als echter Haken erwies, dagegen von Heisternest bis zum Festland eine Dünenkette ist, die einem versinkenden Teil des Festlandes randlich aufsitzt. Die Westküste von Jütland ist eine echte Ausgleichsküste, vergleichbar der hinterpommer-schen. Durch die Dünen sind an ihr Hafte bis zu nahezu 8 m Meereshöhe aufgestaut worden, womit also ein Gegenstück zu den Etangs der Landes gefunden ist.

Die Küste der Gascogne erwies sich als eine gesunkene Küste, der Limanform ursprünglich verwandt, bei der überall das Meer das Festland selbst bereits anschneidet. Die ganzen Dünen mit Ausnahme der kurzen Strecken vor den Etangs sind dem Festland aufgesetzt.

An der Westküste von Portugal kamen am Kap Mandego verschiedene

Meeresstände, deren oberster in 80 m Höhe pliozänen Alters ist, zur Beobachtung. Die niederen, durch Felsterrassen bestätigt, liefen sich auch in den hohen Strandwall hinein verfolgen, womit allgemeine Gesichtspunkte zur Altersgliederung von Strandwällen und Benutzbarkeit ihrer Profile zum Nachweis von Hebungserscheinungen gewonnen wurden.

Schließlich konnte festgestellt werden, daß die Küste der Arenas Gordas in Andalusien eine Kliffküste ist, daß dort eine über 30 m hohe Geest vom Meer angeschnitten wird, wo alle unsere Karten sumpfiges Tiefland zeigen. An das Kliff, das 40 km von der Kolumbus-Säule nach Osten hin



Abbild. 45. Schema der gebuchteten Küste eines reif zerschnittenen gesunkenen Landes im Jugendstadium.

reicht, schließt sich dort eine echte Nehrung an, die das Haff abschnürt, das der Guadalquivir mit Hilfe der Vegetation aufgefüllt hat.

Das sind einige der Ergebnisse dieser Spezialuntersuchungen. Diese dienten mir dazu, nunmehr Versuche der Reihenbildung zu unternehmen und zu verfolgen, wie sich die einzelnen Formen und Küstentypen im Laufe der Zeit umbilden.

Unter Ausschaltung von Komplikationen wurden zwei Reihen verfolgt, der die Mehrzahl aller Küstenformen der Erde angehören: die der gesunkenen

und die der gehobenen Küste. Die Urformen ergeben sich aus der einfachen Überlegung, daß es einmal Land, einmal Meeresboden ist, der die Urküste bildet. In ersterem Fall hängt sie in ihrem Aussehen von dem Zustand des Landes ab, wird also im allgemeinen unregelmäßig und gebuchtet verlaufen. Im zweiten Fall ist die Urküste in der Regel einförmiger, da der Meeresboden einförmiger als das Land ist.

Ich betrachte ein etwa reif zerschnittenes niedriges Gebirgsland, wie es die Bretagne in manchen Teilen darstellt (Abb. 45)<sup>1)</sup>. An einer solchen



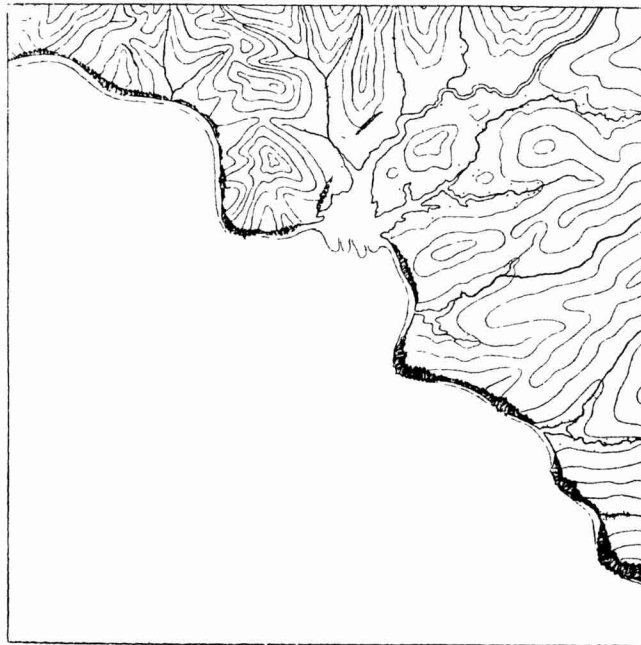
Abbild. 46. Umbildungen einer gesunkenen Küste.  
Landfest gewordene Inseln, Haken, Haffe, Delta u. a.

gebuchteten Küste wird der von der Brandung erzeugte Schutt seitwärts verschoben. Zunächst gerät er rasch in die Tiefe und bildet die Meerhalde; sobald aber durch längere Brandungstätigkeit eine Bahn geschaffen ist, wird die Bewegung auf dieser erfolgen und früher oder später zum Auftauchen von Schuttablagerungen über dem Wasserspiegel führen. In der Richtung des vorherrschenden Windes hängen sich aus Schutt aufgebaute

<sup>1)</sup> Die Abbildungen sind zum Teil in Anlehnung an von Herrn Professor Davis in seinem Atlas zu den Practical Exercises, Boston 1908, gegebene Schemata von mir entworfen, zum Teil neu gezeichnet.



Vorsprünge an die Kliffe an, die allmählich so groß werden, daß sie die hinter ihnen gelegene Bucht nahezu oder ganz vom Meere abschließen. Es sind das die „Küstenhörner“, die zu „Haken“ und „Nehrungen“ heranwachsen, während die abgeschnürte Bucht als „Haff“ allmählich verlandet. Da eine solche Bucht ein ertrunkenes Tal ist, so mündet auch in sie in der Regel ein Fluß, der sein Delta dann in das Haff vorschiebt. Wir bezeichnen es als „Buchtdelta“; es ist eine so eng mit den Haffen verknüpfte Form,



Abbild. 47. Reifere Umbildungen einer gesunkenen Küste.  
Hohe, lange Kliffe, Marschenbildung u. a.

daß sie hier mit behandelt werden muß. Liegt vor dem Ufer des Hauptlandes der gesunkenen Küste eine Insel, so schließen sich die vom Hauptland und von ihr aus wachsenden Haken zusammen. Es entsteht eine Form, bei der zwei Schutthaken oder Nehrungen, von dem Inselkörper ausgehend, ein Haff einschließen.

Wenn infolge verschieden gerichteter Strömungen ein Haken wieder das Hauptland erreicht oder sich zwei vereinigen, so kommt es zur Bildung eines „Höftlandes“, das in den meisten Fällen anfangs ebenfalls eine Wasserfläche, eine Lagune in diesem Fall, einschließt. Gemeinsam ist allen diesen Formen, daß sie zeitlich erst in später Jugend auftreten, den Ausgleich vorbereitend, und daß sie zweitens räumlich immer mit Kliffen

verbunden sind, und dafs drittens stofflich ihr Material wesentlich von der Seite her stammt.

Alle diese Umbildungen sind in systematischer Reihenfolge in den Abbildungen 46 u. 47 dargestellt. Der Faktor, der sie im Gange hält, ist die Brandung, die immer neuen Schutt liefert. Das Ziel ist die Vereinfachung der ursprünglich so zackigen Umrise der Küste, dem auch die Flüsse und die pflanzliche Verlandung von innen her zuarbeiten.



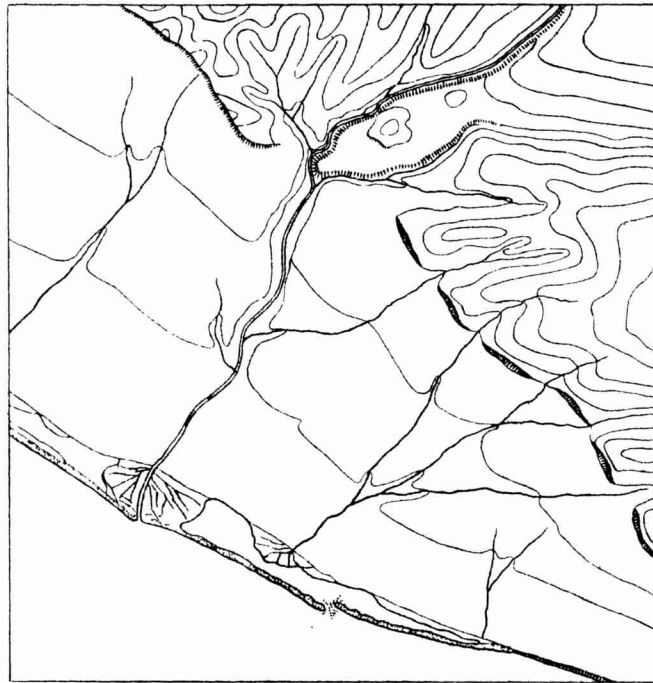
Abbild. 48. Reife gesunkene Küste, Ausgleichsküste.

Wenn alle Buchten durch Nehrungen geschlossen und die Landvorsprünge des Ufers durch Kliffe mehr oder weniger abgeschnitten sind, dann ist der Ausgleich einer gebuchteten Küste hergestellt (Abbild. 48). Sie weicht in dieser Form ziemlich gleichmäÙig vor dem andringenden Meer zurück. Diesen Typus verkörpern sehr gut die Westküste von Jütland und die Küste von Hinter-Pommern.

Im Laufe der Zeit kann es dahin kommen, dafs alle Formen, die der ursprünglichen Senkung ihre Entstehung verdanken, vernichtet werden. Dann muß eine einförmige Kliffreihe das Land säumen. Gezeiten stören die völlige Ausreifung des Typus.

Im Fall der gehobenen Küste treten ebenfalls bestimmte Folgeformen auf, nur sind sie anderer Art. Das Meer brandet hier auf einer sehr

flach geböschten Schorre. Wo die Wellen ihre Kraft in der Brandung verlieren, da fällt der von ihnen mitgeführte Küstenschutt aus und wird in Wallform aufgebaut. Die Stelle, an der das geschieht, kann am Ufer selbst liegen, wenn dasselbe weder so steil ist, daß die Brandung noch Kraft hat es anzugreifen, noch so flach, daß sie schon geschwächt ankommt. In diesem Fall ist der Strandwall als „Uferstrandwall“ zu bezeichnen, da er seine Grundlage, das Ufer, wallförmig überragt.



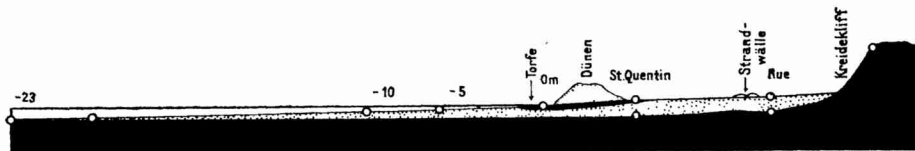
Abbild. 49. Junge gehobene Küste  
mit alten Kliffen, Küstenebenen, Lagunen, Lidi. Delta.

Viel häufiger aber liegt die Brandungsstelle vor dem Ufer auf der Schorre, so daß der Wall sich also im Wasser aufbaut, zunächst als „Sandriff“ unterseeisch, später als „Strandwall“ über den Wasserspiegel auftauchend und allmählich bis an die innerste Grenze der Wirkung der stärksten Wellen und Strömungen an dem betreffenden Ufer verschoben. Da dieser Wall auf der Schorre sich aufbaut, müßte er folgerichtig als „Schorrenstrandwall“ bezeichnet werden; man kann auch die Benennung „freier Strandwall“ anwenden, d. h. „frei“ vor dem Ufer gelegen, ursprünglich durch einen Wasserstreifen davon getrennt.

Die Bildung solcher freien Strandwälle im Kleinen kann man

bei oder nach jedem Sturm an einem Strand beobachten, dessen Böschung dann als Schorre dient. Er wird von den letzten Ausläufern der Brandung aufgebantf an den Stellen aber, wo die Wellen zuerst brechen, da bildet sich unterseeisch ein neues Sandriff oder mehrere, die allesamt allmählich an den freien Strandwall herangeschoben werden, bis das Meer die Schorre so weit vertieft hat, daß es seine Bildungen wieder zu zerstören vermag.

Im Großen handelt es sich meist um stark verbreiterte und durch Dünen veränderte Gebilde. Ich nenne diese nach dem Lokalnamen der typischen Landschaft „Lido“ (Plur. Lidi). Untrennbar von der Darstellung der Entwicklung der Lidi ist auch die des abgeschlossenen Wasserstreifens dahinter, den ich als „Lagune“ bezeichne. Ist der Strandwall jung, so hat die Lagune eine freie Wasserfläche, ist er älter, so wird diese mehr und mehr zugefüllt, und wird der Lido zerstört, so ist auch das Marschland, das sich aus der Lagune gebildet hat, dem Untergang geweiht; die beiden Bildungen gehören eben zusammen.



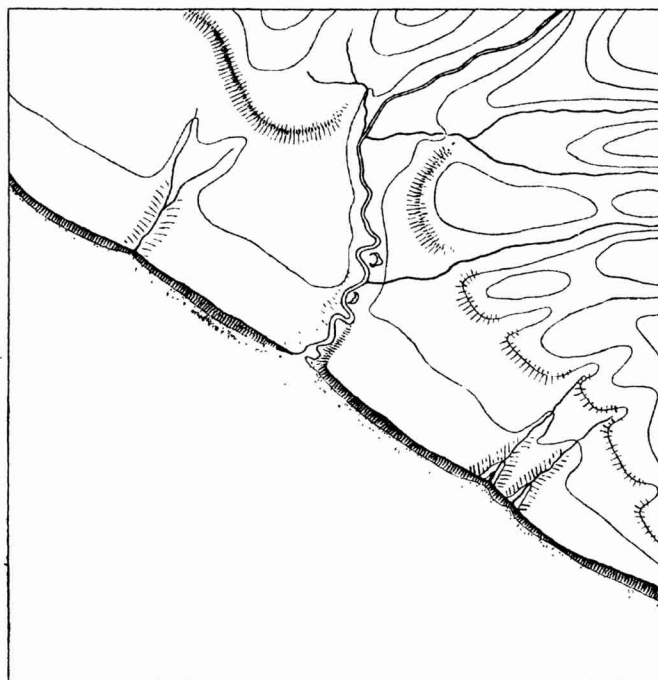
Abbild. 50. Schematisches Profil durch die Küste der Picardie, die Anschwemmungen in ihrer Lage zum Kreidesockel zeigend. Torfe als Reste einer früheren Lagune. — 1:330000 und 1:17000.

Die Zeit ihres Auftretens hängt von der an der Küste vorhandenen Schuttmenge ab. Ist dieselbe groß, so werden sich in einem sehr frühen Stadium bereits rings von Anschwemmungen umschlossene Wasserflächen bilden, ist sie gering, dann erst zu der Zeit, wenn die Brandungstätigkeit selbst so viel Schutt erzeugt hat, als erforderlich ist.

Die Entwicklung einer von Lidi und Lagunen umsäumten Flachlandsküste (Abbid. 49) verläuft in folgender Weise etwa: Mit der Zeit wird der Meeresboden vor dem äußersten Strandwall von den Wellen so weit vertieft, daß sie denselben wieder anzugreifen beginnen. Die seeseitige Böschung des Strandwalles wird dann eine Abtragungsfäche, ein Kliff. Das Material wird seitwärts oder nach der Tiefe hin fortgeführt. Handelt es sich um Sand, so unterstützt die Mitwirkung auflandigen Windes die Abtragung sehr, da aus den von den Wellen gerissenen Wundflächen der Sand rasch weitergeführt wird. Es kommt vielfach erst in diesem Stadium der Entwicklung zu umfangreicherer Dünenbildung.

Durch die Einwirkung von Wind, Strömungen und Wellen wälzt sich vielfach umgelagert der innerste älteste Strandwall rückwärts. Ein

gutes Kennzeichen, wie weit diese Entwicklung gediehen ist, ist darin zu sehen, ob in der seeseitigen Böschung dieses rückwärts verschobenen Walles eine Torf- oder Schlickbank auftritt (Abbild. 50). Sie zeigt an, daß nunmehr die See das Ufer so weit verzehrt hat, daß sie jetzt die frühere Lagune zu zerstören beginnt. Sowohl die Torf- wie die Schlickschichten erscheinen unter dem Wasserspiegel, weil sie durch das Gewicht des Strandwalles zusammengedrückt sind. In noch höherem Maße



Abbild. 51. Schema der Falaisenküste.

ist das der Fall, wenn die Dünenbildung stark ist; die großen Massen der Sandberge üben naturgemäß einen weit größeren Druck auf diese nachgiebige Schicht aus, als ein Strandwall.

Nach dem Gesagten ist das Vorkommen solcher Uferbildungen unter dem Meeresspiegel durchaus kein Anzeichen für eine Senkung, sondern nur für ein bestimmtes Stadium in der Entwicklung der Küste.

Im Laufe der Zeiten werden bei Stillstand des Landes schließlich alle vom Meer gebildeten Formen, Lidi, Lagunen, Strandwallebenen (Abbild. 43) und Deltas weggeschnitten. Nach ihrer Zerstörung wird das Flachland selbst angegriffen, und es müssen längere Kliffreihen an der Küste entstehen (Abbild. 51), zuerst niedrig, dann allmählich mit dem weiteren Fortschritt der Brandung höher und höher werdend. Ihr Fuß wird nicht geradlinig verlaufen,

sondern da eine Einbiegung landwärts zeigen, wo die Zerstörung rascher geht, sei es, daß dort das Material weniger widerständig ist oder an Masse geringer wie in dem Fall eines Tales. Übertrifft in letzterem Fall das Meer den Fluß oder Bach an Erosionskraft, so wird seinem Tal das untere Stück geraubt; ein litorales Hängetal ist die Folge.

Die hier gegebene Beschreibung paßt Wort für Wort auf die aus Kreide bestehenden Küsten von Nordwest-Frankreich und Süd-England. Allerdings liegen dort allerlei Bewegungen in der Vertikalen vor, Zeichen erheblicher Senkung sind vornehmlich auf englischer Seite nicht zu verkennen. Doch ist dieses Beispiel das beste dieses Stadiums, das ich kenne, und andererseits der Ausdruck „falaises“ so allgemein verständlich, daß ich nicht anstehe, ihn als Benennung für diesen Typus vorzuschlagen.

Falaisen- oder Kliffreihenküste und Ausgleichsküste sind also wohl charakterisierte Stadien in der Entwicklung der gehobenen und der gesunkenen Küste. Infolge ihrer großen Widerständigkeit gegenüber den Angriffen des Meeres haben sie lange Bestand, so lange, daß in der Regel eine erneute Bewegung des Landes die allmähliche weitere Umbildung unterbricht und neue Urformen schafft. Je nach dem Ausmaß und der Art der Bewegung und dem Stadium, das die Küste vorher erreicht hat, sieht die neue Urform verschieden aus; angesichts der vielen sich so bietenden Möglichkeiten darf man nicht glauben, nach obigen Schemata sogleich jede Küstenform einordnen zu können. Es sind nur Richtlinien, die sich aus ihnen ergeben; man darf nicht die Natur in sie hineinpresse, vielmehr sind die Schemata selbst noch verbesserungsbedürftig.

Das System der Küstenformen, das sich mir nach alledem ergab, ist das folgende, worin nur Meereswerk und Flußwerk berücksichtigt sind:

1. Grundformen des Rückgangs.  
Brandungswand — Brandungsplatte.
2. Grundform des Transportes.  
Vorstrand.
3. Grundformen des Aufbaues.  
Sandriff — Strandwall.  
Delta.
4. Folgeformen der Flachlandsküste.  
Längsbauf orm: Lido — Lagune.  
Vorbauform: Strandwallebene — Deltavorbau.  
Rückgangsform: Kliffreihen- (Falaisen-) Küste.
5. Folgeformen der gebuchteten Küste.  
Längsbauf orm: Haken — Haff — (Buchtdelta).  
Vorbauform: Inselnehrung — Höftland.  
Rückgangsform: Ausgleichsküste.

Der Raum verbietet es, hier auf die genauen Definitionen und die Umbildungen der Formen einzugehen, wie sie sich in meinem genannten Buch in aller Ausführlichkeit entwickelt finden. Nur einer Gruppe von Küstenformen sei noch gedacht, das sind die vom Winde erzeugten, die **Küstendünen**.

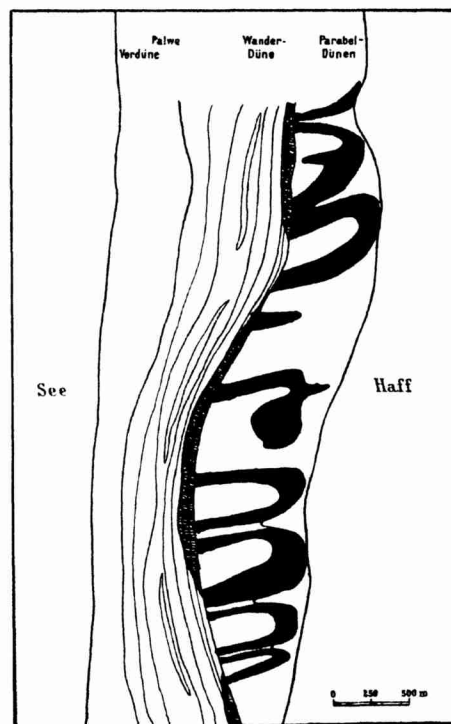
Überaus mannigfaltig, verwirrend ist die Formenfülle derselben, wenn man die verschiedenen Dünenküsten Europas überschaute. Von kleinen Sandhaufen am Strande bis zu den 80 m hohen Sandbergen der Arenas Gordas und Landes finden sich alle möglichen Zwischenstufen. Den Weg in das Gewirr hinein haben die Untersuchungen des Kieler Botanikers **Reinke** gewiesen, deren Ergebnisse ich überall in Europa bestätigt fand. Die Küstendünen sind demnach ein Produkt von Pflanze, Wind und Sand, und die Pflanzen sind bis in späte Stadien hinein an der Gestaltung beteiligt, so daß sie unter europäischen Verhältnissen mit der Zeit jede Windwirkung zunichte machen.

Nun sind aber gerade die größten Dünenformen, die Wanderdünen, gänzlich vegetationslos, müssen also anders erklärt werden. So ging ich systematisch den Umformungen der Dünen nach und fand meine Hypothese bestätigt, daß zwischen den Dünenformen und dem Zustand der Küste, an der sie sich befinden, gewisse Beziehungen bestehen.

Es erschien nach den Vorversuchen nicht angängig, so rasch wechselnde Formen, wie sie die Dünen aufweisen, mit säkularen Hebungen und Senkungen direkt in Beziehung zu setzen. Vielmehr kann man nur dann hoffen, zu einem brauchbaren Resultat zu kommen, wenn sich die Reihe der Dünenumbildungen mit der Reihe der Küstenumbildungen im Ablauf der Entwicklung verbinden läßt.

Die Dünenneubildungen, wie sie **Reinke** beschrieben hat, finden sich an der Nordsee und anderswo auf großen Sandflächen. In Amrum liegen diese Sandflächen westwärts von dem Hauptkörper der Insel und grenzen im Osten gegen ein früheres Kliff, das, wie bereits erwähnt, in den Diluvialkörper der Insel eingeschnitten ist und zwischen den Dünen stellenweise sichtbar wird. Das Ufer hat sich hier also zum Meere hin verschoben, die Sandanlagerung bot Raum für Neubildungen und Vordüne. Ähnlich steht es auf Röm und Fanö. Die Aufbauformen der Reihe Zungenhügel — Vordüne — Vordünensystem mit den dazu gehörigen Zerstörungsformen Windrifs — Haldendüne — Kupste, sind also sandigen Anschwemmungsküsten zugeeignet. Wir finden sie daher auch überall, wo überhaupt die Möglichkeit einer Dünenbildung besteht, an solchen Küsten verbreitet. Es genügt, an das wunderschöne Beispiel der Dünen der Swinepforte zu erinnern, das **Solger** kürzlich ausführlich dargestellt hat. Es sind das die Jugendstadien der Dünenentwicklung überhaupt.

Sitz der größeren Dünenumbildungen, die zur Reife führen, sind diejenigen Küsten, bei denen die Vertiefung des Meeresbodens vor dem Ufer durch die Brandung so weit fortgeschritten ist, daß nunmehr das Land selbst angegriffen wird. Das vom Meer geschaffene Dünenkliff bietet dem Wind Sandmassen und Wundstellen von erheblicher Ausdehnung, die alsbald zu starken Umbildungen im Dünengebiet führen. Die Parabeldüne, die Strichdüne und die Wanderdüne sind die Dünenformen der Reife, die



Abbild. 52. Skizze der älteren und jüngeren Dünengeneration der Kurischen Nehrung bei Schwarzort, zum Teil nach eigenen Aufnahmen. 1:50000.

für rückschreitende Küsten bezeichnend sind; sie sind die höchsten Sandberge und im Relief am meisten mannigfaltig, für den Menschen durch ihre Wanderung und die lebhaften Verwehungen vom Ufer her am meisten schädlich.

Im einzelnen ergaben sich die meisten neuen Gesichtspunkte bei der Untersuchung der großen Dünenformen. Die Parabeldüne Jütlands, wie sie als Typus aufgestellt wurde, ist aus einer randlich von der Vegetation festgehaltenen Wanderdüne hervorgegangen, hat mit der Windmulde



und zugehörigen Haldendüne nur eine rein äußerliche Ähnlichkeit, sonst nichts mit ihr zu tun.

Die Wanderdünen ihrerseits sind immer aus älteren Dünensystemen anderer Formengruppen dadurch hervorgegangen, daß die Vegetation auf ihnen vernichtet wurde, sei es durch das Eingreifen des Menschen, sei es infolge einer Klimaänderung. Überall finden sich landseitig der Wanderdünen noch Reste der älteren Dünen, so in den Arenas Gordas und in den Landes. Die Bestätigung dieser Anschauung erbrachte mir eine erneute Untersuchung der Kurischen Nehrung am Schluß meiner Studien. Im Schwarzortter Walde finden sich von der Grickinn bis an den südlichen Waldrand ausgesprochene Bogendünen, die nach Westen geöffnet sind (Abbild. 52). Die beste zur Zeit zur Verfügung stehende Karte, eine photographische Kopie des Meßtischblattes (Band VI Blatt 5) Schwarzort von 1859, läßt diese Formen erkennen, wenn man sie vorher in der Natur festgestellt hat. Die Kämmen laufen annähernd Ostwest, sind zum Teil modellartig scharf und schön ausgebildet. Am Ostende jedes Bogens bis an das Haff vorgeschoben liegen die größten Höhen, in die Senken zwischen zwei benachbarten Bögen schieben sich die einzelnen Ortsteile vom Schwarzort. Der Sand dieser Dünen ist allgemein infolge beginnender Ortsteinbildung braun gefärbt, stellenweise stark verkittet. Die Vegetation ist üppig. Diese Dünen nehmen einen 500 bis 750 m breiten Streifen ein, werden dann von der Wanderdüne verschüttet. Das Gleiche gilt für Nidden.

Hier im Schutz des Waldes, genau an den beiden Stellen, an denen der Wald selber seiner Zerstörung entgangen ist, haben sich auch die Reste der alten Dünen erhalten, die bisher der Beachtung entgangen sind, trotzdem die Kurische Nehrung so oft untersucht und dargestellt worden ist.

Die Entwicklung und Umbildung der Dünen ist aber mit diesen Formen nicht abgeschlossen. Greift die Meerestätigkeit auch ihren Sockel an, so entwickelt sich der Typus der „aufgesetzten Dünen“, der im wesentlichen Parabeln und Wanderdünen zeigt. Ist die Küste schließlich voll reif, so können nur mehr solche aufgesetzten Dünen vorkommen — ein Stadium, dem die Küste der Landes einigermaßen nahe kommt; da der Sandvorrat jetzt kaum noch mehr eine Vermehrung erfährt, im Gegenteil durch Verwehung und Liegenbleiben Verluste, so eröffnet diese Form die Reihe der Alterserscheinungen. Die ganze Nordsee-Küste mit ihrem in dauernd frischer Umbildung begriffenen Dünengürtel, den das Meer überall angreift, bietet Beispiele für diese Beziehungen zwischen erreichtem Stadium und Form der Dünen.

Das eigentliche Altern der Dünen vollzieht sich unter Eingriff der Vegetation durch die Ortsteinbildung. Der Ortstein ist ein meist bräunlich

gefärbter, durch humose Stoffe verkitteter Sandstein, also ein Humus-sandstein. Seine Entwicklung beruht auf der Bedeckung des Bodens mit dem Rohhumus der Vegetation, der auf Sand bei Heidevegetation als deutlich erkennbare und sich abhebende Decke von dunkler Farbe ausgebildet ist. Durch die Niederschläge werden die Humussäuren in den Boden geführt, wo sie unter Luftabschluss durch die Decke stark zersetzend einwirken. Die damit verbundene Auswaschung schreitet nach der Tiefe zu fort; wo nun die Säuren mit löslichen Salzen im Boden in Berührung treten, da werden sie zur Ausfüllung gebracht, und die einzelnen Körner des Bodens überziehen sich mit einer dünnen Schicht organischer Stoffe, die sie meist braun färbt. Die höher liegenden Bodenschichten, die ausgewaschen sind, nehmen eine graue Farbe an und werden als „Bleichsand“ bezeichnet. Unterhalb setzt mit der Zeit eine Verkittung ein, die den Boden äußerst fest und widerstandsfähig machen kann. Die Tiefe der Ortsteinlage und ihre Mächtigkeit schwanken sehr; im allgemeinen ist sie an den Hängen von Erhebungen mächtiger als auf ihrer Höhe. Der voll ausgebildete Ortstein, wie ihn besonders die Jütische Halbinsel aufzuweisen hat, ist für Wasser schwer durchlässig und bereitet der Vegetation so große Schwierigkeiten, daß schließlich nur noch dürrtige Heide auf ihm fortkommt.

Aus Dünengebieten liegen viele Beobachtungen über Ortstein vor, wenn mir auch in umfangreichem Maß durch Ortstein festgelegte Küstendünen nicht bekannt sind, da die Verfestigung der älteren Dünen auf der Kurischen Nehrung noch keineswegs weit vorgeschritten war. Es ist aber kein Zweifel möglich, daß diese Bannung an einen bestimmten Platz das Altersstadium der Dünen vorstellt.

Versuche ich zum Schluß eine allgemeine *Z u s a m m e n f a s s u n g* und Ordnung der Resultate in der Frage der Niveauschwankungen, so kann ich folgendes sagen: Die gefundenen Bewegungen sind solche des Landes, nicht des Meeresspiegels. Die Westküste Portugals mit den dort genau diskutierten verschiedenen Meeresständen weist wie alles andere zwingend darauf hin.

Trotzdem ist in den großen Zügen eine Bewegungstendenz so zu erkennen, daß mit Ausnahme von Nord-Jütland alle von mir untersuchten Küsten Senkungsküsten sind, manche aber auch jüngere Hebungserscheinungen zeigen, die das Maß der Senkung noch nicht haben ausgleichen können. Die Hebungen setzen nach der Quartärzeit ein. Von Nord-Jütland an nach Norden herrscht dann ausschließlich die Hebungsküste. Es sieht so aus, als ob hier im Bereich der nordeuropäischen Vereisung der Boden seit dem Schwinden des Eises sich allmählich hebt, also während derselben niedergedrückt gewesen sei. Ein Niederdrücken hier muß zu einer Auf-