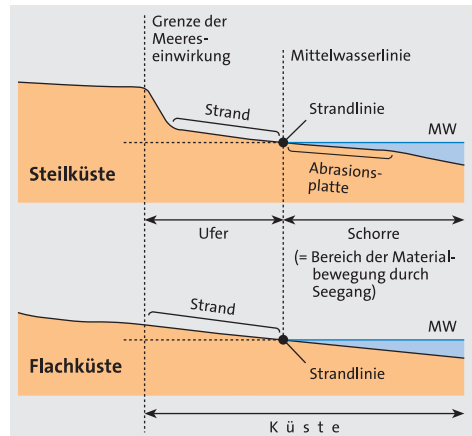


## Entstehung und Formung von Küsten und Meeren

### Küstenmorphologische Grundbegriffe

Nach Hans Kugler, Daniel Schaub, in: Manfred Hendl, Herbert Liedtke (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie. Gotha: Perthes 1997, S. 210



Die Küsten bilden den Grenzsaum zwischen Meer und Festland, dessen Gestaltung von vielen Faktoren abhängt. Von See her wirken Wellen und die Gezeiten auf das Land ein und tragen zur Modellierung des Küstenverlaufs bei. Je höher die Wellenenergie, desto mehr Material wird abgetragen, der Küstenverlauf verlagert sich binnenwärts. Eine geringere Wellenenergie, beispielsweise in geschützten Buchten, führt oft zu Materialakkumulation. Zu den landwärtigen Komponenten der Küstenformung zählen die Härte des Gesteins, die tektonische Struktur, aber auch die klimatischen Bedingungen. Je nachdem ob Material abgetragen oder abgelagert wird, entstehen Abrasions- oder Akkumulationsküsten.

### Kliffbildung und Abtragung

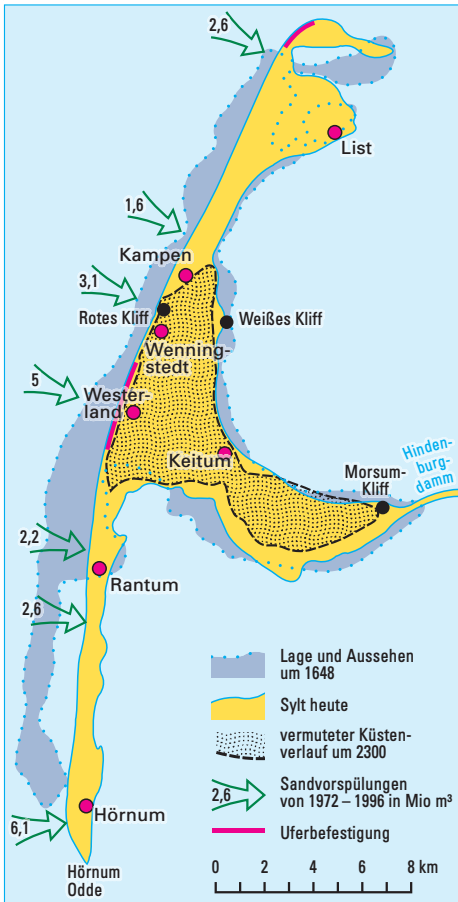
Während die Sedimentumlagerungen an **Flachküsten** im Landschaftsbild mitunter nur schwer abzulesen sind, dokumentieren Kliffküsten die Kräfte des Meeres eindrucksvoll. Trifft die See auf ansteigendes Gelände und widerstandsfähiges Material, kommt es zur Herausbildung von **Steilküsten**. Als „Angriffswaffen“ stehen der Brandung Gerölle, Kiese und Sande zur Verfügung, die bei stärkerem Seegang immer wieder gegen das ansteigende Land geschleudert werden. Nach und nach wird der ansteigende Fels am Klifffuß, dem Bereich zwischen mittlerer Hoch- und Niedrigwasserlinie, gelockert, bis das Meer schließlich einzelne Gerölle aus dem Gesteinsverbund herauslöst. Auch

### Wellenbewegung und Brandung

Nach Frank Press, Raymond Sievers: Understanding Earth, 2. Aufl. New York: W. H. Freeman 1998, S. 422 f.



### Veränderung der Insel Sylt



### Küstenformen und ihre Entstehung

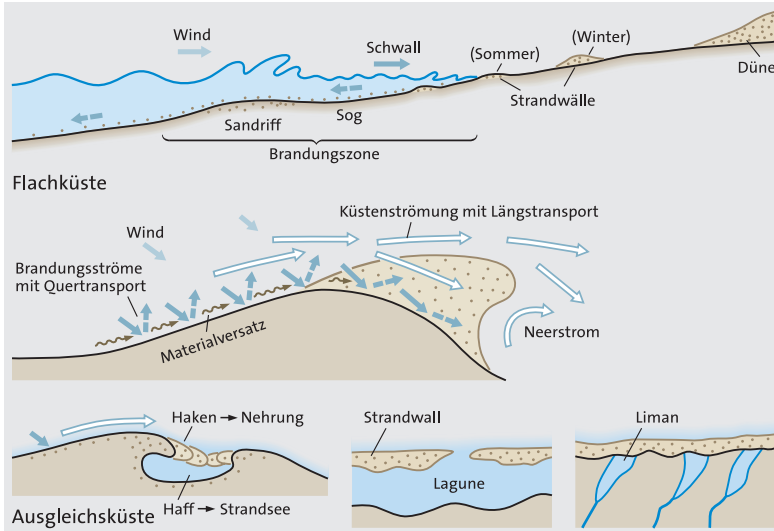
Nach Hans Kugler, Daniel Schaub: a.a.O., S.209

Genetischer Prozess		Präexistentes Relief	Küstentyp	
Transgression	Abtragung, Kliff- und Schorrenbildung	Trogtäler	Fjordküste	Steilküste
		subglaziäre Rinnentäler und Zungenbecken	Fördenküste	
		Rundhöcker	Schärenküste	
		fluviale Gebirgstäler	Riasküste	Steilküste
Abtragung, Auflandung	Grund- und Endmoränenrelief / breite Zungenbecken		Boddenküste	
		Wirkung von Gezeitenströmen	Flachtäler großer Tieflandsflüsse	Ästuarküste
Transgression, Regression	Auflandung im Gezeitenbereich unter Mitwirkung der Vegetation		Wattküste	Flachküste
			Mangrovenküste	Flachküste
		biogener Küstenaufbau		Korallenriffküste

die bloße Druckkraft der in Klüfte und Spalten eindringenden Wellen sowie die Verwitterung durch salziges Spritzwasser lockern den Fels. Der fortwährende Angriff der Brandung führt zur Unterschneidung des **Kliffs**, bis schließlich das überhängende Gestein abbricht. Schrittweise wird die Kliffkante binnenwärts verlegt, bis sie schließlich nicht mehr regelmäßig von den Brechern erreicht wird. Das aktive Kliff geht dann in ein passives oder „fossiles“ Kliff über. Nun wirken nur noch die Verwitterungskräfte des Festlandes und der Neigungswinkel der Steilkante verringert sich. Ferner können tektonische Hebungen Kliffs dem marinen Einfluss entziehen. Bei anhaltender Hebung sind dem so entstandenen fossilen Kliff häufig ein oder mehrere marine Terrassen vorgelagert, die ihrerseits entweder Hebungsvorgänge oder Meeresspiegelschwankungen dokumentieren.

### Entstehung von Flachküste und Ausgleichsküste

Nach Manfred Hendl, Herbert Liedtke: a. a. O., S. 212



### Haffküste bei Danzig (Frisches Haff), Blick von Norden



## Ingressions- und Ausgleichsküsten: Fallbeispiel Ostsee

Im Gegensatz zur Nordsee ist die Ostsee ein gezeitenschwaches Binnenmeer ohne die weiten, bei Ebbe trockenfallenden Wattflächen. Der Tidenhub beträgt nur wenige Dezimeter. Auch hinsichtlich ihrer Entstehung und der gegenwärtigen Formenbildung unterscheiden sich beide Meere und ihre Küsten deutlich voneinander.

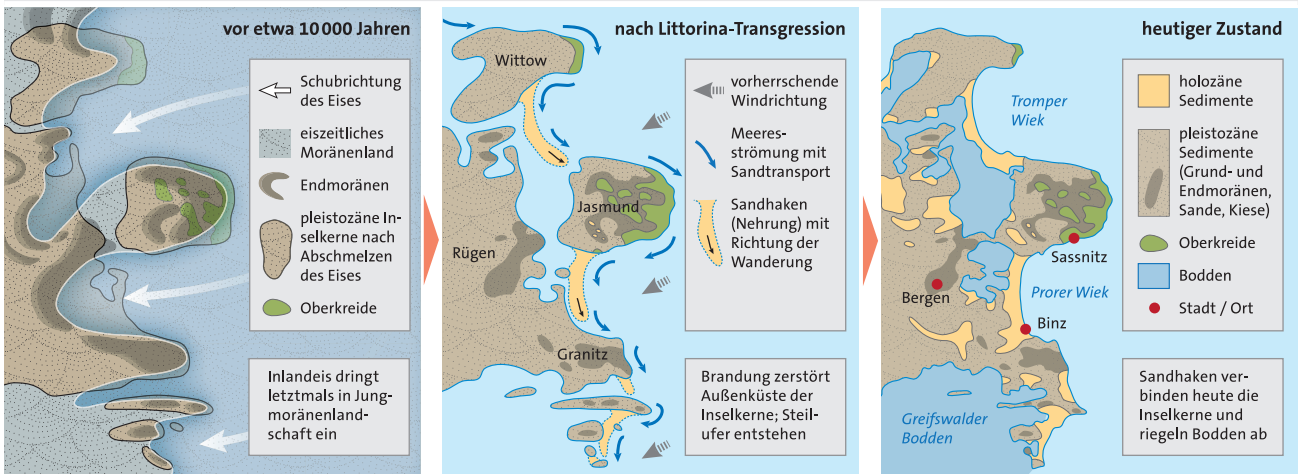
### Küstenformen der Gegenwart

Im Zuge der Eiszeiten entstand im Bereich der heutigen südlichen Ostseeküste zunächst ein leicht hügeliges Relief, geprägt von End- und Grundmoränen. Aufgrund isostatischer Ausgleichsbewegungen senkte sich die Landoberfläche geringfügig ab. Bedingt durch den holozänen Meeresspiegelanstieg stieß die Ostsee nach dem Niedertauen der Gletscher in die eiszeitlich geprägten Gebiete vor (Transgression). Dort wo Täler und Schmelzwasserrinnen überflutet wurden, entstanden trichterförmige Buchten wie die Flensburger Förde. Drang das Meer in hügelige Moränenlandschaften ein, bildete sich die **Boddenküste**, an der nur die höheren Erhebungen als Inseln oder Halbinseln aus dem Meer ragten. Damit war die Formung der **Ingressionsküste** noch nicht abgeschlossen, denn Wind und Wellen sorgen seither für eine Umlagerung erheblicher Sedimentmengen. Die vorherrschenden Westwinde bewirken eine küstenparallele Strömung, mit der Sandteilchen nach Osten transportiert werden. Das verfrachtete Material wird an Landvorsprüngen abgelagert und baut Strandhaken auf, die als Nehrungen weiter nach Osten wachsen. Buchten, die dabei vom offenen Meer abgeschnürt werden, bezeichnet man als Haff.

### Ein Meer entsteht

Weite Teile der Landoberfläche des heutigen Mecklenburg-Vorpommern wurden während der Weichseleiszeit durch glaziale Prozesse überformt. Mit dem Niedertauen der Gletscher bildeten sich größere Süßwasserstauseen zwischen den festländischen glazialen Vollformen und dem im Norden liegenden Eiskörper, der das heutige Ostseebecken noch weitgehend ausfüllte. Nach

## Entstehung der Boddenküste von Rügen



und nach dehnte sich die transgredierende Ostsee in die zahlreichen Becken und Hohlformen eiszeitlichen Ursprungs aus. Im Hinblick auf die Ostseentwicklung werden üblicherweise vier Stadien ausgewiesen:

**Baltischer Eisstausee.** Vor etwa 13000 Jahren sammelte sich hinter einer mächtigen Eisbarriere Schmelzwasser der abtauenden Inlandeismassen im sogenannten Baltischen Eisstausee. Als die Eisbarriere vor ca. 10000 Jahren niedertaute, lief der Eisstausee in Richtung Nordsee aus.

**Yoldiameer.** Erstmals besaß damals die spätere Ostsee über die Mittelschwedische Senke direkten Anschluss an die salzhaltige Nordsee, sodass für einige Jahrhunderte salzhaltiges Wasser in die Ostseesenke vordringen konnte. Die Küste des Yoldiameeres (benannt nach der Leitmuschel *Yoldia Arctica*) verlief aber noch nördlich der heutigen Küstenlinie.

**Ancylussees.** Aufgrund der kräftigen glazialisostatischen Aufstiegsbewegung Skandinaviens wurde jedoch vor ca. 9500 Jahren der Zufluss salzhaltigen Wassers abgeschnürt. Eine Aussüßung durch die in das Becken entwässernden Flüsse setzte ein. Der steigende Seespiegel des Ancylussees (benannt nach der Leitschnecke *Ancylus*

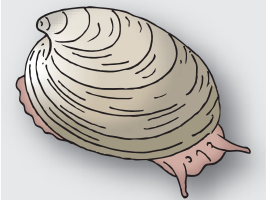
fluviatilis) drang in sämtliche unter  $-8\text{ m NN}$  gelegene Gebiete vor. An den Rändern des Sees kam es durch den steigenden Grundwasserspiegel zu Moorbildungen.

**Littorinameer.** Der kräftige Meeresspiegelanstieg nach dem Ende der letzten Kaltzeit führte dazu, dass die Landbrücke zwischen Norddeutschland und Skandinavien immer kleiner wurde. Vor 8500 bis 8000 Jahren konnte das Meer diese Landbrücke überspülen und sich in Richtung Osten ergießen. Dieses Ereignis wird als Littorina-Transgression (benannt nach der Strandschnecke *Littorina Littorea*) bezeichnet und leitete die Bildung der heutigen Ostsee ein.

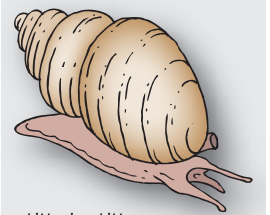
Wie an der Nordsee führte der deutliche Meeresspiegelanstieg im Atlantikum auch in den später überfluteten Zonen der südlichen Ostsee zur Ausbildung weiter Transgressionsmoore. Nachfolgend (bis 5700 vor heute) drang die Ostsee bis weit in das eiszeitlich angelegte Relief des Hinterlandes ein. Erst im nachfolgenden Subboreal begannen abrasive und akkumulative Prozesse die Küste nachhaltig zu gestalten. Das vorläufige Resultat dieser Entwicklung bildet die heutige, noch immer im Wandel befindliche, Küstenmorphologie der Bodden- und **Ausgleichsküsten**.

### Leitfossilien:

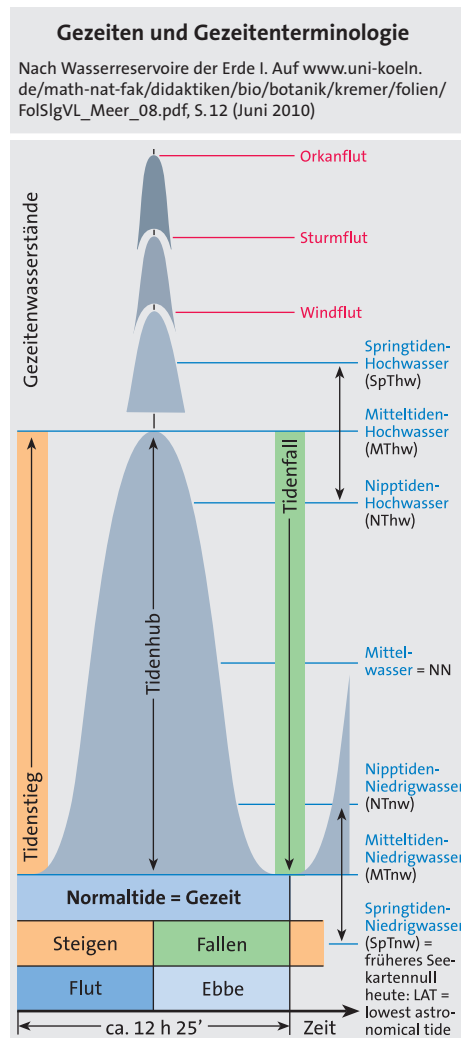
Schnecken geben Auskunft über die Paläoökologie der Ostsee



*Ancylus fluviatilis*  
(Süßwasser)



*Littorina littorea*  
(Salzwasser)



## Küste in täglichem Wandel – Die norddeutsche Wattenküste

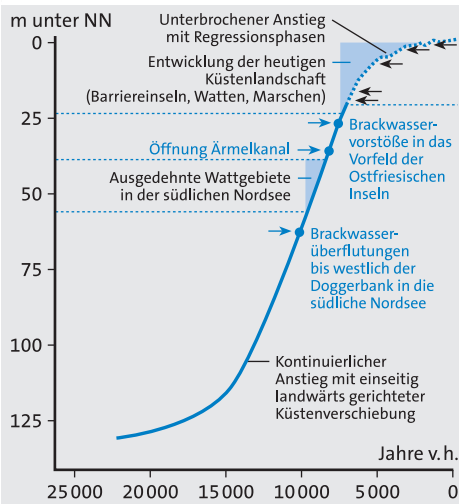
Auf den zweiten Blick entpuppt sich die vielleicht eintönig braun und langweilig wirkende **Wattenküste** als ein einzigartiger Lebensraum für viele seltene Tier- und Pflanzenarten. Unter anderem deshalb wurde sie Mitte der 1980er Jahre zum Nationalpark erklärt.

Neben den vielfach verzweigten Rinnen und Prielen haben die Wellen filigrane Rippelmarken in den Sand gezeichnet. Auch die üppige Fauna hinterlässt, wie z.B. der Wattwurm *Arenicola marina*, markante Spuren (Foto 14).

Die wohl erste Beschreibung der deutschen Nordseeküste liefert der römische Schriftsteller und Offizier Gaius Secundus Plinius in seiner Naturgeschichte, in der es unter anderem heißt: „In ungeheurem Andrang stürzt dort in einem Zeitraum von Tag und Nacht zweimal das Meer heran, breitet sich ins Unermessliche aus und bedeckt einen ewig in der Natur strittigen Raum“. Treffend beschreibt Plinius bereits vor rund 2000 Jahren das zyklische Auftreten der Tide, die für die Formung des Watts von entscheidender Bedeutung ist. (siehe Seite 66) An tidebeeinflussten Flachwasserbereichen wie der deutschen Nordseeküste wird nicht nur Material abgetragen, sondern auch abgelagert, was zur Ausbildung der weiten sandigen und schlickigen Wattflächen führt. Das

### Meeresspiegelanstieg der Nordsee im Weichsel-Spätglazial und Holozän mit Angaben zur Entwicklung des niedersächsischen Küstenraumes

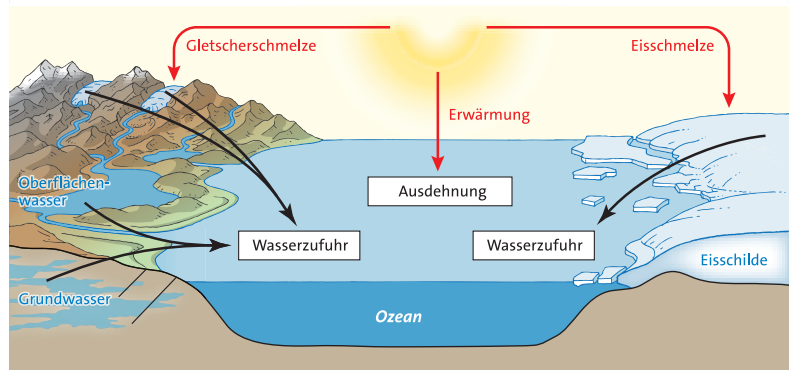
Nach Holger Freund, Hansjörg Streif: Natürliche Pegelmarken für Meeresspiegelschwankungen der letzten 2000 Jahre im Bereich der Insel Juist. In: Peterm. Geogr. Mitt., 134. Jg., Pilotheft. Gotha: Klett-Perthes 2000, S.35



Wattenmeer in seiner heutigen Form ist das Ergebnis eines seit Jahrtausenden andauernden Landschaftswandels mit einem dynamischen Ablauf von Abrasion und Akkumulation.

Während der Weichseleiszeit verlief die Nordseeküste mehrere hundert Kilometer weiter westlich, doch verlagerte sich die Küste im Zuge des Meeresspiegelanstiegs immer weiter nach Osten. Dabei wurde Material abgelagert und das heutige Wattenmeer wuchs stetig. Noch bis ins Mittelalter hinein waren weite Gebiete zwischen den Nord- und Westfriesischen Inseln Festland, doch verheerende Sturmfluten sorgten für Landverluste. Erst durch moderne Deichbauten konnte die Gefahr verheerender Überschwemmungen minimiert werden.

### Mögliche Ursachen für einen Meeresspiegelanstieg



Dennoch wirken im „amphibischen Übergangsbereich“ nach wie vor die gewaltigen umlagernden Kräfte des Meeres, denen sich auch der moderne Mensch trotz größter technischer und finanzieller Aufwendungen immer wieder stellen muss.

## Flussmündungen ins Meer – Ästuarie und Deltas

Die heute vorfindbaren Flussmündungen sind geologisch sehr junge Formen, da sie erst nach der letzten Kaltzeit entstanden. Damals führte das Abschmelzen der Gletscher zu einem deutlichen Anstieg des Meeresspiegels. Die Unterläufe der Flüsse, deren Mündungen damals teilweise mehrere hundert Kilometer weiter seewärts lagen, wurden überflutet. Als häufig vorkommende Flussmündungsformen bildeten sich im Laufe der Zeit **Ästuarie** und **Deltas** heraus.

### Ästuarie

Bei den Ästuarie handelt es sich um Trichtermündungen von Flüssen im Einflussbereich der Gezeiten. Sie entstehen an Flachküsten mit großem Tidenhub. An der Nordsee zählen zu den Ästuarie die Mündungen von Elbe, Weser und Themse. Besonders eindrucksvoll sind aber die bis zu 30km breiten Mündungsarme des Amazonas.

Ästuarie werden unter dem Einfluss des bei Ebbe und Flut ein- und ausströmenden Wassers gebildet, wobei die Flussmündung trichterförmig erweitert wird. Das schwere Salzwasser dringt bei Flut von der See her keilförmig in den Fluss vor und wird vom Süßwasser des Flusses überlagert. Dabei werden durch den starken Flutstrom das Flussbett und die Ufer erodiert. Die Sedimente werden flussaufwärts transportiert. Dieses Material kann durch den meist schwächeren Ebbestrom nicht wieder komplett abtransportiert werden. So entstehen Sandbänke, die für die Schifffahrt hinderlich werden können. Die an den Ästuarie meist weit im Landesinneren liegenden Häfen (z.B. Hamburg, Bremen, London) müssen daher regelmäßig ausgebaggert werden.

Aufgrund der Coriolisablenkung fließt das Meerwasser bei Flut auf der Nordhalbkugel stärker am linken Flussufer aufwärts, dort finden sich deshalb die Steilufer. Bei Ebbe fließt das Wasser mehr am rechten Ufer wieder ins Meer zurück, dort dominieren die Sandbänke. Auf der Südhalbkugel ist es umgekehrt.

### Deltas

Ein Delta kann nur entstehen, wenn die Sedimentzufuhr des Flusses größer ist als die Abtragung im Mündungsbereich. Die größten Deltas können sich im Bereich gezeitenschwacher, tektonisch stabiler Flachwasserküsten ohne nennenswerte Meeresströmungen im Mündungsbereich bilden. Diese idealen Voraussetzungen treffen jedoch selten alle zusammen, sodass quasi alle Deltas in Bezug auf ihre Genese individuell charakterisiert werden müssen.

Jedes Delta besteht aus einem Netz weit verzweigter Arme. Wegen der Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit wird dort das mitgeführten Sediment, meist tonig-schluffiges Material, abgelagert. Die entstehenden Schwemmkegel schieben sich so weit seewärts vor, bis die marine Abrasion die Sedimentation übersteigt. Nicht nur die Menge und die Größe des vom Fluss herantransportierten Materials sowie die Intensität der Gezeiten bestimmen die Größe und die Wachstumsgeschwindigkeit eines Deltas, sondern auch die tektonischen Verhältnisse im Mündungsbereich. Sowohl ein schneller, steiler Abfall des submarinen Schelfbereiches, als auch eine tektonisch bedingte Senkung des Küstenraumes wirken sich negativ auf die Deltabildung aus. Insbesondere die Anzahl der Mündungsarme bestimmt die Breite eines Deltas.

**aestuarium** (lat.)

niedere Flussmündung