



## 2.2 Ebbe und Flut an der deutschen Nordseeküste

*Satellitenbilder zeigen den Wechsel zwischen Ebbe und Flut sowie die Ausdehnung von Watt, Marsch und Geest.*

### 2.2.1 Sachinformation

#### a. Die Satellitenbilder und ihre Aufbereitung

Die vorliegende Bildsequenz umfasst vier Quicklooks von Satellitenbildern des IRS1-C. Alle diese **Quicklooks** sind im Beitrag „Satellitenbilder im Internet“ gespeichert. Dargestellt ist die Küstenregion zwischen Norderney und Wilhelmshaven. Ausschnitte der Quicklooks **M 44** (Ebbe) und **M 45** (Flut) liegen als **Bilder** vor. Als Orientierungsgrundlage dient das Interpretationsbild: Deutsche Nordseeküste zwischen Norderney und Wilhelmshaven bei Ebbe. Da die panchromatischen Aufnahmen eine Pixelgröße von ca. 170 x 170 m haben, sind ihre Bildraster relativ grob. Aus diesem Grund sind Objekte, die unter dieser Pixelgröße liegen, wie z. B. Priele, Deiche, Kanäle, Schiffe oder kleine Siedlungen, kaum im Satellitenbild identifizierbar. Die Bedeutung dieser Quicklooks liegt deshalb in ihrer Verwendung für einen landschaftsräumlichen Überblick und im relativ leichten und kostengünstigen Zugriff über das Internet.

#### b. Bildaussage

**Das Watt:** Bei Niedrigwasser (Ebbe) sind die Ostfriesischen Inseln über ihre Rückseitenwatten (1) mit dem Festland verbunden. Der Hohe Weg zwischen Weser- und Jadefahrwasser ist als offenes Watt (2) seeseitig nicht durch Düneninseln geschützt; auch er fällt bei Ebbe weitgehend trocken, ebenso die Buchtenwatten (3) des Jadebusens. Der Tidenhub beträgt nahe Wilhelmshaven 3,5 m bis 4 m.

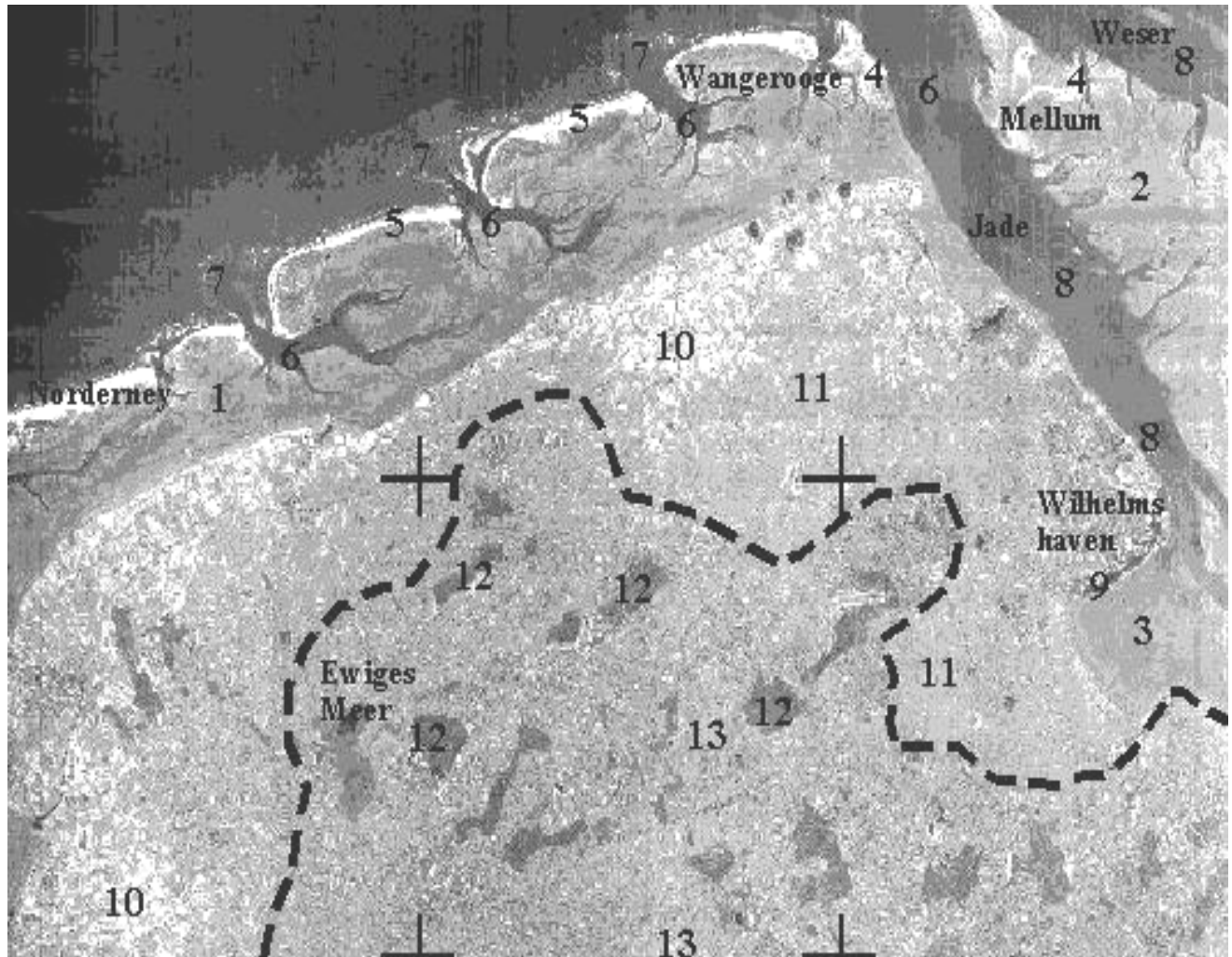
Die großen, bei Ebbe trockenfallenden Areale des Wattenmeers (**1-3**) zwischen der Tidenniedrig- und der Tidenhochwasserlinie bezeichnet man als **nassen Strand**. Nur an den allerhöchsten Stellen des nassen Strands trocknet der Untergrund bei Ebbe so aus, dass der Wind den Sand verlagern kann. Wie aus dem Grauton zu schließen, bleibt der Wattboden im Bereich des nassen Strands nahezu überall so durchfeuchtet, dass für die Geomorphologie des Watts hauptsächlich die erosive Wirkung des Ebbstroms verantwortlich ist. Der nasse Strand ist vegetationsfrei. Über der mittleren Tidenhochwasserlinie folgt auf den nassen Strand der **trockene Strand**; er reicht bis zum Dünenfuß bzw. bis zum Deich und wird nur gelegentlich – insbesondere bei Sturmflut im Winter und bei Springfluten – überschwemmt. Trockener Strand (**4**) ist auf dem Bild nur kleinflächig erkennbar, z. B. an hellen Grautönen im Bereich der Insel Mellum und östlich von Wangerooge. Der trockene Strand wird wie die auf der Meerseite der Ostfriesischen Inseln anschließenden **Dünen** äolisch geformt. Das Dünenareal (**5**) zeigt die hellsten Grautöne der Aufnahme. Die einzelnen Dünen sind jedoch aufgrund des Abbildungsmaßstabs nicht aufgelöst. Vielfach breiten sich im Deichvorland auf dem trockenen Strand Salzwiesen aus, die salztolerante Gräser und Kräuter aufweisen.

Eine Vielzahl größerer und kleinerer **Rinnen** durchziehen das Wattenmeer. Aufgrund des Abbildungsmaßstabs sind nur Großformen, die Seegaten (**6**) aufgelöst; zur See hin erreichen sie Tiefen von über 20 Meter. Man erkennt solche tiefen Rinnen im Mündungsbereich der Flüsse Jade und Weser am dunklen Grauton. Jede Rinne zwischen den Ostfriesischen Inseln endet meerseitig mit einem **submarinen Delta** (**7**), das sich als halbkreisförmige Untiefe abzeichnet: Hier wird das mit dem Ebbstrom abgeführte Sediment im nicht von der Tidenströmung beeinflussten Wasser abgelagert.

Vom offenen Meer bis Wilhelmshaven führen um ca. 15 m tiefe und relativ breite **Fahrrinnen** (**8**), die auch bei Ebbe von Hochseeschiffen zu nützen sind. An der Jaderinne reicht zur Freihaltung der Fahrrinne weitgehend die erosive Kraft der großen ein- und ausfließenden Wassermassen des Jadebusens. Die Landgewinnung im Jadebusen wurde deshalb schon im 1883 eingestellt, als man den Tiefwasserhafen in Wilhelmshaven anlegte. Seine für Hochseeschiffe geeigneten Hafenbecken (**9**) heben sich dunkelgrau gegen die Watten ab.

### M 43: Interpretationsbild

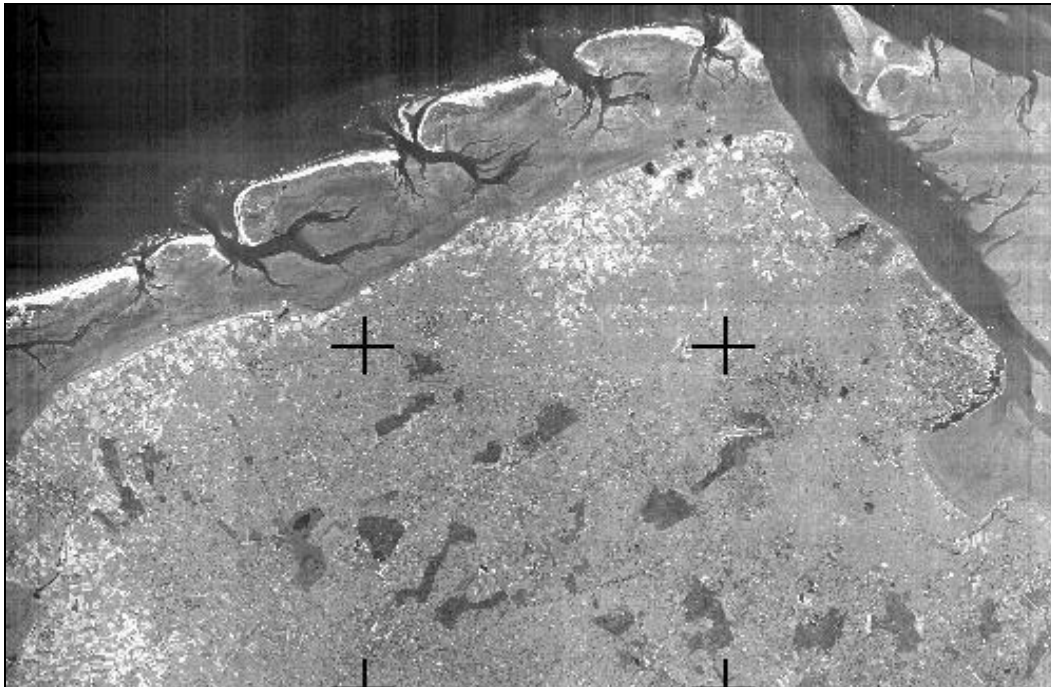
Küstenregion zwischen Norderney und Wilhelmshaven bei Ebbe



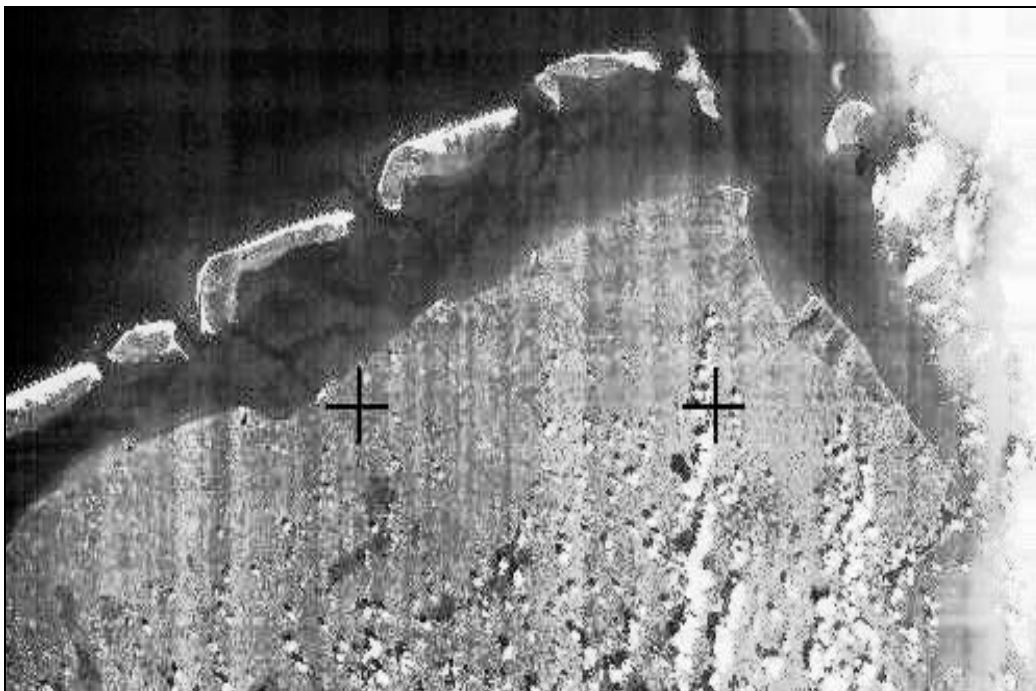
Legende	
1	Rückseitenwatten der Ostfriesischen Inseln
2	offenes Watt zwischen Weser und Jade, sog. Hoher Weg
3	Buchtenwatten des Jadebusens
4	trockener Strand
5	Dünenareal auf den Ostfriesischen Inseln
6	Seegaten
7	untermeerisches Delta an der Mündung der Seegaten
8	Jade- und Weserfahrwasser für Hochseeschiffe
9	Hafenbecken für Hochseeschiffe in Wilhelmshaven
10	Ackerland der Marschen auf jüngsten, d. h. am höchsten gelegenen Poldern
11	Grünland der Marschen auf älteren, d. h. auch gesackten Poldern
12	Waldreste der Geest
13	Grünland der Geest
--	ungefähre Grenze Marsch – Geest

**Bilder:** Quicklooks "Ebbe" vom 09.05.1996 und „Flut“ vom 19.07.1997  
Copyright: Firma Euromap GmbH, Kalkhorstweg 53, 17235 Neustrelitz

**M 44:** "Ebbe" vom 09.05.1996



**M 45:** „Flut“ vom 19.07.1997





**Marsch und Geest:** Das Meer ist heute durchgehend mit einem ca. 10 m hohen, an der Basis etwa 30m breiten **Deich** gegen das Festland abgegrenzt – Deichbauten sind aufgrund der Bildauflösung der Quicklooks allerdings nicht erkennbar. Die Deichlinie bildet auch die landseitige Grenze des Nationalparks Wattenmeer. Durch den Deich vor Überflutung, insbesondere vor Sturmfluten geschützt, folgt landeinwärts die Marsch, Anschwemmungen aus Feinsand und Schlick, die für jede Flachküste mit starken Gezeiten charakteristisch sind. Die **höchstgelegenen Marschflächen (10)** schließen unmittelbar an den Deich an, weil es aufgrund des nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstiegs einerseits zu immer höheren Auflandungen kam und andererseits in den Poldern mit zunehmendem Alter Sackungen und Verdichtungen stattfinden. Die jüngsten Polder, hoch und damit trocken gelegen, liefern hervorragendes Ackerland (10). Es ist infolge der hellgrauen Signatur leicht ausscheidbar, da die Äcker im September abgeerntet sind oder zumindest keine aktive Vegetation mehr aufweisen. Die **ältesten Bereiche der Marsch (11)** liegen tiefer, sind deshalb oft vernässt und daher nur als Grünland nutzbar.

Der in den Quicklookaufnahmen sichtbare Farbton- und Strukturwechsel erlaubt eine grobe Abgrenzung der Marsch gegen die höher gelegene, trockene **Geest** (in **M 43** gestrichelt eingetragen). Diese meist sandigen pleistozänen Ablagerungen sind wenig fruchtbar und trugen ursprünglich Laubmischwald. Heute kennzeichnen Heide und Heidewald mit Birke und Kiefer die Vegetation der Geest – Wälder (12) sind nur kleinräumig verbreitet und heben sich durch dunklere Grautöne gegenüber dem Grünland (13) ab. In tiefer gelegenen Arealen innerhalb der Geest finden sich **Moore**. Viele Moorböden sind heute entwässert und werden als Grünland genutzt. Auf dem panchromatischen Satellitenbild sind sie gegen das Grünland der Marschen kaum abzugrenzen.

### Die Gezeiten

Den Wandel der Gezeiten erfasst die **Quicklooks-Reihe im Beitrag „Satellitenbilder im Internet“** bzw. die **Bilder M 44** und **M 45**. Ausgehend von der Situation bei Ebbe (**M 44**) zeigt **das nächste Bild** in dem Beitrag „Satellitenbilder im Internet“ bereits einen deutlich höheren Wasserstand. Die Verbindung der Inseln zum Festland geht verloren. Anfang Juni ist das Ackerland hinter dem Deich bestellt – Mischsignaturen in verschiedenen Grautönen kennzeichnen es und grenzen es gegen das eintönige Mittelgrau des Grünlands ab. **M 45** (auch als **Bild**) zeigt dann den höchsten Wasserstand der Bildsequenz. An etwas helleren Grautönen erkennt man Flachwasserbereiche. Die beiden letzten Aufnahmen weisen wetterbedingt etwas schlechtere Qualität auf.

## 2.2.2 Das Thema im Unterricht

Die Bildsequenz ist in allen Jahrgangsstufen beim Thema Nordseeküste, speziell nordwestdeutsche Küstenlandschaften, einsetzbar (Stichworte: Ebbe, Flut, Watt, Marsch, Moor, Geest).

Die **Bilder M 44** und **M 45** bzw. die Sequenz auf **CD-ROM** verdeutlichen die unterschiedlichen Wasserstände sowie die jeweilige Ausdehnung der trockengefallenen Wattflächen, welche die Schüler aus den Quicklooks abschätzen können. Auf Kopien der Quicklooks kann man den jeweiligen Wasserstand auch markieren. Die Ursachen für die Gezeiten werden mit Hilfe von **M 46 (C 2.2/ Arbeitsblatt 20)** erläutert; die der Tafelskizze **M 47 (C 2.2/ Arbeitsblatt 21)** zugeordnet werden. Mit **M 48**, ergänzt durch terrestrische Fotos (nur auf **CD-ROM**), lassen sich Physiognomie und Genese der wichtigsten Landschaftstypen behandeln und dann mit **M 43** ein Eindruck ihrer räumlichen Ausdehnung vermitteln.

Unter dem Stichwort „Gezeiten“ sind vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (<http://www.bsh.de>) Tidenhub und Termine für Hoch- und Niedrigwasser für eine Vielzahl von Küstenorten der deutschen Nordseeküste abzurufen – leider allerdings nur für das laufende und das vorangegangene Jahr.

### Aufgaben:



1. Welche geologischen und geomorphologischen Voraussetzungen sind für die Bildung von Watten nötig?
2. „Willst du nicht deichen, musst du weichen!“ – Wie ist dieser an der Nordseeküste seit Jahrhunderten geläufige Spruch zu erklären?

#### Lösungshinweise:

1. Voraussetzungen: Flachküste; Lockersedimente mit feiner Textur.
2. Ohne Deich und laufende Entwässerung würden die rückwärtigen Marschareale überschwemmt. Deichbau war früher härteste Gemeinschaftsarbeit; wer daher nicht mitarbeitete, wurde sozial ausgegrenzt und deshalb „zum Weichen“ gezwungen.

#### Zu den Bildmaterialien in dem Beitrag „Satellitenbilder im Internet“

- **Satellitenbilder als Bildsequenz:** geordnet nach Aufnahmedatum (z. B. 96-09-05) sowie Flugbahn und Bildreihe (z. B. 21-30B): 96-09-05 21-30; 97-06-01 22-30A, 96-07-19 21-30B, 97-07-19 22-30A;
- **Terrestrische Fotos** (Bildautor Reinhard Bochter):  
**Ebbe und Flut:** **Bild 1** Nordseehafen mit Krabbenkutter bei Flut (im Hintergrund der Deich); **Bild 2** Nordseehafen bei Ebbe (trockenliegende Krabbenkutter, geöffnetes Sieltor, Entwässerung des Binnenlands);  
**Watt:** **1. Ebbe am Hohen Weg** (Hinweis: im Hintergrund Leuchtturm „Alte Weser“, Weserfahrwasser mit Hochseeschiff); **2. Rippelmarken im Sandwatt** mit Kothaufen des Wattwurms und Eintrittsöffnung für Atemwasser; **3. Seehunde auf einer Sandbank bei Ebbe** (Hinweis: im Hintergrund Leuchtturm „Alte Weser“; Wärmekraftwerk Wilhelmshaven ca. 30 km entfernt); **4. trockengefallenes Segelboot** (Hinweis: Stangen markieren eine Fahrrinne); **5. Schlickwatt im Jadebusen** (Hinweis: die Binnenwatten des Jadebusens bestehen hauptsächlich aus Ton und feiner organischer Substanz (Schlick); mehr als  $\frac{3}{4}$  der Bucht fallen bei Ebbe trocken);  
**vor und hinter dem Deich:** **6. Blick über das Watt** zum etwa 1 km entfernten Deich (Hinweise: das meerseitige Deichvorland wird nur bei Sturmflut überschwemmt; bis zur mittleren Tidenhochwasserlinie breiten sich salztolerante Gräser und Kräuter aus; hinter dem Deich sind Windkraftanlagen zu erkennen); **7. Deichvorland** (Hinweise: es wird nur bei Sturmfluten überschwemmt; hier siedeln sich auf einer Breite von ca. 300 m salztolerante Gräser und Kräuter an; ein Priel fällt bei Ebbe fast trocken; im Hintergrund der Deich); **8. Blick entlang der Deichkrone** (Hinweis: der Deich fällt sehr sanft zum Deichvorland ab, relativ steil hingegen zur Binnenseite); **9. Sturmflutmarkierungen am Deich** (Hinweis: die Deiche mussten in den letzten Jahrzehnten mehrfach erhöht werden); **10. Blick von der Deichkrone** auf einen alten Polder in der Marsch.

#### Literatur:

- Liedtke, H. und Marcinek, J.: Physische Geographie Deutschlands. Justus Perthes Verlag, Gotha 1995
- Janus, H.: Das Watt. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1974

C. 2.2	Gezeiten	A 20
--------	----------	------

#### M 46: Informationsblatt - Entstehung der Gezeiten

Die jedem Küstenbewohner vertraute Erscheinung von Ebbe und Flut ist für Urlauber an der Nordsee ein großes Erlebnis. Wenn die Gezeitenwelle heranrollt und das Wasser aufläuft, herrscht Flut; steht der Wasserspiegel am höchsten, ist Hochwasser. Bei der anschließenden Ebbe läuft das Wasser wieder ab. Hat das Wasser seinen tiefsten Stand erreicht, ist Niedrigwasser. Der Zeitunterschied zwischen einem Hochwasser bzw. Niedrigwasser und dem folgenden Hochwasser bzw. Niedrigwasser beträgt 12 Stunden und 25 Minuten, täglich verspätet sich jede Gezeit also um 50 Minuten. Eine Parallele mit den Aufgangszeiten des Mondes drängt sich auf: Auch er ist Abend für Abend 50 Minuten später am Himmel zu sehen.

Die wichtigsten Partner beim Zustandekommen der Gezeiten sind Erde und Mond. Sie bilden ein Zweier-System. Ihr Abstand wird durch die Anziehungskraft zwischen Erde und Mond einerseits und die Fliehkraft, die bei der Bewegung des Mondes um die Erde auftritt, bestimmt. Beide Kräfte wirken sich auf jedem Punkt der Erde aus: Die Fliehkraft ist stets auf der dem Mond abgekehrten Erdhälfte größer, die Anziehungskraft des Mondes auf der ihm zugekehrten. Das bedeutet, dass auf der dem Mond abgewandten Seite alle Erdteilchen vom Mond wegstreben, während sie auf der ihm zugewandten Seite zu ihm hinstreben. Deutlich sichtbar wird diese Erscheinung aber nur bei beweglichen Medien wie dem Wasser, das den Kräften folgen kann.

Deshalb entsteht sowohl auf der „Mondseite“ der Erde (unter der Einwirkung der Mondanziehungskräfte) als auch auf der Gegenseite (unter der Einwirkung der Fliehkraft) je ein „Flutberg“. Die Scheitelpunkte der Flutberge wandern mit dem Mond um den Erdball. Wenn die Erde sich nicht um ihre eigene Achse drehen würde, wanderten die Flutberge nur einmal im Monat um die Erde. Da sich aber die Erde täglich um die eigene Achse dreht, durchläuft jeder Punkt der Erde an jedem (Mond-)Tag jeden der beiden Flutberge. So hat jeder Punkt der Erde in 24 Stunden und 50 Minuten zweimal Hochwasser und zweimal Niedrigwasser.

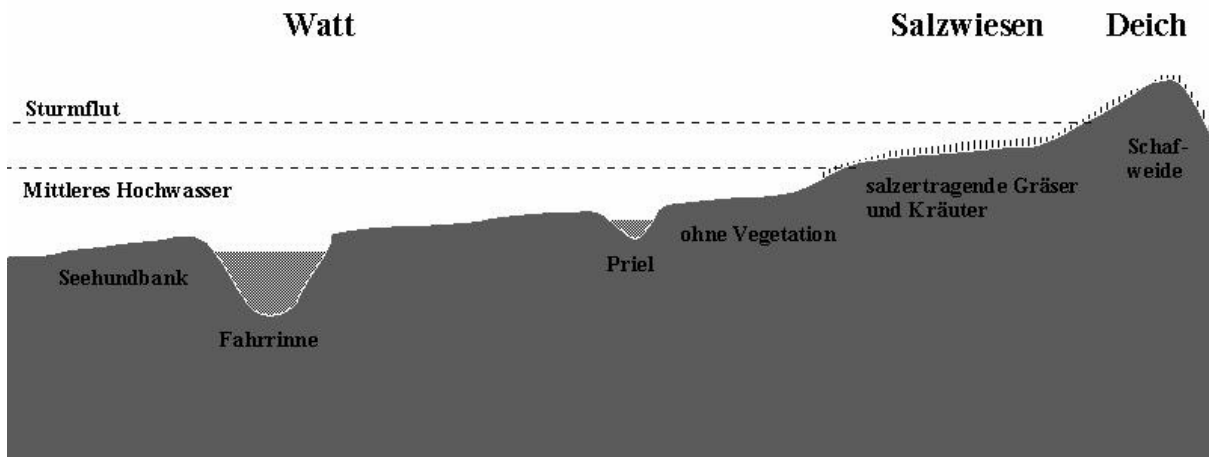
Auch die Sonne wirkt an der Entstehung der Gezeiten mit. Aufgrund ihrer großen Entfernung von der Erde sind die von ihr ausgehenden Anziehungskräfte jedoch nur halb so groß wie die des Mondes. Wenn Sonne, Mond und Erde sich in einer Linie befinden, was immer bei Vollmond und Neumond zutrifft, summieren sich die Anziehungskräfte von Mond und Sonne, es ergeben sich die starken Springfluten. Wenn Sonne, Erde und Mond zur Zeit des ersten oder letzten Mondviertels rechtwinklig zueinander stehen, schwächen sich die Anziehungskräfte von Mond und Sonne gegenseitig, es entstehen die schwachen Nippfluten.

#### Aufgaben:

1. Warum ist das Baden an der festländischen Nordseeküste nur zu bestimmten Zeiten möglich?
2. Wie oft gibt es an der Nordseeküste an einem Tag Ebbe?
3. Erläutere das Zustandekommen von Spring- und Nippfluten!
4. Erstelle die Skizze einer Springtide, die den Gezeiteneffekt von Mond und Sonne auf die Wasserhülle der Erde zeigt!

C. 2.2	Tafelskizzen: Vom Watt zur Geest	A 21
--------	----------------------------------	------

M 47: „Watt – Salzwiesen – Deich“



M 48: „Poldertreppe“ zwischen Watt und Geest

