



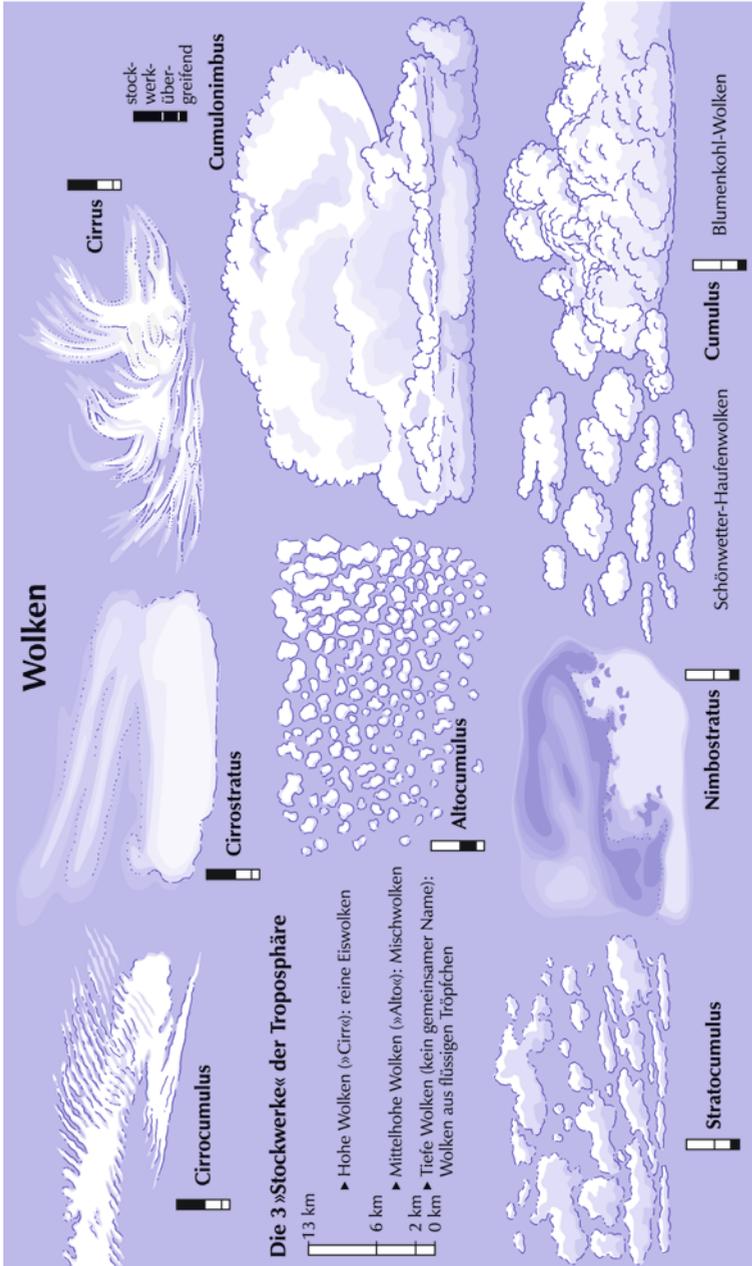
Das Wetter

Nicht Petrus macht das Wetter, und auch keiner der altgriechischen oder altrömischen Wettergötter. Hauptursache des Wetters ist die Sonne. Sie treibt mit ihrer Wärme das Zusammenspiel all der vielen Wettererscheinungen wie Wind und Sturm, Regen und Schnee auf der gesamten Erde an.

Wolken

Ständig verdunstet an der Erdoberfläche Wasser und steigt als feuchte Luft empor, die das Wasser als unsichtbaren Dampf enthält. Besonders viel stammt aus den Ozeanen, vor allem aus den tropischen Meeren, auf welche die Sonne sehr warm brennt. Aber auch vom Festland, nämlich vom Erdboden, aus Pfützen, Seen und Flüssen, steigt ständig Wasserdampf auf.

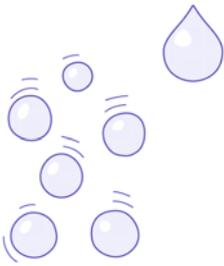
Nun wird die Luft mit zunehmender Höhe immer kühler, im Durchschnitt $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 100 m. Auch die aufsteigende feuchte Luft kühlt sich daher ab. In einer bestimmten Höhe ist ihre Temperatur so niedrig, dass sie nicht mehr so viel Wasserdampf gelöst halten kann. Denn kühle Luft kann viel weniger Wasserdampf gelöst enthalten wie warme. Der überschüssige Wasserdampf kondensiert: Er bildet winzige Wassertröpfchen, die viel, viel kleiner sind als ein Millimeter und zunächst in der Luft schweben bleiben. In noch größeren Höhen bilden sich sogar feine Eiskristalle. Und diese vom Wind gezaustet und getriebenen Gebilde aus Wassertröpfchen und Eiskristallen – das sind die Wolken. Manchmal bilden sich Wolken aber auch, wenn warme, feuchte Luft und kühle Luft sich treffen. Meist gibt es dann auch bald Regen oder Gewitter.





Es lohnt sich, die Wolken am Himmel zu beobachten, denn mit etwas Übung helfen sie, das Wetter vorherzusagen. Wenn sich zum Beispiel die feinen Haarwolken (Cirren) zu einem Schleier verdichten, spricht das oft für baldigen Regen.

Regen

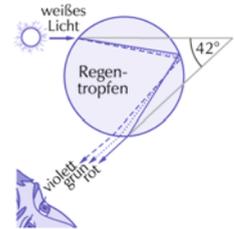


Bisweilen lagern sich die superkleinen Wassertropfchen in Wolken zu größeren Tropfen zusammen, die dann als Regen herunterfallen. Das ist aber bei uns selten. Weit häufiger bildet sich Regen ganz anders: Aufwinde tragen die Tröpfchen in größere Höhen. Dort gefrieren sie zu winzigen Eiskristallen. Der Wasserdampf, der auch noch in der Wolkenluft steckt, schlägt sich nun nach und nach als dünne Eisschicht auf dem Eiskristall nieder. Die Kristalle wachsen rasch an und sind schließlich so groß, dass die in den Wolken wehenden Winde sie nicht mehr tragen können: Sie fallen zur Erde. Meist durchqueren sie während des Falls wärmere Schichten, schmelzen und kommen als Regentropfen unten an. Die Regenmengen, die pro Jahr in verschiedenen Gebieten fallen, sind ganz unterschiedlich. In manchen Gebieten der Erde fällt etwa ein Vielfaches an Regen als in Mitteleuropa. In manchen Wüsten dagegen kommt oft jahrelang kein Tropfen vom Himmel. Übrigens zeichnen Kinder Regentropfen meist in der typischen „Tropfenform“, also vorne dick und rund und nach hinten in einer Spitze auslaufend. In Wirklichkeit allerdings sehen fallende Regentropfen gar nicht so aus. Sie sind fast vollkommene Kugeln.



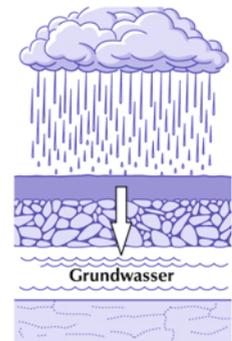
Regenbogen

Wenn die Sonne auf Regenwolken scheint, spannt sich oft ein großer farbiger Bogen über den Himmel. Man sieht ihn aber nur, wenn man die Sonne ungefähr im Rücken hat; außerdem darf sie nicht zu hoch stehen. Von innen nach außen leuchten die Farben Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange und Rot. Bisweilen erkennt man darüber einen noch größeren, aber schwächeren Bogen, bei dem die Farben in umgekehrter Anordnung stehen. Ursache dieser Erscheinung ist die Brechung der Lichtstrahlen in den Regentropfen. Sie treten in die Tropfen ein, werden im Innern mehrfach gespiegelt und verlassen ihn dann wieder. Dabei kann man erkennen, dass das weiße Sonnenlicht in Wirklichkeit eine Mischung von Lichtstrahlen mit verschiedenen Farben ist. Diese verschiedenen Lichtstrahlen verhalten sich in den Tropfen etwas unterschiedlich und verlassen sie daher in unterschiedlichen Richtungen. Diese Aufspaltung sehen wir als Regenbogen.



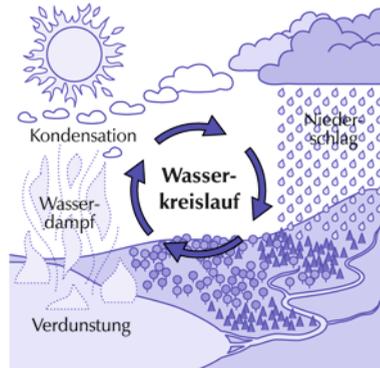
Der Weg des Wassers

Regen bleibt bekanntlich nicht lange an der Erdoberfläche liegen. Ein Teil verschwindet nach und nach in der Luft, es verdunstet. Das kann man schön an einer Pfütze auf einer Asphaltstraße sehen, die innerhalb einiger Stunden oder Tage wieder verschwindet. Ein weiterer Teil fließt ab und speist Rinnsale, Bäche und Flüsse, die schließlich ins Meer münden. Und der letzte Teil schließlich versickert. Das Wasser rieselt durch Risse und Poren des Erdbodens, bis es schließlich auf eine wasserundurchlässige Bodenschicht trifft.





Das kann zum Beispiel eine Lehmschicht sein, oder auch eine Lage Gestein mit sehr wenigen Rissen und Spalten. Über dieser Schicht sammelt sich das Wasser. Man nennt dieses unterirdische



Wasser Grundwasser. Meist ist diese Grundwasserschicht nur einige Meter dick; sie reicht selten bis zur Erdoberfläche. Die Obergrenze des Grundwassers nennt man Grundwasserspiegel. Das Wasser der Erde vollzieht also einen gewaltigen Kreislauf. Es verdunstet, steigt empor und bildet Wolken, aus denen wieder Regen fällt. Der meiste Regen geht über dem Meer nieder, aber einen Teil der Wolken treibt der Wind übers Festland, so dass es dort regnet oder schneit. Von dort läuft das Wasser in Bächen und Flüssen oder über den Umweg als Grundwasser und durch eine Quelle wieder ins Meer.

Nebel



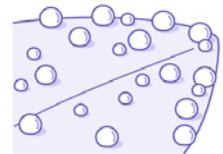
Wasser kann sich in Luft auflösen wie Zucker in Wasser. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen – in Form von unsichtbarem Wasserdampf. Kühlt feuchte Luft dann ab, erreicht sie vielleicht eine Temperatur, bei der sie nicht mehr den gesamten



Wasserdampf behalten kann. Dann bilden sich unzählige feine Wassertröpfchen: der Wasserdampf kondensiert. Das geschieht nicht nur hoch am Himmel bei der Wolkenbildung, sondern bisweilen auch nahe der Erdoberfläche: Dann bildet sich Nebel. An kalten Tagen bildet sich sogar auf diese Weise vor dem Mund ein weißes Wölkchen, wenn die Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft kondensiert. Häufig bildet sich Nebel, wenn nachts der Erdboden abkühlt und dadurch auch die feuchte Luft am Boden. Das geschieht besonders oft im Herbst, wenn es häufig regnet und die Sonne tagsüber viel Wasser vom Erdboden verdunstet, die Nächte aber schon recht kühl werden.

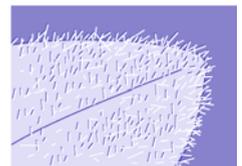
Tau

Wer morgens in aller Frühe in die Natur geht, erlebt dort bisweilen eine verzauberte Welt: Grashalme, Spinnennetze und Blätter sind vor allem im Spätsommer und Herbst mit feinsten Tautröpfchen übersät. Besonders schön ist es, wenn die Tauperlen im Schein der tief stehenden Sonne wie unzählige Edelsteine funkeln und glitzern. Tau entsteht ähnlich wie Nebel, wenn sich feuchte Luft abkühlt und immer weniger Wasserdampf behalten kann. Der überschüssige Wasserdampf formt dann feine Tröpfchen. Sie bilden sich an schwebenden Staubkörnchen, aber auch an Blättern oder Gras, weil die noch etwas rascher auskühlen als freie Luft.



Raureif

Bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts kondensiert der Wasserdampf aus der Luft an den gerade kältesten Stellen, etwa Zäunen, Zweigen, Gräsern oder Stängeln, direkt in Form von Eisnadeln. Weiterer Wasserdampf setzt sich dann bei zunehmen-





der Abkühlung bevorzugt auf die Eisnadeln und lässt sie wachsen. So können Nadeln, zarte Federn oder verwegen geformte Gebilde von mehreren Zentimetern Länge entstehen – besonders dann, wenn noch Wind mitspielt, etwa an frei stehenden Hindernissen.

Schnee



Schneekristalle bilden sich hoch oben in einer Wolke, in Luftschichten, deren Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes von Eis liegt. Meist entstehen aus gefrierenden Wassertropfchen der Wolken zunächst winzige Eisplättchen. Während sie, von Winden verweht, durch die Wolke schweben, setzt sich darauf immer mehr Wasserdampf in Form von Eis ab. Bei tiefen Temperaturen werden die Plättchen größer, bei etwas höheren bilden sich daran Nadeln – die Schneesterne entstehen. Haben sie eine entsprechende Größe erreicht oder lässt der Wind in der Wolke nach, rieseln sie zu Boden.

Die Schneeteilchen sind ein Abbild der wechselnden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in den Wolken. Bei strenger Kälte fallen bisweilen feine Eisplättchen oder Nadeln oder auch feine weiße Körner (Schneegriesel). Schneeflocken dagegen bestehen aus kleinen Sternen aus Eis mit stets sechs Strahlen, von denen oft wiederum kleinere Verzweigungen abgehen. Jede Schneeflocke ist etwas anders geformt. In großen Flocken haben sich mehrere solcher Sterne verhakt.

Eine Hand voll frischem Schnee besteht zu neun Zehnteln aus Luft, nur ein Zehntel ist Eis. Weil die Schneeflocken sich mit ihren Sternstrahlen verhaken, bilden sie eine Art Netz mit großen, luftgefüllten Zwischenräumen. Eine Schneedecke wirkt da-



her ähnlich wie eine Wolldecke und schützt den darunter liegenden Boden und seine Tiere und Pflanzen gut gegen kalte Frostluft. Mit der Zeit aber taut der Schnee oberflächlich, die feinen Sternnadeln verschwinden, dafür bilden sich dichtere Eisbrücken und kugelige Eisgebilde. Der Schnee ist dann nicht mehr weich und leicht, sondern hart: er verharscht.

Gletscher

In kalten Gebieten taut gefallener Schnee nicht ab. Stattdessen lagern sich die Schneeschichten übereinander und werden immer dicker, oft viele Dutzend Meter. Unten presst das gewaltige Gewicht die Luft aus dem Schnee und bildet blauweißes Eis. Und ganz unten schmilzt dieses Eis unter dem Druck und bildet eine dünne Wasserschicht. Wenn jetzt der Untergrund stärker geneigt ist, setzt sich das Eis talwärts in Bewegung, mit einem Tempo von einigen Dezimetern bis Metern pro Tag. Die Wasserschicht am Grund wirkt dabei wie ein Gleitfilm. Es entsteht ein Gletscher.



Besonders riesige Gletscher findet man in den Polargebieten. Vom Inneren Grönlands und der Antarktis her schieben sie sich in mächtigen, viele Kilometer breiten Zungen zum Meer hin und



brechen dort auseinander, wobei die Bruchstücke als Eisberge davon schwimmen und nach und nach schmelzen. Für Schiffe können Eisberge eine tödliche Gefahr darstellen. In der Dunkelheit sieht man sie gar nicht. Zudem versteckt sich der größte Teil des Eises unter Wasser; nur ein Zehntel schaut heraus. Daher werden heute alle Eisberge ständig per Satellit und mit Radargeräten an Bord von Patrouillenflugzeugen registriert, ihre Bahn verfolgt und Schiffe rechtzeitig gewarnt.

Weit kleinere Gletscher haben sich in den Gipfelregionen vieler Hochgebirge gebildet, etwa in den Alpen. Hier sammelt sich der Schneeüberschuss meist nur im oberen Bereich des Gletschers, dem Nährgebiet. Zieht der Eisstrom dann ins Tal, kommt er in wärmere Regionen. Das Eis schmilzt; das Schmelzwasser kommt als glasklarer, eiskalter Bach am tiefsten Punkt der Gletscherzunge aus dem gewölbten „Gletschertor“ heraus. Wegen der Klimaerwärmung sind viele Gletscher der Alpen, der Anden und des Himalaya schon stark abgeschmolzen.

Winde

Brennt die Sonne auf den Erdboden, so erwärmt er sich, ebenso die darüber liegende Luft. Warme Luft ist leichter als kühle Luft, also steigt sie empor. Diese Bewegung zieht nun wieder Luft aus anderen Gebieten heran – und deren Strömung empfinden wir als Wind. In anderen Gebieten sinkt kühle Luft aus der Höhe herab und verdrängt die dort liegenden Luftmassen, die ebenfalls als Wind wegströmen.

Bisweilen, wenn die Druckunterschiede besonders groß sind, entwickeln sich sogar Orkane, also mächtige Stürme mit Windgeschwindigkeiten über 120 km pro Stunde. Wer einmal bei die-



sem Tempo die Hand aus dem Autofenster hält, kennt die Kraft, die hinter solche Luftgeschwindigkeiten steckt. Sie können hohe Wellen auftürmen und Schiffe in schwere Seenot bringen. An Land werden Bäume und ganze Wälder entwurzelt oder umgeknickt, Dächer abgedeckt, Masten und Autos umgeworfen und Gegenstände durch die Luft geschleudert. Winde bezeichnet man immer mit der Richtung, aus der sie kommen. Ein Westwind also weht aus westlicher Richtung heran.

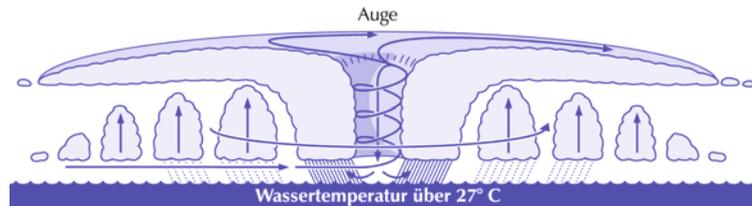
Wirbelstürme

Hurrikan, Taifun oder Zyklon – unter diesen Namen sind diese gigantischen spiralförmigen Wirbel an verschiedenen Stellen der Erde bekannt. In jeder Sekunde setzt ein solcher Energiestruhl die Kraft von Hunderten von Atombomben frei. Auf dem Meer türmen orkanartige Winde gewaltige Wogen auf, und an Land lassen solche Stürme eine Zone mit schwersten Verwüstungen hinter sich, in der oft ganze Häuser losgerissen und durch die Luft gewirbelt werden. Und aus mächtigen Wolken fällt sintflutartiger Regen.

Diese Wirbel entstehen nur über tropischen Meeren mit Wassertemperaturen von über 27 Grad Celsius. Dort bringt die Wärmeenergie der Tropensonne ungeheure Mengen Wasser zum Verdampfen. Der Wasserdampf steigt auf und gerät in kühlere Luftschichten, wo er zu Wassertröpfchen kondensiert. Dabei aber wird die Wärme frei, die die Sonne zuvor beim Verdampfen hineingesteckt hat. Sie heizt die Luft auf und erzeugt so weitere Aufwärtsbewegungen. Es entsteht ein gewaltiger Warmluftkamin vom Meer bis in über 12 km Höhe, der unter dem Einfluss der Erddrehung zu zirkulieren beginnt – ein Wirbelsturm ist geboren.



Er kann über 2000 km Durchmesser haben, und in seinem Innern strömt die Luft mit rund 200 km pro Stunde aufs Zentrum zu. Dort liegt eine windstille, wolkenfreie Zone von 6 bis 40 km Durchmesser, das „Auge“ des Hurrikans.



Im Nordatlantik ist die Hurrikan-Saison zwischen Juni und November, und mitunter ziehen diese Stürme dann abgeschwächt Richtung Europa und bringen auch hier noch Regen. Verhindern kann man Wirbelstürme bisher nicht. Aber man kann heute die Entstehung und das Wandern der Wirbel mit Hilfe von Satelliten verfolgen und so die betroffenen Regionen rechtzeitig warnen. Allerdings sind unangenehme Überraschungen nicht ausgeschlossen: Bisweilen ändern die Wirbel unvorhergesehen ihre Zugrichtung.

Tornados

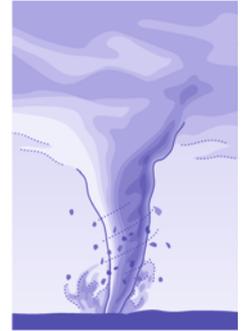
Diese höchst gefährlichen Wirbelstürme sind die stärksten Winde der Erdoberfläche: Die Luft erreicht in ihnen bis zu 480 km pro Stunde. Im Gegensatz zum Hurrikan entstehen sie nicht über dem Meer, sondern senken sich urplötzlich aus einer Gewitterwolke als rasch rotierender Wirbelschlauch von nur einigen Dutzend bis 100 Metern Durchmesser zum Boden herab. Dort verwüsten sie auf ihrer Zugbahn alles, was in ihre Reichweite



kommt. Die Spur der Verheerung ist oft scharf gezogen: Es kann geschehen, dass ein Haus völlig zerstört wird, während das Nachbarhaus fast unbeschädigt bleibt.

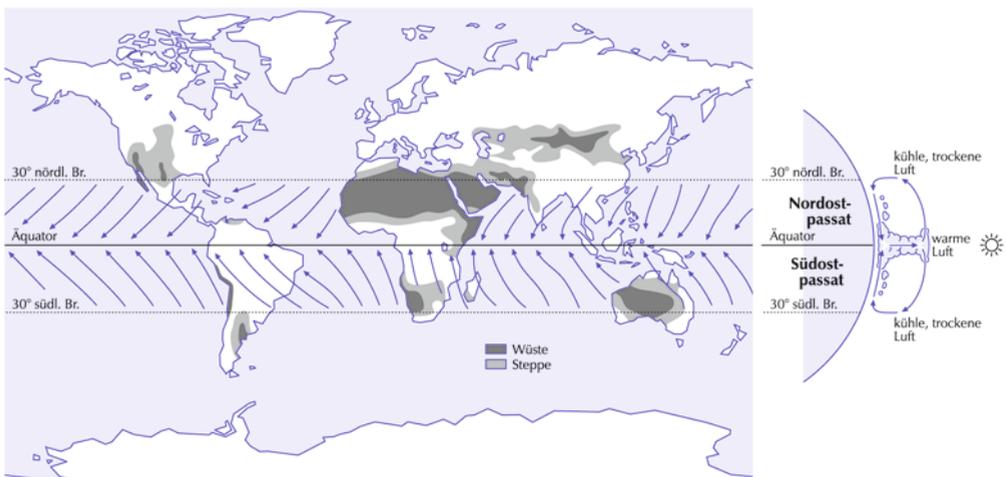
Bisweilen treten Tornados auch auf dem Meer auf; sie werden dann „Wasserhosen“ genannt.

Berüchtigt ist die Tornado-Alley in den weiten Ebenen im Mittelwesten der USA, wo diese „Twister“ im Frühsommer oft in ganzen Trauben auftreten. Aber auch in Europa treten bisweilen kleinere, aber ebenfalls zerstörerische Tornados auf.



Winde und Wüsten

Wie stark Winde das Klima und damit die Vegetation und den Lebensraum von Mensch und Tier beeinflussen, sieht man besonders deutlich an den Wüsten der Erde. Sie besitzt zwei Wüstengürtel, einen im Bereich des 30. Breitengrads der Nordhalbkugel, den anderen um die gleiche Breite im Süden. Das ist kein Zufall.





Am heißesten brennt die Sonne bekanntlich am Äquator, wo sie fast das ganze Jahr über fast senkrecht vom Himmel brennt. Dadurch steigt dort ein ständiger Strom von warmer Luft auf, denn warme Luft ist leichter als kühle. In großer Höhe strömen die Luftmassen nach Norden und Süden, kühlen dabei ab und sinken etwa beim 30. Breitengrad als kühle, trockene Luftmassen wieder herab. Daher regnet es hier selten, und es haben sich Wüsten gebildet – im Norden etwa die Sahara in Afrika, die Arabischen Wüsten und die Sonora in Nordamerika, im Süden die Kalahari in Afrika, die Atacama in Südamerika und die Australischen Wüsten. Auch Seefahrer fürchteten früher diese Zonen, denn dort herrscht oft Windstille. Die Schiffe lagen bisweilen wochenlang in der Flaute, und wegen des Regenmangels wurde oft das Trinkwasser knapp.

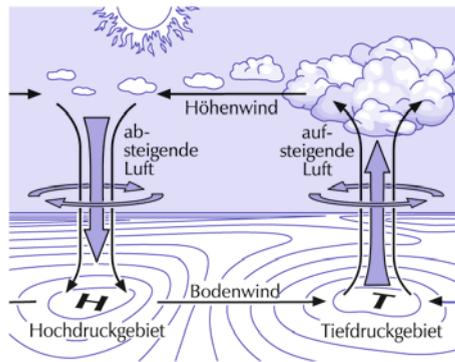
Passatwinde

Etwas weiter zum Äquator hin dagegen wehen sogar sehr beständige Winde, die Passatwinde. Denn hier strömt die Luft zum Ausgleich wieder in die Äquatorzonen. Allerdings nicht genau nach Norden oder Süden, denn sie werden von der Erddrehung abgelenkt und strömen daher in südwestlicher Richtung (auf der Nordhalbkugel) bzw. in nordwestlicher Richtung (auf der Südhalbkugel). Diese das ganze Jahr über wehenden Winde haben eine große Bedeutung für das Klima, denn sie treiben auch einige wichtige Meeresströmungen an.



Hochs und Tiefs

Auf der Wetterkarte fallen vor allem die Hochdruck- und die Tiefdruckgebiete auf. In Hochdruckgebieten ist der Luftdruck etwas höher als normal. Das liegt daran, dass hier Luft aus der Höhe herab sinkt. Weil sie meist kühl und trocken ist, verbinden wir Hochs mit schönem Wetter.

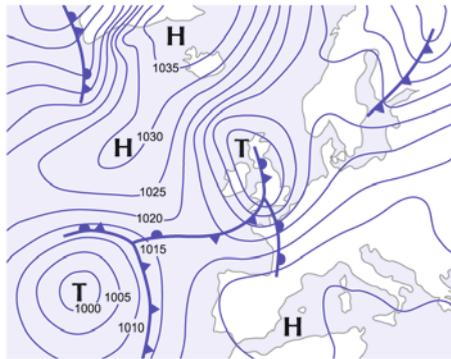


In Tiefdruckgebieten dagegen ist der Luftdruck etwas niedriger als normal, weil hier warme Luft aufsteigt, angetrieben durch Sonnenwärme. Weil sie dabei viel Feuchtigkeit in kühlere Luftschichten emporhebt, wo sie kondensiert und eventuell abregnet, sind Tiefs oft mit Wolken und Niederschlag verbunden. Die Gebiete unterschiedlichen Luftdrucks erzeugen auch die Winde, denn sie sind nichts anderes als Luftströmungen, die die Druckunterschiede ausgleichen. Der Wind weht daher stets von einem Hochdruck- zu einem Tiefdruckgebiet.



Fronten

Unser mitteleuropäisches Wetter ist vor allem gekennzeichnet durch den ständigen Wechsel. Das liegt daran, dass sich hier Tiefs und Hochs oft abwechseln und dass dadurch sehr oft kalte und warme Luftmassen aufeinander treffen.



Die Berührungsflächen nennt man Fronten. Hier gibt es oft Niederschlag, weil die kalte Luft die Feuchtigkeit aus der warmen Luft zum Kondensieren bringt und so Niederschlag oder Gewitter erzeugt. Die Ursache dafür ist die Polarfront, die Grenze zwischen der kalten Luft der Polargebiete und der wärmeren und feuchteren Luft im Süden. In den Polarregionen sinkt ständig kalte Luft nach unten und drückt die bodennahe kalte Luft an die Ränder der Polargebiete. Die Polarfront ist allerdings kein scharfes Band, sondern eine sehr unruhige, hin und her springende Linie. Hier bilden sich ständig Wirbel aus warmer und kühler Luft, die dann unter dem Einfluss der Erddrehung unter anderem über Europa hinweg ziehen und dabei mit ihren Fronten für die raschen Wetterumschwünge und die häufig wechselnde Richtung und Stärke der Winde sorgen.



Sturmfluten

Besonders an flachen Küsten sind sie gefürchtet: Orkanartige Stürme, die auf die Küste zuwehen und das Meerwasser gegen die Küste treiben, so dass es immer weiter steigt und schließlich die Deiche überspült und weite Landgebiete überflutet. In Bangladesh in Südasien etwa forderten solche Sturmfluten schon Hunderttausende von Opfern. Aber auch an der Nordseeküste sind Sturmfluten gefürchtet. 1962 etwa brachen an mehreren Stellen die Deiche und zudem versanken große Teile des Hamburger Hafens im schlammigen Wasser; 315 Menschen ertranken.

Die Nordseeküste ist überhaupt von früheren Sturmfluten geprägt. Einst reichte nämlich das Land viel weiter in die Nordsee hinaus. Das heutige Wattenmeer ist der Rest dieses einst blühenden, fruchtbaren, von vielen Dörfern bestandenen Landes. Sturmfluten und der nach der Eiszeit steigende Meeresspiegel rissen das Land fort. Weitere Fluten bildeten etwa den Jadebusen (1164) und den Dollart (1287). Auch Helgoland war damals weit größer.

Unter dem Namen „Grote Mandränke“ ging die Flut von 1362 in die Geschichte ein, bei der über 100 000 Menschen ertranken, sowie die „Zweite Mandränke“ von 1634 mit gewaltigen Zerstörungen und Verlusten an Menschen und Tieren. Jede der Fluten riss ein Stück Land weg. 1634 etwa brach die große Marschinsel Alt-Nordstrand auseinander und hinterließ neben einigen kleinen Halligen nur die Restinseln Nordstrand und Pellworm. Und 1953 überflutete das Meer einen großen Teil Südwest-Hollands und tötete fast 2000 Menschen.



■ Zustand von 1650
 ▨ Heute