





**1**

# **Wie Wind entsteht**

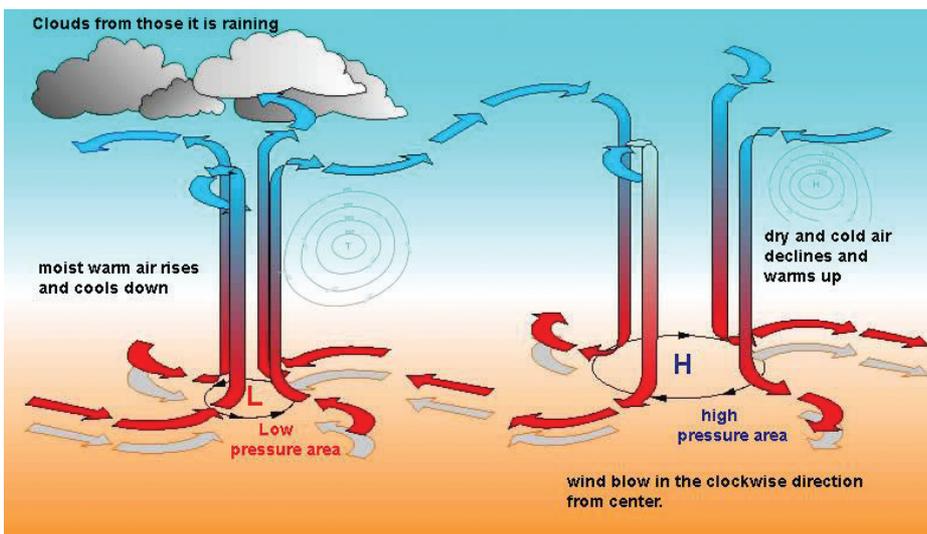
## 1 Wie Wind entsteht

Haben sie sich als Kind auch manchmal gefragt, woher der Wind eigentlich kommt? Ich schon. Der Wind, der Wind, das himmlische Kind ... Die Zeile aus dem Märchen Hänsel und Gretel verrät eigentlich schon alles: Der Wind ist ein Kind des Himmels, genauer gesagt: der Sonne.

Wenn die Sonnenstrahlen den Erdboden aufheizen, erwärmt sich auch die Luft darüber. Und da Luft das beweglichste Element in der globalen Wettermaschine ist, ist sie ständig in Bewegung. Warme Luft dehnt sich aus, da sie eine geringere Dichte hat als kalte Luft. Sie wird dabei „dünner“ und leichter und steigt nach oben. Man kennt das Prinzip vom Heißluftballon. Dessen Hülle wird solange mit heißer Luft aufgefüllt, bis der Ballon samt Korb, Personen und Ballast leichter ist als die ihn umgebende „kalte“ Luft. Ist das der Fall, steigt der Ballon auf – und „fliegt“ mit dem Wind davon. Kühlt die Luft in der Hülle ab, so sinkt er gen Boden. Daher nennt man diese Art der Luftfahrt „leichter-als-Luft-Technologie“ – mit Fliegen im Sinne von Auftrieb eines Flügels hat das also nichts zu

tun. Deshalb fährt man mit einem Ballon. Bewegt werden Ballone übrigens ausschließlich von der Windströmung. Sie sind dieser sogar regelrecht ausgeliefert. Bei meiner ersten und bislang einzigen Ballonfahrt war ich erstaunt, dass es im Korb immer windstill ist. Ist ja klar: Wenn man mit dem Wind reist.

Doch zurück zu unserem eigentlichen Thema: Während die Luft von der Sonne erwärmt wird, sich ausdehnt und aufsteigt, entsteht in Bodennähe Tiefdruck. Den dabei entstehenden Raum füllt nachströmende Luft, die sich wiederum erwärmt, dabei Feuchtigkeit aufnimmt und ebenfalls nach oben steigt. Tiefdruckgebiete sind deshalb meist mit schlechtem Wetter verbunden. Im Gegenzug sinkt die Luft in Hochdruckgebieten zum Boden hinab. Das steht meist in Verbindung mit steigenden Temperaturen und Wolkenauflösung. Im Bereich von Hochdruckgebieten herrscht daher meist wunderbares Wetter – mit wolkenlosem Himmel und viel Sonnenschein.



**Bild 1.1**  
Wie Tiefdruck und Hochdruck entsteht  
(Quelle: Physik, Uni München)

Doch was hat das alles nun mit dem Wind zu tun? Da Luftmassen unterschiedlicher Dichte und Temperatur stets bemüht sind, sich auszugleichen, strömt die kältere Luft dorthin, wo die warme Luft aufsteigt. Das Resultat ist

Wind. Je stärker die Druck- und Temperaturunterschiede sind, desto rasanter geschieht das – und desto höher ist die Windgeschwindigkeit.

## HOCHDRUCK/TIEFDRUCK

Auf jedes einzelne Luftmolekül wirkt die Schwerkraft. Somit hat Luft ein Gewicht, das auf die Unterlage, also den Boden drückt: der Luftdruck. Bei einem mittleren Luftdruck und rund 15 Grad Celsius beträgt die Luftdichte auf Meereshöhe 1,225 Kilogramm pro Kubikmeter. Da auf einem Kubikmeter Luft am Erdboden das gesamte Gewicht der Luft darüber lastet, wird die Luft unten zusammengedrückt. Nach oben nimmt der Luftdruck also ab.

Durch diese stärkere Komprimierung enthält ein Kubikmeter in Bodennähe mehr Luftmoleküle als in größerer Höhe. Die Luft in Bodennähe ist „dichter“.

Der mittlere Luftdruck auf Meereshöhe beträgt 1013,25 Hektopascal (hPa). Wird der Durchschnittswert unterschritten, so sprechen wir von Tiefdruck. Wird er überschritten, so haben wir es mit Hochdruck zu tun. Unter hohem Luftdruck versteht man einen Luftüberschuss an

einem Punkt in der Atmosphäre. Wäre die Atmosphäre ein Luftballon, so entstünde an dieser Stelle eine Beule. Tiefer Druck hingegen bedeutet Luftmangel. In diesem Fall hätte der Ballon eine Delle. Wie die Luftmassen nun von einem Hochdruck- ins Tiefdruckgebiet strömen, veranschaulicht das Beispiel Wasser: Es fließt bekanntlich von einem höheren zum tiefer gelegenen Niveau.

Das vom Deutschen Wetterdienst (DWD) gemessene Luftdruckminimum beträgt übrigens 954,4 hPa. Der Wert wurde am 27. November 1983 in Emden erfasst. Der höchste Wert wurde am 23. Januar 1907 in Greifswald registriert: 1060,8 hPa. Der global niedrigste Wert von 870 hPa wurde am 12. Oktober 1979 westlich der Pazifikinsel Guam gemessen. Der weltweit höchste, je gemessene Luftdruck betrug 1084,8 hPa. Er wurde am 19. Dezember 2001 in Tosontsengel in der Mongolei registriert.

## Gigantisch große Energiemenge

Die Energiemenge, die die Sonne zur Erde liefert – die Solarstrahlung – ist schier unvorstellbar groß. Sie entspricht rund dem 10 000-Fachen des derzeitigen Primärenergiebedarfs der gesamten Menschheit (etwa 600 Exajoule). Darin eingerechnet, um nur ein paar zu nennen, ist jeder Kilometer, den die Menschen mit Autos, Motorrädern oder Lastern zurücklegen. Die Flüge sämtlicher Airliner. Alle Schiffe, die über die Weltmeere kreuzen. Das Laden von Handys, Heizen, Kochen, Fernsehen im Haushalt. Und natürlich sämtliche Industrieprozesse – vom Erzeugen des Stroms, über das Bauen von Häusern, bis hin zum Pumpen unseres Trinkwassers.

Noch wird diese Energie zum Großteil mit fossilen Brennstoffen erzeugt. Vaclav Smil, Professor im Department für Umwelt und Geografie an der University of Manitoba,

Kanada, beschreibt den Verbrauch so: *„Dieses System braucht derzeit jährlich mehr als sieben Milliarden Tonnen Stein- und Braunkohle, etwa vier Milliarden Tonnen Rohöl und mehr als drei Trillionen Kubikmeter Erdgas.“*

Diese enorme Energiemenge durch regenerative Energien zu ersetzen, ist wahrlich eine Herkulesaufgabe. Aber eben keine, die unmöglich wäre, schreibt Vaclav Smil: *„Es ist die Arbeit vieler Generationen von Ingenieuren.“*

Vor allem muss man wissen, dass von der Solarstrahlung nur ein bis zwei Prozent in Windbewegung verwandelt werden. Dennoch würde selbst diese Energie ausreichen, um den Bedarf der Menschheit zu stillen. Zugegeben, es bräuchte viele, viele Windräder auf der Welt, um diese Energiemenge verlässlich zu erzeugen.

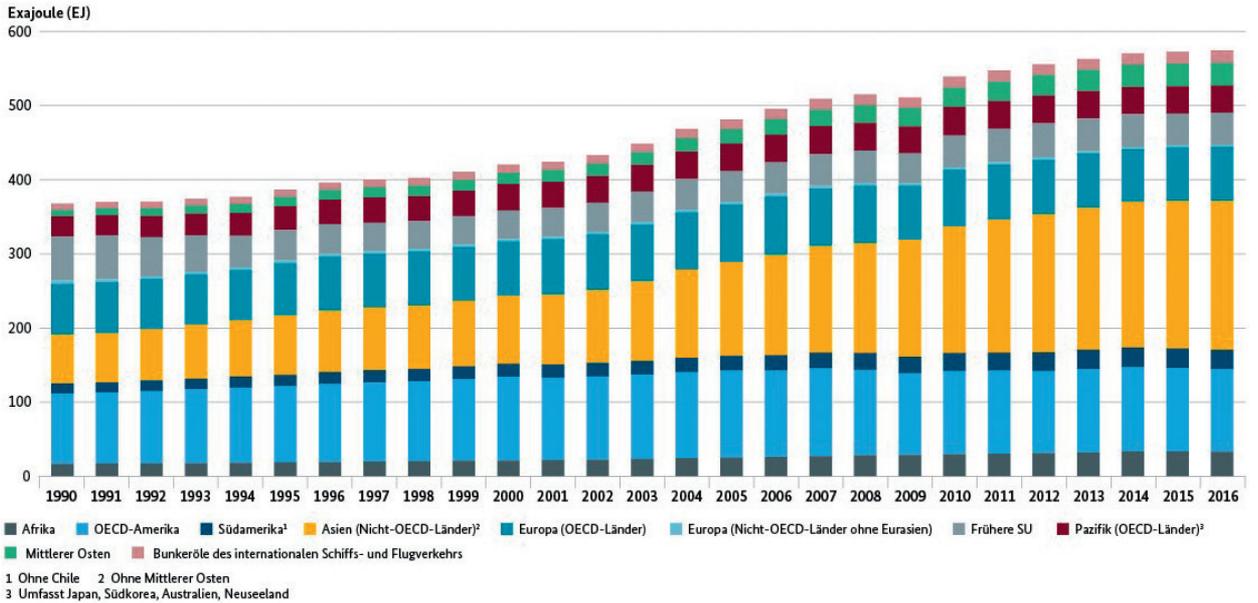


Bild 1.2 Weltweiter Energieverbrauch in Exajoule (Quelle: Internationale Energie Agentur)

Wind gibt es auf der Welt jedenfalls mehr als genug. Wie er entsteht, lässt sich besonders gut am Meer beobachten. Das liegt daran, dass sich die Luft am Tag über dem Land schneller als über der großen Wassermasse erwärmt, die träger reagiert. Die warmen Luftmassen steigen nach oben und saugen die kühle und schwere Luft über der See

an. Fazit: Der Wind weht vom Meer zum Land. Man nennt ihn daher Seewind. Nachts ist es genau andersherum. Dann weht der Wind vom Land aufs Meer hinaus – Landwind. Der Grund liegt auf der Hand: Wasser speichert die Wärme länger als das Land, deshalb ist die Luft darüber noch wärmer, steigt auf und saugt Luft von Land an.

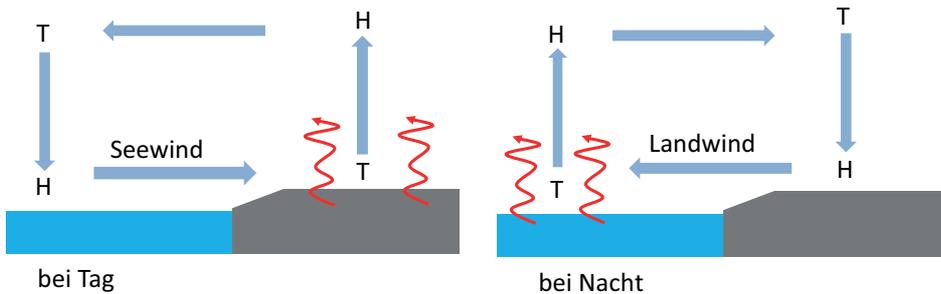


Bild 1.3 Die Land-Seewind-Zirkulation ist hauptsächlich auf die unterschiedlichen Wärmeeigenschaften von Land und Wasser zurückzuführen.

### Temperatur- und Luftdruckunterschiede

Was im lokalen funktioniert, gilt auch für das globale Windsystem: keine Sonne, kein Wind. Der Mechanismus dahinter ist ganz einfach. Die solare Strahlungsenergie trifft auf dem Erdball nicht überall im gleichen Winkel auf. Da der Äquator näher an der Sonne liegt und die Strahlen dort rechtwinklig ankommen, heizt sich dieser Bereich besonders stark auf. Je näher man an die Pole kommt, desto flacher wird der Einfallswinkel der Sonne.

Der Spruch: „Wäre die Erde eine Scheibe, es gäbe keinen Wind“ trifft also voll zu. Das spiegeln auch die Temperaturen wieder: Während es am Äquator wohliger warm ist, wird es in Richtung der Pole immer kälter. Damit sorgt die unterschiedlich starke Sonneneinstrahlung für verschiedene Klimazonen. Auch die Jahreszeiten und unser Wetter sind das Ergebnis von unterschiedlich starker Sonneneinstrahlung.