
	GdHM - Wetterschule - <i>Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche</i>		
	Lektion	14	Der Wind

Wind

Kurzbeschreibung

Es wird beschrieben wie der Wind unser Leben beeinflusst.
 Mechanismen zur Entstehung der Luftbewegungen werden erklärt.
 Verschiedene Windphänomene werden in meteorologische Skalen eingeordnet.
 Die Beaufortskala wird vorgestellt.

Autor:	Jasmine Kaptur
Erstellungsdatum:	30.März 2005

	GdHM - Wetterschule - Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche		
	Lektion	14	Der Wind

Jetzt kommt Bewegung in die ganze Sache, denn Wind ist "bewegte Luft". Aber was treibt die Luftmassen an, mitunter den ganzen Globus zu umkreisen und wozu? Wie beschreibt man Wind? Diesen Fragen soll in diesem Kapitel nachgegangen werden.

Der Wind als täglicher Begleiter

Der Wind beeinflusst jeden Lebensbereich von Menschen, Tieren und Pflanzen. Während er uns an einem heißen Sommertag willkommene Abkühlung verschafft, so kann er einen eigentlich milden Tag zum gefühlten Wintertag machen (siehe Kapitel zu "Windchill"). Starker Wind verdirbt ein Picknick, erlaubt gleichzeitig aber Freizeitaktivitäten wie Drachensteigenlassen. Pflanzensamen werden vom Wind mitunter weit getragen und sorgen so für die Arterhaltung. Der Wuchs von vielen Bäumen wird durch die vorherrschende Windrichtung bestimmt. Dicke Luft in Industriestädten wird durch den Wind wegtransportiert und durch mitgebrachte Frischluft ersetzt. Wind trägt zur Erosion der Böden bei, beschleunigt mitunter gar die Wüstenbildung und transportiert doch gleichzeitig Wüstensand als Dünger in weit entlegene Regenwaldgebiete. Er ist der Motor für Meereswellen. Empfindliche Menschen leiden unter Windstress, was u.a. Kopfschmerzen zur Folge haben kann. Kräftiger Wind kann Brücken ins Schwanken bringen und Autos abdrängen. Selbst das Fehlen von Wind hat Folgen: Luftstau, Smog, Nebel oder einfach positive Ruhe. Sturm oder gar Orkan beschädigen Autos, Gebäude und gefährden Mensch und Tier. Auch Tornados richten große Schäden an, sind aber dennoch für einzelne Biotope überlebenswichtig (z.B. für die Everglades, Florida)

Der Wind wirkt sozusagen überall. Die Liste der Beispiele kann beliebig weitergeführt werden. Doch woher kommt dieser Nachschub an Luft und warum setzt sie sich in Bewegung?

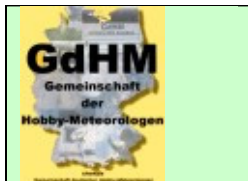
Luftdruckunterschiede als Ursache

Schuld daran ist der herrschende Luftdruck, oder präziser: Luftdruckunterschiede. Wir wissen bereits, dass physikalische Prozesse oft nur dem einzigen Zweck folgen, Unterschiede auszugleichen. Seien es nun Temperatur-, Feuchte-, oder eben Luftdruckunterschiede.

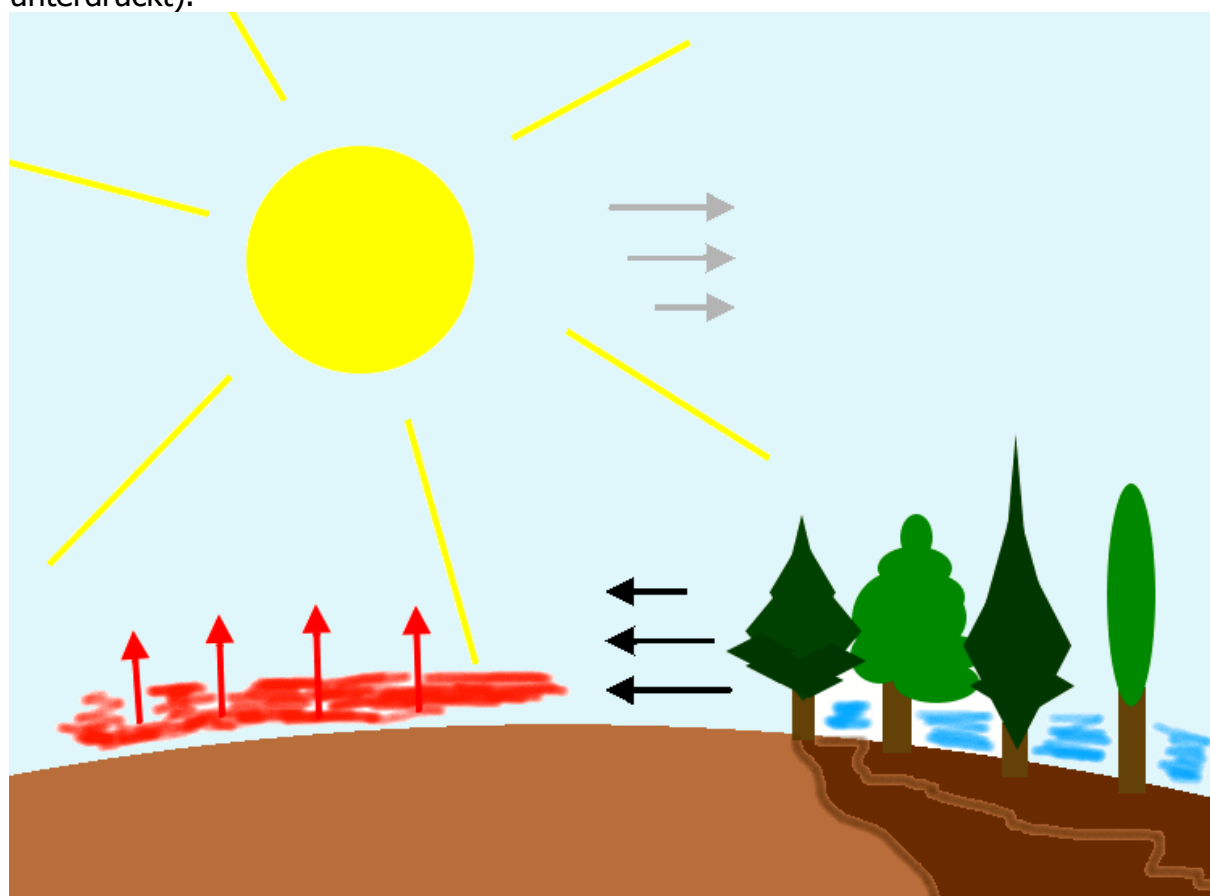
Bei hohem Luftdruck lastet auf der Erdoberfläche ein höheres Gewicht als bei tiefem Druck. Die Luftsäule wiegt mehr. Herrscht in der Nähe ein geringerer Luftdruck, so wird sich die Luft zum Ausgleich vom höheren zum tieferen Druck hin in Bewegung setzen.

Das Bild unten zeigt ein vereinfachtes Beispiel, wie Luftdruckunterschiede entstehen können und welche Luftbewegungen sie auslösen.

An einem heißen Sommertag erwärmt die Sonne die Erdoberfläche. Allerdings erwärmen sich nicht alle Bereiche gleich stark. Während das bloße Ackerland im linken Bildteil sich stark erhitzt (rot), bleibt die Luft über dem kleinen Wäldchen kühler (blau). Der Acker erwärmt nun seinerseits die darüber liegende Luft, die sich




ausdehnt. Die Dichte der Luft sinkt, sie wird "leichter" und steigt nach oben (rote Pfeile). Insgesamt befinden sich nun in der Luftsäule über dem Acker weniger Luftmoleküle als in einer vergleichbaren Luftsäule über dem Wald. Der Luftdruck über dem Acker ist ein bisschen geringer. Die kühlere Luft aus dem Wäldchen wird regelrecht angesaugt und strömt zum geringeren Luftdruck (schwarze Pfeile). Je stärker die Temperatur- bzw. Luftdruckunterschiede, desto stärker auch der hervorgerufene Wind. Da die Oberflächen und die direkt darüber liegende Luftschichten heißer sind als die weiter oben liegende Luft nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe ab (Ausnahme bilden nur die untersten 10 cm, wo die durch Bewuchs und Rauigkeiten verursachte Reibung Luftbewegungen unterdrückt).



Man ist jetzt geneigt zu denken, dass der Bodenwind für den Ausgleich des Luftdruckes sorgt und dass nach ein paar Minuten alles vorbei ist. Tatsächlich aber ist alles komplizierter.

Dabei kommen 2 Phänomene zur Geltung: Nachdem die Aufwärtsbewegung der erhitzten Luftblasen einmal begonnen hat stellt man in der Höhe ein umgekehrtes Luftdruckmuster fest. Dort, wo die aufsteigende Luft hintransportiert wird, gibt es plötzlich relativ gesehen mehr Luft als in benachbarten Bereichen. Ein sog. Höhenhoch ist entstanden, aus dem die Luft zum tieferen Druck hin ausfließt (graue Pfeile). Die Zirkulation endet erst mit Sonnenuntergang oder Wetteränderung, also dann, wenn die treibende Kraft versiegt.

$$\begin{array}{c} H \rightarrow \rightarrow T \\ T \leftarrow \leftarrow H \end{array}$$

	GdHM - Wetterschule - Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche		
	Lektion	14	Der Wind

Der zweite Grund warum der Wind nicht einfach einschläft ist die Erddrehung. Sie lenkt die Luftmassen auf ihrem Weg zum Ziel ab, so dass der tiefere Druck nicht auf direktem Wege erreicht, sondern langsam umkreist wird.

Großräumig gesehen sind diese Überlegungen schon die Grundlage für die globale Zirkulation, was in einer späteren Lektion gesondert behandelt wird. Wind hat also die Tendenz, aus einem Hochdruckgebiet heraus bzw. in ein Tiefdruckgebiet hinein zu strömen.

Neben strahlungsbedingtem Wind können auch orografische Eigenheiten Wind erzeugen. So können vorbeiziehende Luftmassen eine Art Unterdruck bewirken, der Luft aus (an sich am Hauptwettergeschehen unbeteiligten) Gegenden (z. B. Lee eines Gebirgszuges) ansaugt.

Über solche lokalen Effekte berichten wir in der nächsten Lektion ausführlicher.

Klein- und großräumige Windsysteme, Skalierung

Es gibt viele Windphänomene, die sich in ihrer räumlichen Ausdehnung, in der Entstehung, im Verhalten und in der Lebensdauer unterscheiden. Gemein ist ihnen immer, dass dabei Luft bewegt wird.

In der Meteorologie unterscheidet man zwischen verschiedenen Dimensionen einzelner Wetterphänomene, denen auch die verschiedenen Erscheinungsformen des Windes zugeordnet werden können:


Die **Mikroskala** beinhaltet kleinräumige Effekte mit einer Ausdehnung unter 1 km. Lokal aufsteigende Luftblasen (Thermik), Windhosen sowie örtliche Gewitter können hierzu gezählt werden. Hoch- und Tiefdruckgebiete werden zur **Mesoskala** gerechnet, die einen Bereich zwischen 1 km und 1000 km umfasst. Abschließend zählen alle meteorologischen Phänomene mit einer Ausdehnung von mehr als 1000 km wie zum Beispiel der Jetstream zur **Makroskala**.

Neben der räumlichen Einteilung kann man Windstrukturen auch anhand ihrer Lebensdauer charakterisieren. So lösen Gebäude oder Bäume kurzlebige Turbulenzen aus, die nur etwa 10 s bis 10 min existieren (horizontale Ausdehnung: 10 cm – 100 m). Konvektion, das ist die schon beschriebene vertikale Bewegung von Luft, kann sich zwischen 10 min und 3 h erhalten und nimmt einen Bereich zwischen 50 m und 10 km ein. Ganze Wolkenkomplexe, die sich über 20 km bis 500 km erstrecken, existieren mehrere Stunden bis 1 Tag. Die Hoch- und Tiefdruckgebiete lösen sich meist erst nach 1 - 3 Tagen auf und erreichen eine Ausdehnung von 500 km bis 3000 km.

Windgeschwindigkeit und -stärke

Für die Angabe der Windgeschwindigkeit sind mehrere Einheiten gebräuchlich. In Europa wird meist m/s bzw. km/h verwendet, während in Amerika Knoten (kt) üblich sind. Dabei entspricht 1 Knoten 0,514 m/s.

Zur besseren Einschätzung der Wirkung des Windes entwickelte der irische Admiral Francis Beaufort schon 1806 die nach ihm benannte Beaufort-Skala. In ihr wurden

	GdHM - Wetterschule - <i>Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche</i>		
	Lektion	14	Der Wind

ursprünglich 13 Windstärken unterschieden und entsprechende Segelanweisungen gegeben. 1927 änderte Peter Petersen diese Originalskala ab, indem er anstatt Details zur Segelführung das entsprechende Erscheinungsbild der offenen See angab. Die heute verwendete Beaufortskala enthält zudem die Auswirkungen des Windes an Land und wurde auf insgesamt 17 Stufen erweitert. Unten findet Ihr eine sehr verbreitete Version der Beaufortskala, die sehr anschaulich eine Einschätzung der vorherrschenden Windstärke erlaubt.

Übrigens gehört zur korrekten Beschreibung des Windes neben der Stärke auch die Windrichtung. Und das ist in der Meteorologie die Richtung aus der der Wind kommt. Ein Westwind weht demnach von Westen nach Osten.

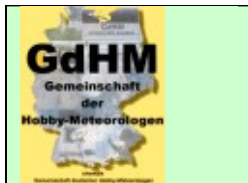
Rekord-Windgeschwindigkeiten

Der DWD gibt den (in Böen) stärksten in Deutschland gemessenen Wind mit 335 km/h an. Gemessen wurde dieser Wert am 12.06.1985 auf der Zugspitze. Weltweit hält der Mt. Washington in den Vereinigten Staaten den Rekord mit einer Böe von 416 km/h.

Zum Ende ...

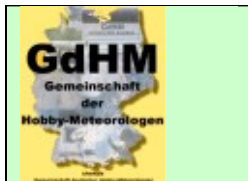
Wind ist allgegenwärtig. Seine verschiedenen Erscheinungsformen werden wir in den folgenden Lektionen nacheinander vorstellen. Anfängen bei lokalen Windphänomenen wie des Land-Seewinds werden nach und nach großräumigere Windsysteme wie Hochs und Tiefs sowie auf globaler Ebene der Jetstream erklärt.

Extreme Winde, wie sie innerhalb Hurrikans und Tornados entstehen, sind Teil eines umfangreichen Extremwetter-Teils. Am Anfang aller dieser Winde stehen aber Luftdruckunterschiede, die die Luft in Bewegung versetzen.



Gebräuchliche Beaufortskala

Beaufort-grad	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit (in 10 Meter Höhe über Grund) (Knoten,m/s,km/h)	Auswirkungen des Windes im Binnenland	Auswirkungen des Windes auf See
0	still	<1 / 0-0,2 / <1	Windstille; Rauch steigt senkrecht empor.	Spiegelglatte See.
1	leiser Zug	1-3 / 0,3-1,5 / 1-5	Windrichtung angezeigt nur durch den Zug des Rauches, aber nicht durch Windfahnen.	Kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme.
2	leichte Brise	4-6 / 1,6-3,3 / 6-11	Wind am Gesicht fühlbar; Blätter säuseln; gewöhnliche Windfahnen vom Winde bewegt.	Kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme.
3	schwache Brise	7-10 / 3,4-5,4 / 12-19	Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung; der Wind streckt einen Wimpel	Die Kämme beginnen sich zu brechen. Der Schaum ist glasig. Vereinzelt können kleine weiße Schaumköpfe auftreten.
4	mäßige Brise	11-16 / 5,5-7,9 / 20-28	Hebt Staub und loses Papier; dünne Äste werden bewegt.	Die Wellen sind zwar noch klein, werden aber länger. Weiße Schaumköpfe treten schon ziemlich verbreitet auf.
5	frische Brise	17-21 / 8,0-10,7 / 29-38	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken; auf Seen bilden sich kleine Schaumkämme.	Mäßige Wellen, die eine ausgeprägte lange Form annehmen. Weiße Schaumkämme bilden sich in großer Zahl (vereinzelt kann schon etwas Gischt vorkommen).
6	starker Wind	22-27 / 10,8-13,8 / 39-49	Starke Äste in Bewegung; Pfeifen in Telegrafendrähten; Regenschirme schwierig zu benutzen.	Die Bildung großer Wellen beginnt. Überall treten ausgedehnte weiße Schaumkämme auf (üblicherweise kommt Gischt vor).
7	steifer Wind	28-33 / 13,9-17,1 / 50-61	Ganze Bäume in Bewegung; fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind.	Die See türmt sich. Der beim Brechen der Wellen entstehende Schaum beginnt sich in Streifen in Windrichtung zu legen.
8	stürmischer	34-40 / 17,2-20,7 /	Bricht Zweige von	Mäßig hohe Wellenberge von



GdHM - Wetterschule
- Deutschlands "erste Schule" für angehende Wetterfrösche

Lektion	14	Der Wind	7 (7)
---------	----	----------	-------

	Wind	62-74	den Bäumen; erschwert erheblich das Gehen.	beträchtlicher Länge; Die Kanten der Kämmen beginnen zu Gischt zu verwehen. Der Schaum legt sich in gut ausgeprägten Streifen in Windrichtung.
9	Sturm	41-47 / 20,8-24,2 / 75-88	Kleinere Schäden an Häusern (Rauchhauben und Dachziegel werden heruntergeworfen).	Hohe Wellenberge; dichte Schaumstreifen in Windrichtung. Das bekannte "Rollen" der See beginnt. Der Gischt kann die Sicht beeinträchtigen.
10	schwerer Sturm	48-55 / 24,5-28,4 / 89-102	Kommt im Binnenland selten vor. Bäume werden entwurzelt; bedeutende Schäden an Häusern.	Sehr hohe Wellenberge mit langen Kämmen. Die entstehenden Schaumflächen werden in so dichten weißen Streifen in Richtung des Windes geweht, daß die Meeresoberfläche in ganzen weiß aussieht. Das Rollen der See wird schwer und stoßartig. Die Sicht ist beeinträchtigt.
11	orkanartiger Sturm	56-63 / 28,5-32,6 / 103-117	Kommt im Binnenland sehr selten vor; begleitet von verbreiteten Sturmschäden.	Außergewöhnlich hohe Wellenberge (kleine und mittelgroße Schiffe können zeitweise hinter den Wellenbergen aus der Sicht verloren werden). Die See ist vollständig von den langen weißen Schaumflächen bedeckt, die in Richtung des Windes verlaufen. Überall werde die Kanten der Wellenkämme zu Gischt v verweht. Die Sicht ist herabgesetzt.
12	Orkan	>63 / >32,6 / >117	-	Die Luft ist mit Schaum und Gischt angefüllt. Die See ist vollständig weiß vom treibenden Gischt. Die Sicht ist sehr stark herabgesetzt.