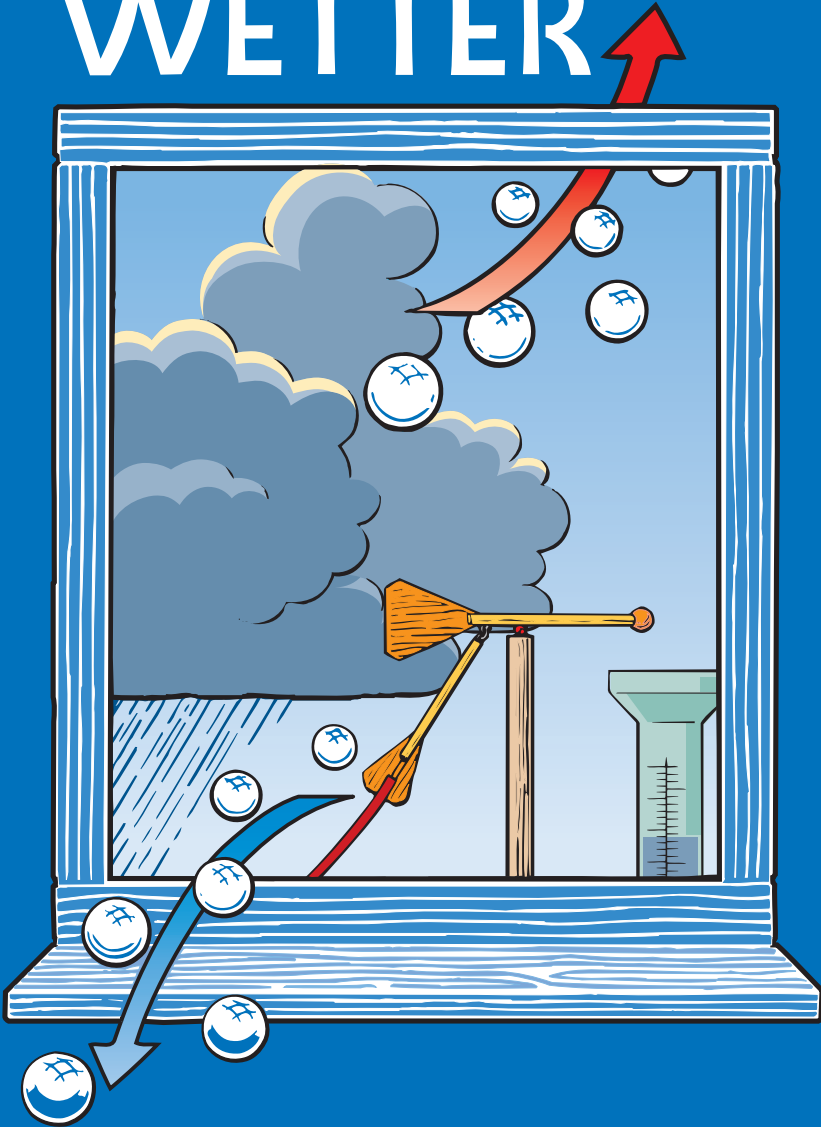


# WIND und WETTER



beobachten  
experimentieren  
erleben





# WIND und WETTER

**Experimente und Beobachtungen  
mit Luft, Wind, Temperatur, Feuchtigkeit, Wetter und den Farben in der Luft.**

**Ab 12 Jahre**

„Wind und Wetter“ ist eine spannende Mischung aus Experimentierkasten, Anleitung für Naturbeobachtungen und Wetter-Sachbuch für Kinder und Jugendliche ab 12 Jahren. Auch am Wetter interessierte Erwachsene entdecken dabei viele unbekannte Phänomene und Zusammenhänge. Die Lebendigkeit von Wind und Wetter um uns herum wird anschaulich beschrieben und mit vielen eigenen Versuchen im Winter, Frühjahr, Sommer und Herbst, im Zimmer und im Freien erfahrbar. Wer sich intensiv damit beschäftigt, bekommt ein gutes Gefühl für unser turbulentes Wetter, für die Beobachtung, den Wetterbericht und warum uns der Wind um die Nase pfeift.

**Achtung:**

Die Versuche mit Kerze und kochendem Wasser nur unter Aufsicht Erwachsener, Feuer- und Verbrennungsgefahr.

Nicht geeignet für Kinder unter 3 Jahren, enthält Kleinteile, Verschluckungsgefahr.

Firmenanschrift für spätere Rückfragen aufbewahren:

Walter Kraul GmbH

D-82057 Icking

Tel: 08178/4430

[www.spielzeug-kraul.de](http://www.spielzeug-kraul.de) · [www.spielundzukunft.de](http://www.spielundzukunft.de)

**beobachten experimentieren erleben**

## **INHALT:**

### **Regenmesser:**

- 1 Regenmesser
- 1 Holzwürfel mit zwei Bohrungen
- 2 Kabelbinder

### **Windfahne:**

- 2 Sperrholzteile
- 2 Holzstäbe
- Holzkugel
- Stoffband
- Nagel, 2 Schraub-Ösen, Schlüsselring und Holzperle (in der Tüte)
- 2 Thermometer
- 4 Luftballons
- Plastikflasche und Spritzverschluss
- Seifenblasen
- Klebstoff

### **In der Tüte sind:**

- 1 Nagel
- 2 Schraub-Ösen
- 1 Schlüsselring
- 2 Holzperlen
- 2 Farbstofftabletten (Lebensmittelfarbe)

### **Zusätzlich brauchst du:**

- Wind, Sonne, Regen, Schnee
- Papier, Stifte, Schere, Faden und Teelicht
- sowie verschiedene Haushaltsgegenstände und Werkzeuge

# INHALTSVERZEICHNIS

## 1. EXPERIMENTE MIT DER LUFT

Luft zum Fühlen und Anfassen . . . . .	6
Warum geht dir auf einem Berg schneller die Luft aus? . . . . .	6
Luftballonwaage . . . . .	7
Druckluftspritze . . . . .	7
Wind . . . . .	8
Zugluft – der Wind im Zimmer . . . . .	8
Warme Luft braucht mehr Platz . . . . .	9
Auf- und Absteigen der Luft . . . . .	10
Warmluft-Spirale . . . . .	11
Warmes Wasser steigt auf – Flaschenvulkan . . . . .	12
Inversionswetter . . . . .	14

## 2. EXPERIMENTE MIT DEM WIND

Sonnenlicht wärmt . . . . .	15
Ausgleichwinde . . . . .	17
Wind an Hindernissen . . . . .	18
Flasche als Hindernis . . . . .	19
Föhn . . . . .	20
Wie weht der Wind bei dir? . . . . .	20

## 3. EXPERIMENTE MIT DEM LUFTDRUCK

Ei-Versuch . . . . .	21
Druck und Gegendruck . . . . .	22
Luftdruck in der Wetterkunde . . . . .	22
Luftdruck als Höhenmesser . . . . .	23
Die Wetterkarte . . . . .	24
Die Wetterkarte vom 8. Juli . . . . .	25

## 4. EXPERIMENTE MIT DEINEN THERMOMETERN

Welche Temperatur zeigen deine Thermometer an? . . . . .	26
Temperatur messen . . . . .	27
Die wahre Lufttemperatur . . . . .	28

## 5. EXPERIMENTE MIT DER FEUCHTIGKEIT IN DER LUFT

Feuchttemperatur . . . . .	30
Verdunstung – Wie kommt das Wasser in die Luft? . . . . .	31
Verdunstungsversuche bei Sonnenschein . . . . .	32
Feuchtigkeit aus dem Erdboden . . . . .	37
Feuchtigkeit aus Pflanzen . . . . .	38
Du lässt es regnen . . . . .	39
Trüber Spiegel . . . . .	40
Beschlagene Flasche . . . . .	40
Beschlagenes Fenster . . . . .	40
Tau . . . . .	41
Wasserdampf kondensiert in der Luft . . . . .	41

Wolkenbildung . . . . .	41
Der Wasserkreislauf . . . . .	42

## 6. WOLKEN, REGEN UND GEWITTER

Nebel . . . . .	43
Wolken . . . . .	43
Warum regnet es aus Wolken? . . . . .	44
Warum fällt nur der Regen und nicht die ganze Wolke vom Himmel? . . . . .	45
Regenbeobachtung . . . . .	45
Schnee . . . . .	46
Hagel . . . . .	46
Gewitter . . . . .	47
Wie weit ist ein Gewitter entfernt? . . . . .	47

## 7. FARBEN AM HIMMEL

Regenbogenexperimente . . . . .	47
Glorie . . . . .	49
Halo . . . . .	49

## 8. SPUREN DES MENSCHEN IN WIND UND WETTER

Der Londoner Smog . . . . .	50
Sommersmog . . . . .	50
Feinstaub . . . . .	50
Wie viel Staub und Dreck schwebt in eurer Luft? . . . . .	50
Saurer Regen . . . . .	51
Wie sauer ist der Regen bei dir? . . . . .	51
Luft: je höher, desto empfindlicher . . . . .	52
Klimaerwärmung . . . . .	52

## 9. MESSGERÄTE

Regenmesser . . . . .	53
Windfahne mit Windgeschwindigkeit . . . . .	55
Temperatur und Luftfeuchtigkeit . . . . .	56
Hygrometer . . . . .	56
Bau einer Druckdose als Barometer . . . . .	56

## 10. WETTERBEOBACHTUNG UND VORHERSAGE

Wetter im Internet . . . . .	59
Wetterschlüssel für Einsteiger . . . . .	60
Eigene regelmäßige Wetterbeobachtung . . . . .	60
Blütenbeginn und Zugvögel, die älteste Art der Klimabeobachtung . . . . .	61
Intensivere Beobachtungen . . . . .	62
Wetterregeln und Wettervorhersage . . . . .	62
Abendrot – Schönwetterbot! . . . . .	63
Morgenrot – Schlechtwetter droht! . . . . .	63
Bücher zum Thema „Wetter“: . . . . .	63



## 1. EXPERIMENTE MIT DER LUFT

### Luft zum Fühlen und Anfassen

*Du brauchst: einen Luftballon, ein Briefkuvert oder eine dünne Plastikplane*

Die Luft ist sehr lebendig. Du kannst sie fühlen, aber nicht sehen. Wenn du tief einatmest, wölben sich deine Brust und dein Bauch. Spürst du, wie die Luft dich beim Atmen füllt?

Kannst du Luft anfassen? Versuchst du Luft in deiner Hand einzuschließen, entweicht sie einfach zwischen deinen Fingern und du kannst sie nicht festhalten.

Bläst du allerdings einen Luftballon auf und knotest ihn zu, hast du Luft eingeschlossen und greifbar gemacht. Die Luft in deinem Ballon

lässt sich hin und her schieben, drücken und auf diese Weise anfassen. Du spürst die Luft genauso, wenn du ein Briefkuvert zuklebst, einen engen Deckel auf einen Karton stülpst, eine Luftmatratze zusammenrollst oder eine Plastiktüte oder Plastikplane ganz klein zusammenlegen willst.

### Warum geht dir auf einem Berg schneller die Luft aus?

*Du brauchst: Luftballon, Schnur*

Man sagt, die Luft wird mit der Höhe dünner. Eigentlich ist sie nur „weniger dicht“. Wenn du mit einer Seilbahn in kurzer Zeit auf einen hohen Berg hinauffährst, beobachte, wie du dort oben tatsächlich häufiger atmen musst.



Abb. 1: Luft ist spürbar



Abb. 2: Der Ballon ist größer geworden

Du gerätst auch schneller „außer Atem“, dafür lässt sich die Luft in der Höhe leichter ein- und ausatmen.

Nimm doch einen aufgeblasenen Luftballon in der Seilbahn mit. Vor der Fahrt knotest du eine Schnur wie einen Gürtel um den Luftballon. Bei großem Höhenunterschied wird der Ballon beim Hinauffahren größer – der Gürtel schnürt deinen Ballon ein. Die gleiche Luftmenge im zugeknoteten Ballon braucht also mehr Platz, wenn außen herum die Luft dünner geworden ist.

### Luftballonwaage

*Du brauchst: zwei Luftballons, Holzstange, Nähfaden, Schere, Nadel, Klebstreifen, eventuell Briefwaage*

Luft hat sogar Gewicht. Mit zwei fest aufgeblasenen Luftballons baust du dir eine Luftballonwaage: Knote an die Luftballons je ein Stück Faden und binde die Ballons an die Enden des längeren Holzstabes aus deinem Experimentierkasten. Die Fäden fixierst du je mit einem kleinen Klebstreifen, damit sie nicht verrutschen. Einen weiteren Faden knotest du in die Mitte der Stange. Dann verschiebst du diesen mittleren Faden vorsichtig, bis die Stange waagrecht hängt und fixierst den Faden wieder mit Klebstreifen. Damit ist die Luftballonwaage im Gleichgewicht. Mit einer Schere schneidest du nun in einen Luftballon ein Loch direkt am Knoten. Die Luft geht aus dem Luftballon und die Waage pendelt sich neu ein und hängt dabei leicht schief. Der noch mit Luft gefüllte Luftballon zieht die Waage nach unten, der andere hat das Gewicht der im Ballon zusätzlich zusammengedrückten Luft verloren und ist leichter geworden.

Versuche doch, die Waage wieder ins Gleichgewicht zu bekommen, in dem du Gummibänder oder Klebstreifen an den kaputten Ballon klebst. Auf Meereshöhe wiegt ein Liter Luft etwa 1,3 Gramm.



Abb. 3: Luft hat Gewicht

### Druckluftspritze

*Du brauchst: Kleine Plastikflasche mit Deckel und Spritzrohr, Wasser*

Luft hat Kraft. Um das auszuprobieren, gehe lieber ins Badezimmer oder ins Freie, weil es spritzen kann. Nimm die kleine Flasche, den Deckel und das gebogene Rohr. Dann fülle die kleine Flasche zu einem Viertel mit Wasser und schraube den Deckel mit dem Spritzrohr fest darauf. Das Rohr muss bis ins Wasser reichen. Blase mit etwas Kraft durch das Rohr in die Flasche und halte dann mit der Zunge das Rohr



Abb. 4: Luft hat Kraft

zu. Wenn du es über der Badewanne oder dem Waschbecken loslässt, spritzt Wasser heraus – die Luft hat die Kraft, das viel schwerere Wasser aus der Flasche zu drücken.

## Wind

*Du brauchst: Seifenblasen, Wind*

Die wahre Kraft der Luft erlebst du bei Sturm. Nur durch bewegte Luft, also Wind, fliegt dein Drachen, fahren Segelschiffe, können sogar Bäume umstürzen und Dächer abgedeckt werden.

Aber wie bewegt sich Luft? Halte deine Hand vor deine Nase und atme durch die Nase – du spürst, wie sich die Luft bewegt und an deiner Hand vorbeiströmt. Weht draußen Wind, fliegen deine Seifenblasen mit dem Wind davon. Probiere es bei wenig Wind aus. Die Flugbahn deiner Seifenblasen zeigt dir an, wie sich die Luft bewegt. Auch an Rauchfahnen, Blättern oder Staub, sogar an Wellen kannst du die Bewegungen der Luft beobachten. Es gibt auch Winde, die nach oben oder unten wehen, das sind Auf- oder Abwinde, Fachleute nennen sie „Thermik“.

## Zugluft – der Wind im Zimmer

*Du brauchst: 1 Teelicht*

Selbst in einem geschlossenen Raum bewegt sich die Luft. Fast unmerklich und viel langsamer als draußen, trotzdem kannst du diese zarte Luftbewegung sichtbar machen:

Bei den Versuchen mit einer Flamme muss immer ein Erwachsener dabei bleiben! Zudem große Vorsicht mit der Flamme bei Vorhängen oder Gardinen!

Zünde dein Teelicht an und stelle es auf den Tisch, die Heizung oder auf die Türschwelle. Die Flamme flackert mit der Luftbewegung im Zimmer. Interessant ist, festzustellen, wie



Abb. 5: Die Flugbahn der Seifenblasen zeigen an, wie sich die Luft bewegt



Abb. 6: Selbst in geschlossenen Räumen bewegt sich die Luft

dicht die Fenster und Türen bei euch in der Wohnung schließen. Schließe dazu alle Fenster und Türen in deinem Versuchszimmer. Halte dann die Kerze vor die Türschwelle, vor das Schlüsselloch oder fahre mit der Kerze vorsichtig die Türseiten ab. Überall, wo die Flamme unruhig wird, kommt ein leichter Luftzug ins Zimmer. Vor allem im Winter flackert deine Flamme an der Türschwelle stark. So kannst du auch ausprobieren, wie dicht deine Fenster sind! Im Winter bei großer Kälte stelle die Kerze längere Zeit auf dein Fensterbrett. Auch wenn dein Fenster gut schließt, flackert die Flamme leicht hin und her.

### Warme Luft braucht mehr Platz

*Du brauchst: 1-Liter-Glas- oder Aluf Flasche, ein paar Kieselsteine zum Beschweren, Luftballon, Gummiband, Topf mit Wasser, Herd, Topflappen, Kühlschrank*

Auch bei diesem Versuch sollte wieder ein Erwachsener dabei sein. Zur Vorbereitung bläst du den Luftballon einmal auf, drückst aber die Luft wieder heraus. In die Flasche füllst du ein paar Kieselsteine, damit die Flasche im Wasser nicht kippelt. Dann stülpst du den Luftballon über den offenen Flaschenhals, eventuell befestigst du ihn noch mit einem Gummiband. Die Flasche stellst du in den Topf mit 5 Zentimeter Wasser und erwärmst das Wasser auf dem Herd. Lass das Wasser ruhig



Abb. 7: Bei Erwärmung dehnt sich Luft aus, bei Abkühlung verdichtet sie sich

eine Weile kochen. Dabei erwärmt sich die Luft in der Flasche und bläst ganz allmählich den Luftballon auf. Die gleiche Luft, die vorher nur die Flasche ausgefüllt hat, braucht offensichtlich mehr Platz, wenn sie warm wird: Sie füllt dann nicht nur die Flasche, sondern auch den Luftballon. Die Luft, die kalt nur die Flasche ausgefüllt hat, ist dadurch dünner und somit auch leichter geworden.

Nimm die Flasche mit einem Topflappen aus dem Topf und lass sie abkühlen. Dabei schrumpelt der Ballon so nach und nach zusammen, die Luft in der Flasche verdichtet sich wieder. Stellst du nun die abgekühlte Flasche in den Kühlschrank oder sogar ins Eisfach, dann wird der Ballon in die Flasche gesaugt, so sehr verdichtet sich die Luft. Je kälter sie wird, desto dichter und schwerer wird sie.

*Du brauchst: kleine Plastikflasche, Deckel, gebogenes Rohr, Wasser*

Mit der kleinen Plastikflasche mit dem Rohr geht das Experimentieren weiter: Fülle die Flasche wieder zu einem Viertel mit heißem Wasser und schraube den Deckel fest darauf. Das Rohr soll bis ins Wasser reichen. Nun stelle die Flasche auf den Tisch und beobachte, was passiert. Nach kurzer Zeit kommen kleine Luftblasen aus dem Rohr und steigen durch das Wasser auf. Da die Luft in der Flasche sofort von dem heißen Wasser erwärmt wurde, sich nun aber wieder abkühlt, zieht sie sich zusammen. Sie braucht weniger Platz und saugt Luft durch das Rohr in die Flasche.

Du siehst also: Warme Luft braucht mehr Platz, sie ist dünner und daher auch leichter als kalte Luft. Kalte Luft nimmt weniger Platz ein und ist schwerer.

### **Auf- und Absteigen der Luft**

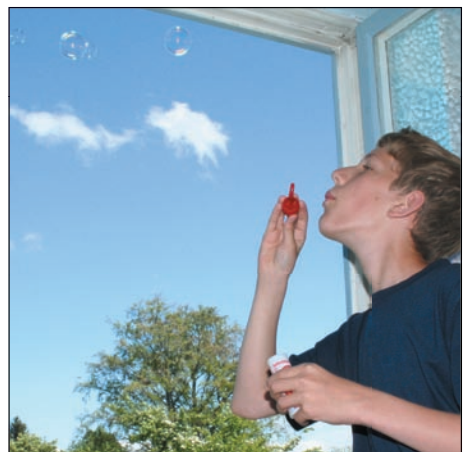
Vertragen sich warme und kalte Luft? Probiere es am besten aus, wenn es draußen sehr kalt und drinnen gemütlich warm ist. Die meisten



*Abb. 8: Die Seifenblasen steigen mit der warmen Luft nach oben*

Versuche klappen auch an warmen Sommermittagen, wenn es draußen wärmer ist als im Haus.

*Du brauchst: Seifenblasen, warme Heizkörper oder eine besonnte Hauswand*  
Nimm deine Seifenblasen mit zu einem warmen Heizkörper. Blase vorsichtig Seifenblasen in Richtung Heizkörper und beobachte, was passiert: Zuerst fliegen die Seifenblasen waag-



*Abb. 9: Die Seifenblasen steigen mit der warmen Luft nach oben*

recht auf den Heizkörper zu, dann beginnen einige in der Nähe des Heizkörpers sehr rasch aufzusteigen. Wenn die Seifenblasen nicht an der Decke zerplatzen, sinken sie plötzlich wieder abwärts. Mit etwas Übung gelingt dir dieser Versuch sehr gut, die Luftströmungen um einen Heizkörper sichtbar zu machen.

In der warmen Jahreszeit suche dir eine von der Sonne beschienene Hauswand. Wenn du die Seifenblasen vorsichtig in Richtung Wand bläst, steigen sie bis über das Dach.

*Du brauchst: Seifenblasen und ein offenes Fenster*

Öffne im Winter ein großes Fenster oder die Haustür und blase Seifenblasen nach draußen. Achte darauf, dass alle anderen Fenster und Türen in dem Zimmer geschlossen sind. Bläst du die Seifenblasen in den oberen Teil des Fensters oder der Tür, schweben sie rasch nach außen, oft sogar nach oben weg.

Pustest du die Seifenblasen aber in den unteren Teil des Fensters oder der Tür, kommen dir die Seifenblasen plötzlich entgegen und fliegen in den Raum zurück. Ist es draußen frostig kalt und du bläst viele Seifenblasen an den unteren Fensterrand, fallen die Seifenblasen fast wie in einem Wasserfall in das Zimmer zurück. In welche Richtung fliegen die Seifenblasen im Sommer, wenn es draußen wärmer ist als im Haus? Dann fliegen sie im unteren Teil des Fensters nach draußen und kommen dir, wenn du sie in den oberen Teil des Fensters bläst, wieder entgegen.

Du hast bei diesem Versuch ein grundlegendes Prinzip der Luftbewegung beobachtet: Wenn kalte Luft auf warme Luft trifft, wie zum Beispiel am offenen Fenster, wird die Luft lebendig. Je größer der Temperatur-Unterschied ist, desto schneller bewegt sich die Luft, desto stärker wird der Wind. Wie du gesehen hast, versucht die warme Luft immer nach oben zu gelangen, sie ist leichter als die kalte. Daher strömt im Winter warme Luft im oberen Teil des Fensters

hinaus und kalte Luft unten zum Fenster herein. Auch die Seifenblasen steigen über den Heizkörper nach oben, die warme leichtere Luft nimmt sie beim Aufsteigen einfach mit. Eine Hauswand wird von Sonnenlicht aufgewärmt. Dabei erwärmt sich auch die Luft in der Wandnähe und beginnt aufzusteigen. Deine Seifenblasen machen das sichtbar.

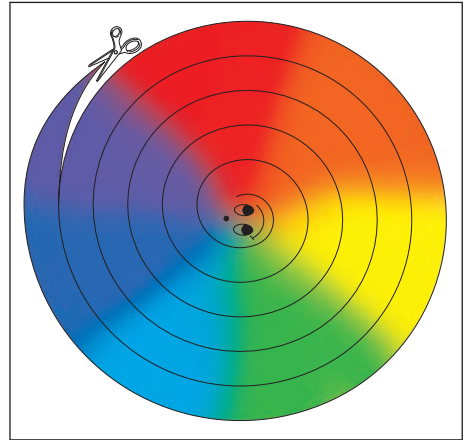


Abb. 10: Warmluftschlange (auf festerem Papier in der Heftmitte)

## Warmluft-Spirale

*Du brauchst: die ausgeschnittene Papier-schlange von Abb. 10 (Heftmitte), eine Perle, Faden*

Mit einer Schlangen-Spirale kannst du die Geschwindigkeit, mit der die Luft aufsteigt, genauer beobachten. Schneide dir die Schlange aus und stich vorsichtig das Loch am Kopf auf. Knoten die Perle an einen festen Faden und fädle die Schlange am Kopf darauf. An dem Faden hängst du die Schlangen-Spirale über einem Heizkörper auf. Je nachdem, wie stark die Luft aufsteigt, dreht sich deine Schlange langsamer oder schneller. Schau die nächsten Tage immer wieder nach, wie schnell sich deine Schlange dreht und prüfe gleichzeitig, wie warm der Heizkörper gerade ist.

Solche Auf- und Abwinde kannst du auch in der Natur beobachten: Quellwolken und Gewitter entstehen dort, wo die Luft aufsteigt. Die aufsteigende Luft nutzen größere Vögel wie Störche, Bussarde und Adler, um mühelos in der Luft zu kreisen und ihre Beute zu suchen. Sie haben aber offensichtlich auch Spaß an dem Flug in der „Thermik“, wie das die Gleitschirm-, Drachen- oder Segelflieger nennen. Auch diese versuchen es den Vögeln nachzumachen. Diese Aufwinde können so stark werden, dass sogar Fallschirmspringer wieder nach oben gehoben werden. Die Heißluftballonfahrer nutzen ebenso die Tragkraft der heißeren Luft. Sie heizen die Luft im Ballon so lange auf, bis sie leicht genug geworden ist, um das Gewicht des Ballons mit Korb und Piloten in die Luft heben zu können.

**Warmes Wasser steigt auf – Flaschenvulkan**

*Du brauchst: kleine Plastikflasche, gläserner Krug oder Schüssel, kleine Kieselsteine, Farbtabelle, kaltes und heißes Wasser, Thermometer*

Einen ähnlichen Versuch kannst du auch mit Wasser machen. Suche dir ein paar kleine Kieselsteine und einen großen Krug, Vase oder

eine hohe Schüssel aus durchsichtigem Glas. Deine kleine Flasche sollte gut hineinpassen und mindestens fünf Zentimeter niedriger sein. Stelle die kleine Flasche in dein größeres Gefäß und fülle beides mit möglichst kaltem Wasser, bis die kleine Flasche etwa fünf Zentimeter unter Wasser steht. Hole dann die kleine Flasche vorsichtig heraus, schüttele das kalte Wasser aus der Flasche weg und stecke als Gewicht ein paar kleine Steine hinein. Nun löse in einem anderen hitzebeständigen Gefäß etwa ein Viertel von einer Farbtabelle in etwas heißem Wasser auf. Dann fülle das heiße, gefärbte Wasser in die kleine



Abb. 11: Der „Vulkan“ aus der Flasche

Flasche. Nimm nun die Flasche in die Hand und halte dabei einen Finger fest auf die Öffnung. Stelle sie langsam und vorsichtig – ohne das Wasser zu sehr in Bewegung zu bringen – in dein größeres Gefäß mit dem kalten Wasser. Wenn die Flasche gut im kalten Wasser steht, nimm den Finger ganz langsam von der Flaschenöffnung. Nun steigt das farbige Wasser aus der kleinen Flasche auf und vermischt sich mit dem kalten, klaren Wasser. Schließlich ist die oberste Schicht vom kalten Wasser bis etwa zur Öffnung der kleinen Flasche gefärbt. Nimm jetzt ein Thermometer und tauche es ganz vorsichtig in das gefärbte Wasser

hinein. Rühre mit dem Thermometer nicht um, sondern warte eine Minute und lies dann die Temperatur ab. Dann halte ein Thermometer bis zum Boden der Schüssel und lies es wieder nach einer Minute ab.

Was ist passiert? Das gefärbte warme Wasser aus der Flasche ist aufgestiegen und hat sich nur mit dem kalten Wasser der oberen Schicht vermischt. Offenbar ist das gefärbte Wasser genauso wie die Luft in den vorherigen Experimenten leichter als das kalte und bleibt obenauf liegen. Das schwerere kalte Wasser bleibt dagegen unten. Lass diesen Versuch noch ein paar Stunden stehen und beobachte, was weiterhin passiert. Miss auch alle 30 Minuten noch einmal oben und unten im Wasser die Temperatur.

Falls dir der Farbstoff beim Experimentieren ausgeht, kannst du dir mit Lebensmittelfarben oder etwas Tinte behelfen.



### Inversionswetter

In der Luft entsteht vor allem im Herbst und im Winter eine ähnliche Situation wie bei deinem Flaschenvulkan-Versuch. Dann sammelt sich in den unteren 200 bis 500 Metern über dem Boden kalte Luft, über die wärmere Luft zieht. Diese wärmere, leichte Luft legt sich wie eine Decke über die kalte schwere Luft. Die beiden Luftschichten, die kalte unten und die wärmere oben vermischen sich nicht. Aller Staub und alle Abgase, die vom Boden in diese kalte Luftschicht gelangen, müssen dort bleiben. Sie können nicht an der warmen Luft oben drüber vorbei.

Man spricht von einer „Inversionswetterlage“ (Umkehrungswetterlage). Dauert diese Wetterlage über mehrere Tage an, so sammeln sich immer mehr Abgase in der Luft, man spricht schließlich von „Smog“ (Abb. 12). Erst kräftiger Wind kann die Luft so stark verwirbeln, dass sich



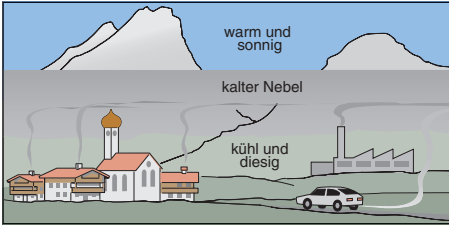


Abb. 12: Inversions-Wetter

die Inversion wieder auflöst und die Smogluft in die oberen Luftschichten entweichen kann, um später vom Regen ausgewaschen zu werden. Das Wort Inversion bedeutet Umkehr. Es wird hier verwendet, da bei normalen Wetterlagen, wenn der Wind für eine andauernde Durchmischung der Luft sorgen kann, die Luft unten wärmer ist und oben kälter. Bei einer Inversionswetterlage ist es aber genau umgekehrt.

Die Gesetze nach denen sich Luft bewegt, lauten also:

Warme Luft steigt auf, kalte Luft sinkt ab.

Wo warme und kalte Luft aufeinander treffen, entsteht Wind.



Abb. 13: Blick aus den Bergen



## 2. EXPERIMENTE MIT DEM WIND

Bei den Experimenten mit der Luft hast du schon Wind beobachtet. Du hast gesehen, wie der Unterschied zwischen Warm und Kalt Wind entstehen lässt. Wo aber kommen diese Warm-Kalt-Unterschiede in der Natur her?

Die treibende Kraft für die Wärme ist die Sonne. Sie heizt die Erde um den Äquator herum am stärksten auf, während sie die großen Eismassen an Nord- und Südpol kaum erwärmen kann. Dieser Temperaturunterschied zwischen Äquator und den Polen bringt die Luft weltweit immer wieder in Bewegung und hält das ganze Wettergeschehen aufrecht. Das Wetter kommt nie zur Ruhe!

Im Kleinen entsteht Wind im Zusammenspiel von Sonne und Landschaft. Dazu die nächsten Versuche:

## Sonnenlicht wärmt

Du brauchst: schwarzes und weißes Papier, Sonnenschein in der warmen Jahreszeit  
Schneide das schwarze Papier aus der Mitte dieses Heftes und lege es neben ein weißes Papier etwa fünf Minuten lang in die Sonne. Dann prüfe mit deiner Hand die Temperatur der beiden Papiere. Das weiße Papier fühlt sich mehr oder weniger wie vorher an, das schwarze ist dagegen wärmer geworden. Die Sonne hat es gewärmt.

Du brauchst: zwei gleiche, möglichst schmale Trink- oder Marmeladengläser, weißes und schwarzes Papier, Klebstreifen, Thermometer, Sonnenschein in der warmen Jahreszeit, kariertes Papier, Stift, Erde oder Sand

Wickle um die beiden Gläser je ein weißes und ein schwarzes Papier und befestige sie mit Klebstreifen (Abb. 15). Dann stelle dein schwarzes und dein weißes Glas wieder aufs Fensterbrett oder im Freien in die Sonne und fülle sie gleichhoch mit Wasser. Lasse sie dort eine Weile stehen und von der Sonne aufheizen.

Miss alle fünf Minuten in beiden Gläsern die Wassertemperatur und trage sie ein Diagramm ein. Ein Beispiel für ein solches Diagramm findest du in Abb. 16. Die Sonne hat das schwarz eingepackte Glas mehr erwärmt. Wickle nun deine beiden Gläser aus und schütte das wärmere Wasser weg.

Hol dir in dem leeren Glas zwei Handvoll Erde oder Sand und befeuchte sie mit etwas Wasser. Lass die beiden Gläser mit Erde und Wasser zunächst im Zimmer oder im Freien im Schatten stehen, bis beide dieselbe Temperatur haben. Du kannst das mit deinen Thermometern nachmessen. Wieder stellst du beide Gläser in die Sonne und misst alle fünf Minuten die Temperaturen.

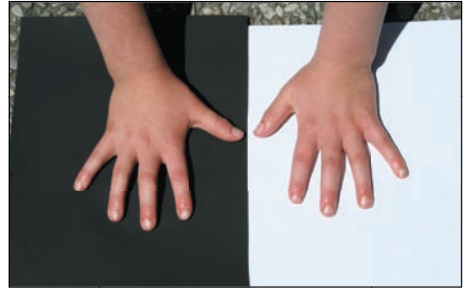


Abb. 14: Schwarz und Weiß in der Sonne



Abb. 15: Die Sonne erwärmt die Gläser unterschiedlich

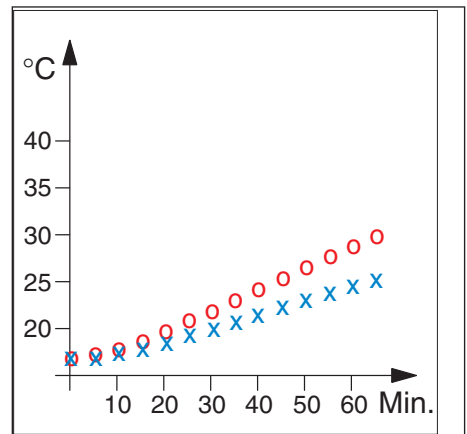


Abb. 16: Die Sonne erwärmt: o das schwarze Glas; x das weiße Glas



Abb. 17: Gläser mit Wasser und mit feuchter Erde

Schon nach zehn Minuten kannst du feststellen, dass die Erde vor allem an der sonnenbeschienenen Seite wärmer geworden ist als das Wasser. Miss eine Zeit lang weiter und vergleiche die Temperaturen mit den Werten, die du bei dem Versuch mit dem schwarz eingepackten Glas gemessen hast.

Schütte das Wasser weg und hole dir in diesem Glas auch Sand oder Erde. Gib in dieses Glas soviel Wasser dazu, bis es durch und durch nass ist. Wiederhole den vorherigen Versuch und miss wieder die Temperaturen. Stimmt es, dass die nasse Erde, obwohl sie etwas dunkler ist, sich langsamer erwärmt?

Diese Versuche haben dir gezeigt: In der Sonne erwärmen sich dunkle Oberflächen schneller als helle und trockene Materialien schneller als nasse.

### Ausgleichswinde

So wie die Sonne das dunkle Papier und die trockene Erde immer schneller erwärmt, heizen sich in der Natur auch die dunkleren und trockenen Stellen am Erdboden von der

Sonne stärker auf. Ebenso erwärmen sich verschiedene Materialien (Stein, Erde, Pflanzen etc.) unterschiedlich schnell, sie kühlen auch unterschiedlich schnell im Schatten oder in der Nacht wieder ab. Das kannst du mit deinen Thermometern immer wieder messen. Es entstehen wärmere und kühlere Stellen am Boden, die ihre Wärme an die Luft über dem Boden abgeben. Wie du schon herausgefunden hast, versucht die Luft diese Temperatur-Unterschiede möglichst schnell wieder auszugleichen. Es entsteht Wind.

Starke Temperatur-Unterschiede findest du im Gebirge, an großen Seen und an der Küste. Dort, wo Wasser und Land nebeneinander liegen, erwärmt sich das feste Land von der Sonne tagsüber schneller als das Wasser. Die warme Luft steigt auf. Vom Wasser strömt Luft nach und es entsteht ein See-Land-Wind (Abb. 18). Dabei sinkt die Luft über dem kälteren Wasser wieder ab und es entsteht ein richtiger Windkreislauf. Nachts kühlt sich das Land

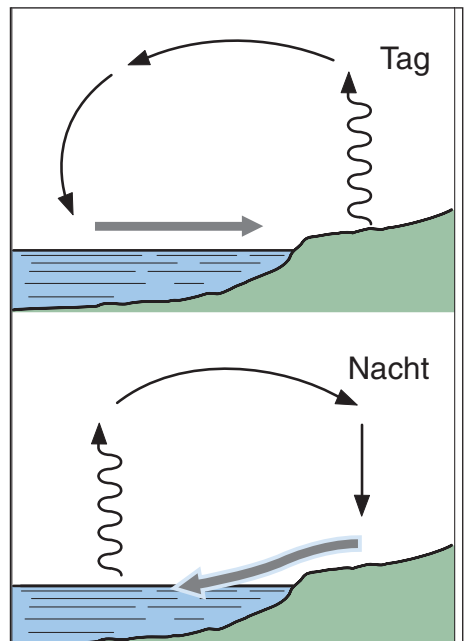


Abb. 18: Land- und Seewind

schneller ab als das Wasser. Dann steigt über dem wärmeren Wasser die Luft auf und der Wind dreht sich um zum Land-See-Wind. Auch hier schließt sich mit einem Gegenwind der Kreislauf in der Höhe.

Ähnliches passiert auch im Gebirge. Tagsüber erwärmt die Sonne die Berghänge und die Luft beginnt dort aufzusteigen. Der Wind weht an den sonnenbeschienenen Berghängen nach oben und strömt vom Flachland durch die Täler in das Gebirge nach. Nachts kühlt sich die Luft an den Berghängen wieder ab und sinkt nach unten. Der Wind bläst vom Berg ins Tal hinunter und die kalte Luft fließt wie die Flüsse das Tal hinaus (Abb. 19). Dieser Bergwind weht dann solange, bis in den Morgenstunden die Sonne wieder stark genug wärmt.

In kleinen Tälern ist das manchmal nur ein schwacher Luftzug, der nur wenige Meter dick ist. In großen Tälern weht oft ein kräftiger Wind, der 500 Meter und mehr mächtig sein kann.

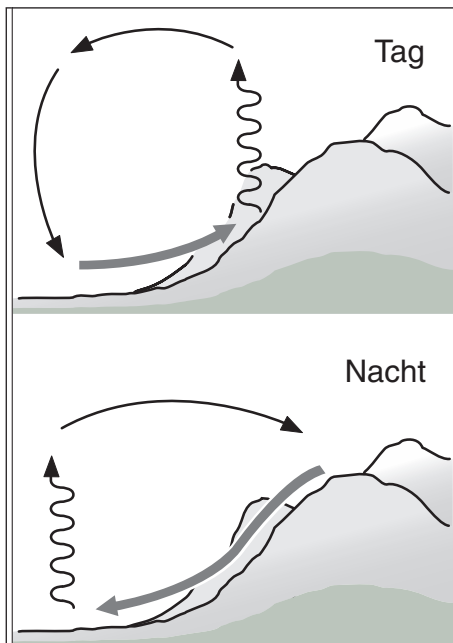


Abb. 19: Berg- und Talwind

Grenzt ein Gebirge direkt an einen großen See oder ans Meer, so verstärken sich diese Winde. Das kannst du zum Beispiel am Gardasee beobachten. Der Talwind beginnt ganz regelmäßig am Mittag und wird dort „Ora“ genannt.

Kannst du dir vorstellen, wie der Wind rund um einen Gletscher oder eine große Schneefläche weht? Selbst wenn die Sonne darauf scheint, kühlt die eisige Oberfläche die Luft ab. Dann weht der kalte „Gletscherwind“ ins Tal hinunter.

Diese Ausgleichwinde kannst du nur bei einer ruhigen „Schönwetterlage“ beobachten, es sind „örtliche“ Winde. Es können sich solche Winde gegenseitig aufheben, wenn zum Beispiel ein kräftiger Talwind über einen Pass hinüber das nächste Tal hinunter weht, wie es zum Beispiel im oberen Engadin in der Schweiz öfter zu beobachten ist.

Willst du solche Windsysteme verstehen, findest du nicht immer gleich den Grund dafür und musst dich oft wundern, das macht eben die Vielfältigkeit der Natur. Bei stark bewölktem Himmel, Sturm oder allgemeinen Wetterumschwung kannst du diese Windsysteme nicht finden. Ein Ausbleiben dieser Windsysteme kündigt einen Wetterumschwung an.

Bei großen Bränden und Vulkanausbrüchen wird die Luft natürlich auch stark erhitzt. Sie steigt über der Brandstelle auf und saugt dabei aus allen Richtungen weitere Luft an. So kann es zum Feuersturm kommen, der immer zum Feuer hin weht.

### Wind an Hindernissen

Wie der Wind weht, hängt aber auch davon ab, welche Hindernisse im Weg stehen. Der Wind muss zum Beispiel um Häuser, Bäume oder Mauern herumströmen oder gar um Berge oder Küstenklippen oder er muss einem Flusstal folgen.

*Du brauchst: Seifenblasen, leichten Wind*

Beobachte die Umströmung von kleinen Hindernissen im Freien bei leichtem Wind. Stelle dich an Hausecken, hinter Mauern oder Sträuchern auf und puste Seifenblasen in den Wind. Sie fliegen in alle Richtungen weg, wirbeln umher, verschwinden manchmal einfach um eine Hausecke oder kommen wieder zu dir zurück. Es ist sehr schwierig an solchen Flugbahnen richtig zu erkennen, aus welcher Himmelsrichtung der Wind nun wirklich kommt. Stehst du aber auf einer großen Wiese, wo kein Hindernis den Wind verwirbelt, kannst du gut erkennen, wohin er weht. Alle Seifenblasen fliegen in derselben Richtung davon.

Der Wind wird immer nach der Richtung benannt, aus der er kommt. Bei Westwind fliegen deine Seifenblasen also in Richtung Osten davon, bei Ostwind umgekehrt. Wilhelm Busch erklärt in einem kurzen Gedicht, wie man die Windrichtung erfühlt:

*Jeder leckt den Finger halt  
Und hält ihn hoch geschwind.  
Die Seite, wo der Finger kalt,  
von da her weht der Wind.*

### **Flasche als Hindernis**

*Du brauchst: 1-Liter-Flasche, Seifenblasen, Teelicht*

In deinem Zimmer kannst du Hindernisse aufbauen, um die strömende Luft abzulenken. Stelle eine Flasche auf und blase Seifenblasen darauf zu. Ein paar Seifenblasen zerplatzen an der Flasche, aber der größte Teil weicht nach links oder rechts aus und schwebt dann weiter. Die Luft weicht also dem Hindernis aus und strömt herum. Noch seltsamer scheint die Luft zu strömen, wenn du direkt hinter die Flasche eine brennende Kerze stellst und versuchst, die Kerze auszublasen. Dabei weicht die geblasene Luft zunächst der Flasche aus, strömt aber so dicht um die Flasche herum, dass die Kerzenflamme trotzdem ausgeblasen wird.



Abb. 20: Luftströmung um eine Flasche

Leg die Flasche vor dich hin. Schaffst du es die Kerze auszupusten, wenn du die Flasche anpustest?

### **Wind an Bergen**

*Du brauchst: großes Buch, Teelicht*

Ein großes Buch dient dir als „Berg“. Nimm zum Beispiel einen Atlas, klappe das Buch ein Stück weit auf und stelle es auf. Um diesen „Berg“ muss nun der Wind, besser gesagt deine Puste herumströmen. Zünde deine Kerze



Abb. 21: Ablenkung deiner Puste an einem Buch

wieder an und stelle sie auf die rechte Seite deines „Berges“. Du pustest als Wind von der linken Seite schräg auf den Berg zu. Obwohl du nicht direkt in die Kerze bläst, erlischt die Flamme. Zünde die Kerze nochmals an und stelle das Buch weg. Wenn du nun in derselben Richtung wie vorher bläst, flackert die Kerzenflamme zwar, geht aber nicht aus. Du kannst das Experiment weiterführen, indem du das Buch einen halben Meter von dir entfernt wieder aufstellst und langsam auf dich zuziehst. Zunächst zittert deine Flamme nur, wenn du bläst. Je näher der „Berg“ auf dich und die Kerze zu kommt, desto heftiger flackert die Flamme. Schließlich bläst der Luftzug, der am Berghang abprallt, die Kerze aus. Auch der Wind wird von Bergen oder Gebirgszügen auf ähnliche Weise umgelenkt.

## Föhn

Föhn ist ein Fallwind, der im „Lee“, also auf der windabgewandten Seite eines Gebirges, in das flache Land hinunter fällt. Dabei erwärmt sich die Luft und wird sehr trocken (siehe Kapitel 5). Deshalb herrscht in Föhngebieten



Abb. 22: Wind und Wolken bei Föhn

meistens gutes Wetter und sehr gute Sicht. Im „Luv“ des Gebirges, also auf der Seite, wo der Wind herkommt, können sich dagegen die Wolken stauen und häufig regnet oder schneit es dort.

Durch das Herunterfallen der Luft kann sie sich an einigen Stellen „überschlagen“ wie eine brechende Welle. Dort bilden sich dann große, fürchterlich böige Luftwirbel, die „Rotoren“. Darüber weht der Sturm in einer Wellenbewegung hinweg.

An vielen Gebirgen, auch kleineren Mittelgebirgen, entstehen Föhnwolken. Vielleicht beobachtest du bei Föhn linsenförmige Wellenwolken, sie werden auch „Föhnfische“ genannt. Sie stehen ganz ruhig und immer an der gleichen Stelle. In Abb. 22 siehst du, dass durch sie der Sturm hindurchweht. Du kannst bei ihnen nur schwer beobachten, dass sie sich auf der Vorderseite ständig neu bilden und hinten wieder auflösen. Die bewegteren Föhnwolken drehen sich mit den Rotoren, sie bilden sich ständig neu und lösen sich im absteigenden Teil des Rotors wieder auf.

## Wie weht der Wind bei dir?

Suche in einem Atlas oder auf einer Landkarte deinen Heimatort heraus. Auf der Karte sollten möglichst auch die Gebirge und Flüsse deutlich eingezeichnet sein.

Findest du in der Nähe größere Berge, eine Bergkette oder wohnst du in einem Flusstal, an einem See oder an der Küste? Meistens kommt bei uns der Wind aus Westen oder aus Osten, er wird aber in Flusstälern, an Gebirgen oder an der Küste durch die natürlichen Hindernisse umgelenkt. Zudem setzen durch Sonnenstrahlung Land- und See- oder Berg- und Talwinde ein. Daher verändert sich die Hauptwindrichtung von Region zu Region. Im Alpenvorland weht der Wind meist aus Südwest oder Nordost, die Alpen lenken den Wind etwas um. Doch schon in den großen Alpentälern überwiegt der Berg- und Talwind. Ähnliches passiert auch am Erzgebirge entlang und im Rhein- und Donautal. In der Norddeutschen Tiefebene findet der Wind dagegen kaum Hindernisse, dort bläst er ohne Ablenkung so, wie es die Wetterlage vorgibt. An der Küste bläst bei schönem Wetter aber schon wieder Land- und Seewind. Denke dir aus, wie der Wind bei dir zuhause wehen müsste und beobachte jeden Tag, woher er kommt und wie sich dabei das Wetter verändert. Genauso kannst du am Urlaubsort Beobachtungen anstellen, mit einer Landkarte vergleichen und so Erfahrungen sammeln. An manchen Orten haben die häufig wiederkehrenden Winde auch Namen, wie zum Beispiel im Schweizer Mittelland der kalte Nordostwind Bise genannt wird, im Bayerischen Wald ist es der „Böhmische“.

Jetzt kennst du nicht nur die grundlegenden Gesetze, warum sich Luft bewegt, du weißt auch schon ein bisschen, woher der Wind weht.



## 3. EXPERIMENTE MIT DEM LUFTDRUCK

In vielen Wohnungen hängt ein Barometer, vielleicht auch bei euch oder bei Bekannten. Falls du schon einmal gehört hast: „Das Barometer fällt“ oder „Der Luftdruck fällt“ konntest du dir darunter wohl noch nichts vorstellen. Zum Glück fällt dann das Barometer nicht wirklich herunter. Es zeigt nur an, dass der Luftdruck geringer wird. Dies wiederum bedeutet, dass sich das Wetter höchstwahrscheinlich demnächst ändert. Während du den Wind spüren kannst, merkst du vom Luftdruck um dich herum nichts.

Stell dir vor, auf dir lastet eine 500 Kilometer dicke Luftschicht, die nach oben allerdings immer dünner wird. Sie liegt ein bis zwei Tonnen schwer auf deinen Schultern. Trotzdem wirst du von ihr nicht platt gedrückt. Schon öfter hat in diesem Experimentierkasten der Vergleich mit dem Wasser geholfen: In 10 Meter Wassertiefe ist der Druck auf einen Taucher etwa doppelt so groß wie der Luftdruck, denn eine 10 Meter dicke Wasserschicht ist etwa ebenso schwer wie die Luft über uns.

## Ei-Versuch

*Du brauchst: ein rohes Ei, eine Schüssel und viel Kraft*

An einem Ei probierst du aus, warum du nicht von der tonnenschweren Luft über dir zusammengedrückt wirst: Lass dir von deinen Eltern ein rohes Ei geben und mach den Versuch lieber über einer Schüssel, damit du das Ei bei missglücktem Versuch wenigstens als Rührei essen kannst. Ein gutes Ei geht dabei aber nicht kaputt.

Nimm das Ei in die Hand und umschließe es mit allen Fingern rundherum. Dann drücke gleichmäßig erst wenig, dann immer fester. Das Ei bleibt ganz, außer, du drückst mit einem Finger besonders fest. Wenn du gleichmäßig von allen Seiten auf das Ei drückst, bleibt es ganz. Drückst du aber nur mit einem Finger auf die Schale, zerbricht sie.

## Druck und Gegendruck

*Du brauchst: ein Blatt Papier und einen Partner*

Wie sich Druck und Gegendruck ausgleichen, probierst du mit einem Partner und einem Blatt Papier aus: Der Partner spannt ein Papier fest



Abb. 23: Bei gleichmäßigem Druck gibt es kein Rührei

mit beiden Händen. Du hältst eine flache Hand dahinter und versuchst mit einem Finger der anderen Hand ein Loch durch das Papier zu bohren. Solange die flache Hand dagegen hält, bekommt das Papier kein Loch. Nimmst du aber die flache Hand weg, bohrt sich dein Finger sofort durch das Papier. Der Gegendruck fehlt, das Papier wird ungleichmäßig belastet und zerreißt.

Das ist bei deinem Ei so und auch bei dir. Dich umgibt die Luft mit gleichem Druck von allen Seiten, von oben, von unten, von rechts und links, von vorne und hinten. So hebt sich der

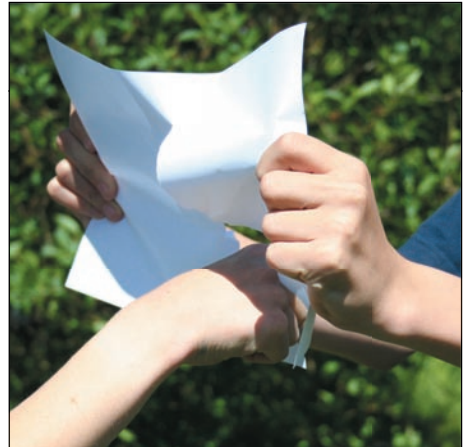


Abb. 24: Druck und Gegendruck am Papier

Druck auf, und du wirst von der Luft genauso wenig platt gedrückt wie ein Taucher im Wasser oder das Ei in deiner Hand.

### **Luftdruck in der Wetterkunde**

Rund um die Erde drückt die Luft also auf den Erdboden und zwar mit etwas mehr als einem Kilogramm pro Quadratzentimeter. Genauer und wissenschaftlich gesagt: Der Luftdruck beträgt 1013 Hektopascal auf Meereshöhe. 1013 Hektopascal ist dabei der Druck, den ein Gewicht von 1013 Gramm auf die Fläche von einem Quadratzentimeter ausübt.

Doch dieser Luftdruck ändert sich je nach Wetterlage. In einem Tief herrscht weniger Luftdruck, zum Beispiel 990 Hektopascal, in einem Hoch herrscht stärkerer Luftdruck, zum Beispiel 1030 Hektopascal.

Für einen Meteorologen ist vor allen Dingen die Änderung des Luftdruckes wichtig. Bei schnellem Nachlassen des Luftdruckes nähern sich meistens Regen, Schnee oder sogar Gewitter oder Sturm. Bei langsamen Luftdruck-Anstieg lassen Regen und Schneefall allmählich nach und freundlicheres Wetter folgt.

Allerdings: Nur nach dem Luftdruck das Wetter vorherzusagen, ist nicht möglich, aber er liefert wertvolle Hinweise.

Über mehrere Jahrhunderte benutzten die Seeleute oder auch Wissenschaftler sogenannte „Sturmgläser“ oder „Goethe-Barometer“. Das ist ein wassergefülltes Glasgefäß mit einem Steigrohr. Je nach Änderung des Luftdruckes steigt das Wasser in der Röhre an (der Luftdruck fällt) oder sinkt ab (der Luftdruck steigt). Seefahrer wussten sehr genau: Wenn das Wasser in der Säule sehr rasch ansteigt oder sogar überläuft, wird es bald Sturm oder Unwetter geben. Daher lasen sie den Wasserstand ihres Sturmglasses jeden Tag mehrmals ab.



*Abb. 25: Ein Goethebarometer*

### **Luftdruck als Höhenmesser**

Der Luftdruck sagt noch etwas anderes aus, nämlich auf welcher Höhe über dem Meeresspiegel du dich befindest. Auf der Höhe des Meeres ist die Luft am dichtesten und der Luftdruck am höchsten mit durchschnittlich 1013 Hektopascal. Mit jedem Meter, den du höher steigst, nimmt der Luftdruck etwas ab, die Luft wird immer dünner. Wenn du am Meer etwa 8 Meter hochsteigst, hat der Luftdruck um dich herum um ein Hektopascal abgenommen. Steigst du auf etwa 2300 Meter Höhe (also etwa auf die Gipfel der Allgäuer Alpen) hast du nur noch einen Luftdruck von 750 Hektopascal um dich herum, also nur noch Dreiviertel des Luftdrucks der Meereshöhe. Auf dem Gipfel des Mont Blanc beträgt der Luftdruck schon nur noch 500 Hektopascal, das heißt, die Luft ist nur noch halb so dicht wie am Meer. Hier gilt auch eine neue Faustregel: In 5500 Meter Höhe nimmt der Luftdruck alle 16 Meter um ein Hektopascal ab.

Vielleicht kannst du dir ein richtiges Barometer ausleihen. Du musst aber sehr vorsichtig damit sein, denn es sind empfindliche und teure Geräte. Fahre in einem Hochhaus mit dem Lift

und beobachte, was dein Barometer macht. Oder steige damit auf einen Hügel oder Turm. Du findest schnell heraus, warum in den Wetterkarten nicht der Luftdruck, wie er an jedem einzelnen Ort gemessen wird, eingetragen ist. Die Werte, die du in den Wetterkarten findest, sind zuerst auf Meereshöhe umgerechnet worden. München liegt zum Beispiel 500 Meter über dem Meer, wenn dort ein Luftdruck von 960 Hektopascal gemessen wird, beträgt der auf Meereshöhe umgerechnete Wert für die Wetterkarte etwa 1020 Hektopascal.

### Die Wetterkarte

Wetterkarten richtig zu interpretieren ist eine große Kunst, man muss viele Jahre Erfahrungen dazu sammeln. Die folgenden beiden Kapitel bieten nur eine sehr kurze Erklärung. Sicherlich musst du sie mehrmals lesen, um die Wetterkarte verstehen zu können. Wenn dich das Thema begeistert, kannst du dir aus den Bücher-Empfehlungen geeignete Bücher herausuchen, dir sogar die täglichen Wetterkarten schicken lassen oder im Internet herausuchen.

Schau dir die abgebildete Wetterkarte an und suche dir aus einer Tageszeitung die aktuelle Wetterkarte heraus. Du findest die Hochs mit einem „H“ gekennzeichnet und die Tiefs mit einem „T“. Manchmal haben die Hochs und Tiefs auch Namen, damit kann man im Verlauf von mehreren Tagen erkennen, wohin sie wandern und wie sie sich verändert haben.

Die Linien rund um die Hochs und Tiefs sind die „Isobaren“, die Linien gleichen Luftdruckes. Von den Tiefs gehen Linien mit kleinen Zacken oder Halbkreisen aus. Das sind die sogenannten Wetterfronten. Die Kaltfront ist mit kleinen Zacken gekennzeichnet, sie bewegt sich oft sehr schnell weiter und bringt meist nur für ein paar Stunden Schauer oder sogar Gewitter und kühlere Luft. Die Warmfronten, mit Halbkreisen gekennzeichnet, bringen eher länger anhalten-

den, gleichmäßigen Regen oder Schnee und insbesondere in der Höhe auch wärmere Luft. Welches Wetter eine Wetterfront bringt, hängt aber auch von der Jahreszeit, der Landschaft und der Großwetterlage ab. Auch sorgt ein Hoch nicht unbedingt für Sonnenschein: Im Sommer kann es nachmittags Gewitter geben, im Winter kann zäher Hochnebel die Sonne verdecken. Erst viel Beobachtung und Erfahrung machen eine richtige Deutung der Wetterlage möglich. Du kannst in Zeitungen, Radio oder Fernsehen die Druckveränderungen und Wetterkarten verfolgen und beobachten, welches Wetter ein Hoch, ein Tief oder eine Wetterfront mit sich bringt.

Den Wind liest du ganz einfach aus der Wetterkarte ab: Wegen der Erddrehung kann er nicht einfach vom Hoch ins Tief wehen, er muss Umwege machen und weht nahezu parallel zu den Isobaren. Je enger diese Linien beieinander

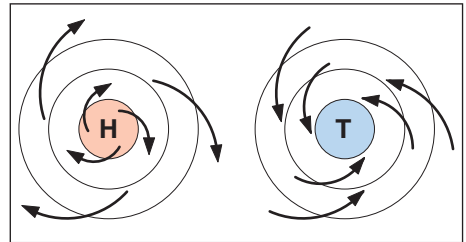


Abb. 26: Wind um ein Hoch und ein Tief (auf der Nordhalbkugel der Erde)

liegen, desto stärker weht der Wind. Bei uns auf der Nordhalbkugel bläst er im Uhrzeigersinn um ein Hoch und entgegen dem Uhrzeigersinn um ein Tief (auf der Südhalbkugel ist es umgekehrt). Dabei weht der Wind immer etwas aus dem Hoch heraus und in das Tief hinein.

In der Wetterkarte kannst du also den Wind für Berlin (Nordostwind), Hamburg (Nordwestwind), Köln (Nordwind) und München (Westwind) leicht ablesen.

Noch eine Besonderheit: Nahezu unabhängig vom Luftdruck bringt der Wind dort schlechtes Wetter, wo er an ein Gebirge prallt oder über die Berge hinweg wehen muss. Es stauen sich im wahrsten Sinne des Wortes die Wolken vor dem Gebirge. Hinter dem Gebirge, wo der Wind als Föhn wieder herunterfällt, ist dafür - wieder nahezu unabhängig vom Luftdruck - besseres Wetter.

### Die Wetterkarte vom 8. Juli

*Du brauchst: einen Atlas*

Bevor du dir die Wetterkarte genauer ansiehst, hol dir einen Atlas mit einer Europakarte. Denn du musst auch die Geografie kennen, wenn du das Wetter richtig verstehen möchtest. An diesem Julitag herrschte in Deutschland alles andere als schönes Sommerwetter. Die Wetterkarte zeigt die Situation morgens um 8 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit.

Quer über Europa liegen lange Wetterfronten, die die verschiedenen Tiefdruckgebiete miteinander verbinden: Tief „Golda“ über Skandinavien, „Tief „Heidrun“ über dem Norden Russlands, Tief „Imke“ über Böhmen und dem Norden Italiens. Die Tiefs werden alphabetisch benannt. Das erste Tief war „Golda“, aus ihm hat sich Tief „Heidrun“ abgespalten. Danach hat sich dann das Tief „Imke“ über Norditalien entwickelt und aufgeteilt. Es ist im Laufe mehrerer Tage über Böhmen zur Ostsee gewandert. Dabei hat es vor allem im Süden und Osten Deutschlands sehr viel Regen gebracht. Mit den Tiefs und den dazu gehörigen Wetterfronten ist kalte Luft von Norden nach Deutschland gekommen. An diesem Tag sind auch mittags die Temperaturen kaum über 15 Grad gestiegen! Du findest die Morgentemperaturen bei den jeweiligen Städten eingezeichnet. Darunter wird mit Symbolen das aktuelle Wetter beschrieben, die Symbole findest du in Kapitel „Messgeräte“ erklärt. Die Zahlen an den Isobaren - Linien gleichen Luftdrucks - geben den Luftdruck an. Das Hoch über dem Atlantik hat einen Luftdruck von über 1025 Hektopascal, Tief „Imke II“ einen Luftdruck unter 1000 Hektopascal.

Wenn du auf der Wetterkarte suchst, wo der Sommer geblieben ist, musst du von Mitteleuropa weit entfernt schauen: In Spanien, Süditalien, Griechenland, Türkei und Zentralrussland stieg die Temperatur an diesem Tag über 25 Grad, das sind die Länder unter den Hochdruckgebieten. Schon morgens um 10 Uhr griechischer Ortszeit hat der Meteorologe in Athen 29°C gemeldet!

Suche im Atlas das Rhonetal in Frankreich, es führt von Lyon nach Marseille. Auf der Wetterkarte drängen sich dort die Isobaren. Das Resultat ist der „Mistral“, ein heftiger kalter Nordwind, der durch das Rhonetal Richtung Mittelmeer bläst.

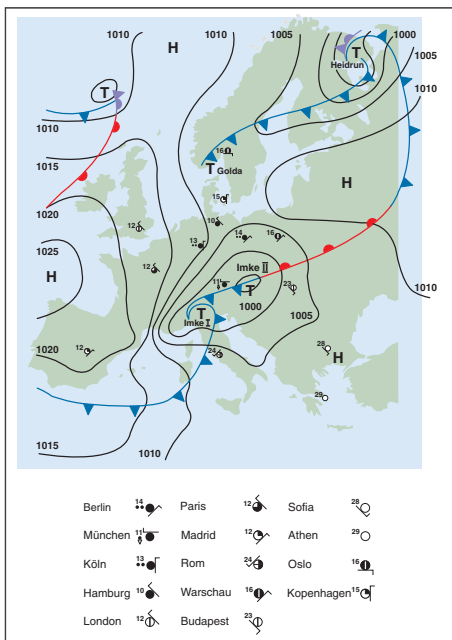
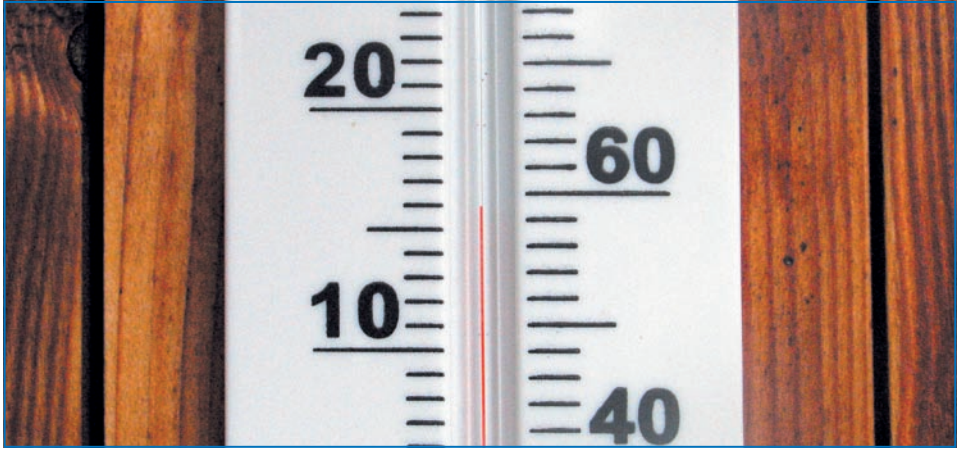


Abb. 27: Wetterkarte vom 8. Juli



#### 4. EXPERIMENTE MIT DEINEN THERMOMETERN

Deine Thermometer hast du in den bisherigen Versuchen schon einige Mal benutzt, jetzt geht es darum, sie richtig kennenzulernen und einzusetzen:

##### Welche Temperatur zeigen deine Thermometer an?

*Du brauchst: deine Thermometer, ein Glas kaltes Wasser und warme Hände, Papier und Stift*

Du hast sicherlich schon bemerkt, dass deine Thermometer nicht sofort die Temperatur anzeigen, die du messen willst. Der blaugefärbte Alkohol in deinen Thermometer-Glasröhrchen muss selbst erst die Temperatur haben, die die Luft, das Wasser oder ein Stein, dessen Temperatur du erfahren willst, hat. Daher ist es wichtig, dass das kleine Glasbläschen am unteren Ende der Glasröhre mit den Sachen in direkte Berührung kommt. Bei Luft oder Wasser ist das kein Problem, wohl aber bei einem Stein zum Beispiel.

Nimm ein Glas voll mit kaltem Wasser und stelle ein Thermometer hinein. Schreibe dir drei

Minuten lang alle 15 Sekunden die angezeigte Temperatur auf und trage sie in eine Tabelle ein.

Erwärme das Thermometer anschließend mit der Hand auf etwa 30 Grad. Jetzt willst du die Lufttemperatur messen. Bewege dazu das Thermometer kräftig durch die Luft ohne das Glasröhrchen zu berühren (wie einen Zauberstab zum Beispiel) und notiere wieder alle 15 Sekunden, welche Temperatur angezeigt wird. Nach etwa drei Minuten erwärme das Thermometer wieder mit der Hand auf etwa

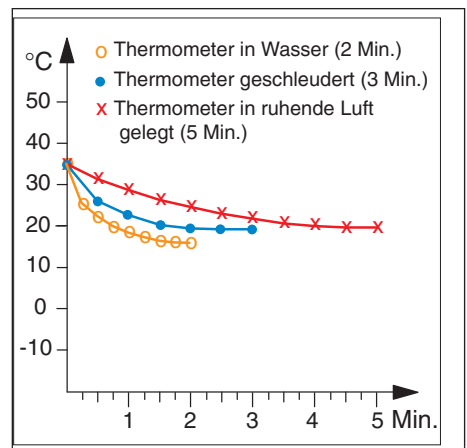


Abb. 28: Langsamkeit des Thermometers

30 Grad und lege es auf den Tisch, damit es in ruhiger Luft die Lufttemperatur misst. Wieder notierst du alle 15 Sekunden die angezeigten Werte.

Dabei siehst du, dass das Thermometer im Wasser viel schneller die Temperatur anzeigt, die du messen willst. Warum?

Das Thermometer misst immer nur die Temperatur des Thermometer-Fühlers, also des Glasröhrchens. Wenn also die Luft um das Thermometer kalt ist, das Thermometer aber selbst noch warm ist, zeigt es erst die Lufttemperatur richtig an, wenn sich die Glasröhre auf Lufttemperatur abgekühlt hat. Im Wasser hat sich also dein Thermometer schneller an die richtige Temperatur angepasst, und wenn du es in der Luft bewegt hast, kühlte es sich auch schneller ab als in ruhiger Luft.

Probiere diese Messreihen auch mit anderen Materialien, wie mit Erde, Stoff oder Sand.

## Temperatur messen

*Du brauchst: deine Thermometer*

Fasse viele verschiedene Gegenstände in deiner Umgebung an und versuche die Temperatur zu schätzen. Stein und Metall fühlen sich meistens recht kühl an, Holz und Papier warm, aber sie haben oft dieselbe Temperatur. Du kannst es mit deinen Thermometern nachmessen: Achte dabei aber immer darauf, dass das mit blauem Alkohol gefüllten Glasröhrchen von deinen Thermometern guten Kontakt zu dem Gegenstand hat, von dem du die Temperatur messen willst. Die Wärme von deinen Fingern oder direkter Sonnenschein können deine Messungen zum Beispiel stark verfälschen.

Lege ein Thermometer auf den Boden in deinem Zimmer, das andere auf einen Schrank oder oben in ein Regal und lies nach drei Minuten die Temperatur ab. Vor allem im Winter sammelt sich die warme Luft oben an der Zimmerdecke, während es am Fußboden



Abb. 29: Je nach Fach ist es im Kühlschrank verschieden kalt

kälter ist. Weißt du noch, warum das so ist? In Räumen mit Fußbodenheizung ist es natürlich am Boden am wärmsten.

Lege die Thermometer in einen Kühlschrank oder ins Eisfach. Gibt es einen Temperaturunterschied bei Messungen im obersten und untersten Fach des Kühlschranks?

Hänge ein Thermometer einen ganzen Tag lang an einer Zimmerwand auf, die von außen von der Sonne beschienen wird. Erwärmt sich die Wand im Tagesverlauf oder gegen Abend?

Gehe mit deinen Thermometern in einen Garten oder Park. Stecke sie in eine Wiese, in Beete, lege sie in den Schatten, in die Sonne, auf Wegplatten oder in eine Pfütze. Wo ist es wärmer, wo kälter - kannst du dir vorstellen, woher die Unterschiede kommen?

Stecke deine Thermometer in einem Beet in die Erde und miss die Temperatur in verschiedenen

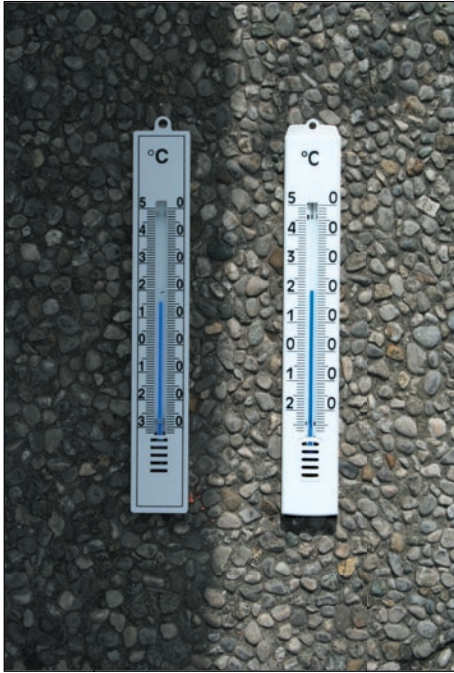


Abb. 30: Im Sonnenschein zeigt dein Thermometer sicher nicht die Temperatur der Luft an

Tiefen und zu verschiedenen Tageszeiten. In 30 Zentimeter Tiefe bleibt die Temperatur den ganzen Tag lang etwa gleich. Weiter oben findest du starke Schwankungen im Tagesverlauf, bei Sonnenschein, Regen oder Schneefall. Wie wird wohl die Temperatur in einer Schneeschicht verteilt sein? An der Schneeoberfläche misst du nahezu die Lufttemperatur, an der Grenze zum Erdboden fast immer 0°C. Falls die Nacht davor sehr kalt war, kannst du den Rest dieser Kälte in der Schneeschicht noch messen!

Sicher fallen dir noch andere Möglichkeiten ein, wo du die Temperatur messen kannst.

### Die wahre Lufttemperatur

Wenn die Sonne scheint, hänge ein Thermometer auf die Südseite deines Hauses in die Sonne,

das andere Thermometer auf die Nordseite in den Schatten. Nach drei Minuten notiere die beiden Temperaturwerte.

Was für ein Unterschied! Auf der sonnenbeschienenen Seite des Hauses zeigt das Thermometer einen viel höheren Wert an als auf der schattigen Nordseite. Auf der Nordseite hast du die wahre Lufttemperatur gemessen. Auf der Südseite hat die Sonne dein Thermometer zusätzlich erwärmt. Für Meteorologen ist nur die wahre Lufttemperatur wichtig, weil sie mit allen anderen Messungen, die weltweit gemacht werden, vergleichbar ist. Daher wird weltweit im Schatten in zwei Meter Höhe über dem Erdboden an einem luftigen Ort gemessen. Sicherlich hast du schon einmal so eine „Klimahütte“ irgendwo stehen sehen, ein kleines weißes Häuschen mit jalousieartigen Wänden, durch die die Luft in das schattige Innere leicht hinein streichen kann. Neben der Temperatur und dem Luftdruck wird dort vor allem auch die Feuchtigkeit der Luft gemessen und aufgezeichnet.

Willst du die wirkliche Lufttemperatur messen, so binde am besten ein Thermometer an eine 10 bis 20 Zentimeter lange Schnur und lass es drei Minuten lang über deinem Kopf an einer schattigen Stelle kreisen. Dann hat das Thermometer sicherlich die Lufttemperatur angenommen und du kannst sie ablesen.



## 5. EXPERIMENTE MIT DER FEUCHTIGKEIT IN DER LUFT

Was stellst du dir unter Luftfeuchtigkeit vor? Vielleicht Regentropfen, die durch Luft fallen oder Wolken und Nebel?

In der Luft ist eine Menge Feuchtigkeit, die du gar nicht sehen kannst. Die Luft um dich herum kann verdunstetes Wasser in sich tragen. Du erkennst das nur daran, dass Wasser verschwindet, zum Beispiel, dass Wäsche trocknet. Der „Wasserdampf“ ist ein Teil der Luft, du kannst ihn nicht sehen. Die Abb. 31 zeigt dir, wie viel Gramm Wasser ein Kubikmeter Luft bei einer bestimmten Temperatur als unsichtbaren Dampf aufnehmen kann. Bei 0°C sind das bis zu 5 Gramm, bei 30°C bis zu 33 Gramm. Du siehst sofort, dass warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte. Die Kurve zeigt dir, wann die Luft „gesättigt“ ist, das heißt, wann sie keine zusätzliche Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann.

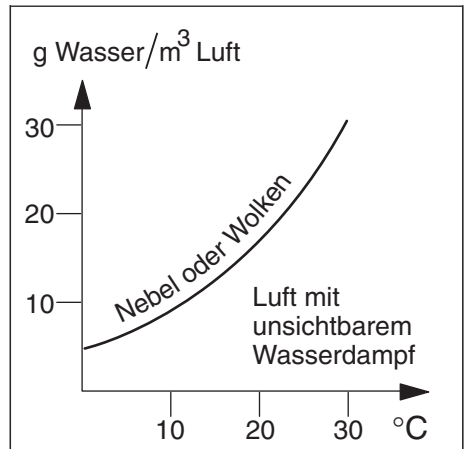


Abb. 31: Wie viel Wasser kann die Luft bei welcher Temperatur aufnehmen?

Was passiert, wenn mit Wasserdampf gesättigte Luft noch feuchter oder kälter wird? Dann bildet sich eine Wolke, Nebel oder Tau!

In Wetterberichten und an Hygrometern (Feuchtigkeitsmessgeräten) wird die Luftfeuchtigkeit in „Prozent relative Feuchtigkeit“ angegeben. Die Kurve zeigt dir die gesättigte Luft, das sind immer 100 Prozent. Bei 0°C zum Beispiel sind das 5 Gramm Wasser pro Kubikmeter Luft, mehr Feuchtigkeit kann die 0°C kalte Luft nicht aufnehmen. Wird diese Luft auf 10°C erwärmt, so könnte sie ja laut Abbildung fast 10 Gramm Wasser pro Kubikmeter Luft aufnehmen, also doppelt so viel. Sie ist aber nur halb gesättigt, daher sagt man, sie hat eine relative Feuchtigkeit von 50 Prozent. Du siehst also, wie sich die relative Feuchtigkeit der Luft bei Erwärmung verringert (die Luft wird trockener), und bei Abkühlung erhöht (die Luft wird feuchter), ohne dass sich die Wasserdampfmenge in der Luft ändert.

Wie viel Gramm Wasser sind in deinem Zimmer unsichtbar als Wasserdampf vorhanden? Falls dein Zimmer 12 Quadratmeter groß und 2,5 Meter hoch ist, sind das 30 Kubikmeter Luft. Ist die Luft 20°C warm und beträgt die relative Feuchtigkeit 60 Prozent, so sind in jedem Kubikmeter Luft etwa 10 Gramm Wasser als Dampf enthalten. Im ganzen Raum sind es also 300 Gramm Wasser, das sind 0,3 Liter, also etwa ein großer Becher voll.

## Feuchttemperatur

Nachdem du nun schon ein geübter Temperaturmesser bist, kommt hier noch ein anspruchsvolleres Experiment:

*Du brauchst: deine Thermometer, Schnur, Schere, Papiertaschentuch, Klebstreifen, etwas Wasser in einem Glas*

Lasse zunächst ein Thermometer an einer kurzen Schnur kreisen. Lies nach drei Minuten die Temperatur ab und schreibe sie genau auf. Schneide dir aus einem Papiertaschentuch ein 5 mal 8 Zentimeter großes Stück heraus. Schiebe das Tuch vorsichtig zwischen Glasstab und Lüftungsschlitze, dann falte es um das



Abb. 32: Die Feuchttemperatur (gemessen mit dem umwickelten Thermometer) ist immer niedriger als die Lufttemperatur

Glas. Mit einem Faden bindest du das Tuch fest, Den Faden kannst du mit etwas Klebstreifen am Wegrutschen hindern.

Dann tauche die umwickelte Thermometerspitze ins Wasser, sie sollte feucht, aber nicht tiefend nass sein. Und jetzt lässt du das Thermometer wieder drei Minuten lang über deinem Kopf kreisen. Lies die Temperatur ab und vergleiche sie mit deinem notierten Wert. Sie ist um ein paar Grad niedriger!

Diesmal hast du die „Feuchttemperatur“ gemessen und dein Thermometer als „Psychrometer“, als Feuchtigkeitsmesser, verwendet.

Aus der normalen Lufttemperatur, der Feuchttemperatur und dem Luftdruck kann ein Meteorologe die relative Luftfeuchtigkeit sehr genau errechnen, das ist jedoch recht kompliziert. Einen ungefähren Wert für die Feuchtigkeit kannst du aus der Tabelle ablesen (Abb. 33). Du siehst sofort: Je größer der Temperaturunterschied der beiden Messungen ist, desto trockener ist die Luft. Wenn es kalt oder sogar frostig ist, ist dieses Messverfahren sehr ungenau.

Lufttemp. C°	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Feuchttemp.													
5		86	62	44	29	17	9						
6		100	75	55	38	25	15	8					
7			87	65	48	33	22	14					
8			100	77	57	42	30	20	13				
9				88	68	51	38	27	18	13			
10				100	78	60	46	34	24	17			
11					89	70	54	41	31	22	16		
12					100	79	62	49	37	28	20	19	
13						90	71	56	44	34	25	23	
14						100	81	65	51	40	31	26	20
15							90	73	59	47	37	30	23
16							100	82	66	54	43	34	27
17								91	74	61	49	40	32
18								100	83	68	56	45	37
19									91	75	63	51	42
20									100	83	70	58	48
21										92	74	64	53
22										100	84	71	59
23											92	78	65
24											100	85	72
25												92	79
26												100	86
27													93
28													100
29													
30													

Abb. 33: Relative Feuchtigkeit in % bei der Messung von Luft- und Feuchttemperatur

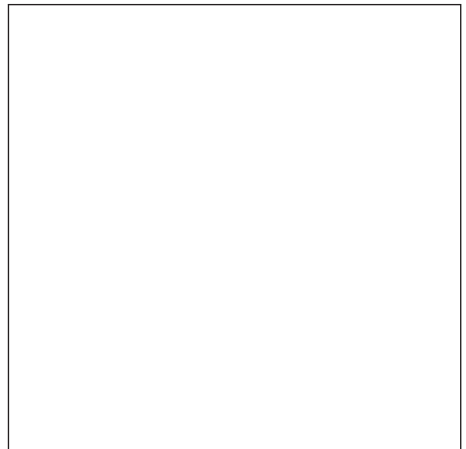


Abb. 34: Sichtbares Verdampfen

## Verdunstung – Wie kommt das Wasser in die Luft?

Herbst- und Winterversuche bei kalter Luft und Sonnenschein

*Du brauchst: Winterkälte, Sonnenschein, eine Wäscheleine in der Sonne und frisch gewaschene dunkle Wäsche*

Vielleicht wundern sich deine Eltern, dass du mitten im Winter helfen willst, die Wäsche ausgerechnet draußen aufzuhängen. Ob sie da trocknen wird?

Sie trocknet, wenn auch langsam. Dafür kann man die Verdunstung beobachten: Im Sonnenlicht wird die dunkle Wäsche erwärmt und Wasserdampf steigt auf, im Wintersonnenlicht sogar für kurze Zeit sichtbar! Bevor es Abend wird, sollte die Wäsche aber ins Haus, denn sonst wird sie nachts wieder durch Tau feucht.

*Du brauchst: Winterkälte, Sonnenschein, Raureif und eine gute Beobachtungsgabe*

Wurde bei euch im Garten, in einem Park oder auf einem Feld Erde umgegraben oder frisch geflügt? Dann schau an einem kalten, sonnigen Tag einmal genau hin, was der Sonnenschein

auf der umgegrabenen Erde auslöst. Im Sonnenlicht steigt Wasserdampf aus der Erde auf und kaum, dass man den Wasserdampf sichtbar aufsteigen sieht, wird er auch schon wieder unsichtbar in der Luft verwirbelt.

Auf einem Zaunbalken liegt Raureif? Später wird er von der Sonne beschienen – schau genau hin, was passiert! Die Sonne erwärmt den Balken, der Raureif schmilzt und „verdampft“ für kurze Zeit sichtbar in die Luft. Immer wieder lösen sich kleine Wölkchen, aber gleich wird der Wasserdampf in der Luft unsichtbar aufgenommen.

Scheint Sonne auf mit Raureif bedeckte Dächer, kannst du die Dampfwolken auch beobachten Ganz ähnlich, doch viel intensiver steigt Dampf in vielen Vulkangegenden aus dem Boden (Abb. 34). Der größte Anteil davon ist ebenfalls Wasser, kleine Beimengungen von z.B. Schwefel können intensiv riechen. Die Wärme für die Verdunstung stammt dabei aus dem Erdinneren und nicht von der Sonne.

*Du brauchst: frisch gewaschene Haare und einen Fön*

Hast du dir beim Haare-Trocknen jemals Gedanken gemacht, was mit dem Wasser in deinen Haaren geschieht? Wie warm sollte wohl das Badezimmer sein, damit der Spiegel dabei nicht beschlägt?

### **Verdunstungsversuche bei Sonnenschein**

*Du brauchst: schwarzes Papier, zwei Trink- oder Marmeladengläser, durchsichtige Plastikfolie, Schere, zwei Gummibänder, Klebstreifen, Wasser, zwei Handvoll Erde, Sonnenschein*

Die beiden Gläser füllst du gleichhoch mit Wasser. Aus der Plastikfolie schneidest du zwei Kreise aus, die so groß sind, dass sie sich als Deckel über die Gläser mit Gummibändern spannen lassen. Nun wickle um eines der Gläser das schwarze Papier und befestige es mit Klebstreifen. Dann bedecke beide Gläser mit den Plastikfolien und spanne sie mit den Gummibändern fest. Die beiden Gläser stellst du nun ins Sonnenlicht – auf einem Fensterbrett, Balkon oder im Freien. Nach zehn Minuten bemerkst du, dass die Folie von dem schwarz eingewickelten Glas von innen undurchsichtig und trübe wird. Eine ganz zarte Wasserdampfschicht hat sich auf der Innenseite der Folie gebildet. Warte noch etwa eine Stunde lang und beobachte immer



Abb. 35: Verdunstung in Gläsern

wieder, was sich in deinen beiden Gläsern tut. Auch an dem nicht eingepackten Glas bildet sich nach und nach eine zarte Wassertröpfchenschicht an der Plastikfolie. Das schwarz eingepackte Glas bekommt dagegen richtig große Wassertropfen an der Plastikfolie.

Was passiert in den Gläsern? Die Sonne erwärmt das Wasser in den Gläsern, dabei verdampft Wasser und will in die Luft entweichen. In deinem Versuch kann der Wasserdampf aber nicht an der Plastikfolie vorbei, sondern bleibt dort haften und wird als Kondenswasser sichtbar. An Stelle der Folie gibt es in der Atmosphäre Luftschichten, in denen aufsteigender Wasserdampf kondensiert und als Wolke sichtbar wird. Da die Sonne das schwarz eingepackte Glas stärker aufheizt als das uneingepackte Glas, erwärmt sich das Wasser dort mehr. Je wärmer es ist, desto mehr Wasserdampf kann aufsteigen. Deshalb haben sich an der Plastikfolie des schwarz eingepackten Glases schon recht bald Wassertröpfchen wie in einer Wolke gesammelt. Dicke Wassertröpfchen an der Folie entsprechen dem Regen, der aus dicken Wolken heraus fällt. Jetzt wickle das eingepackte Glas aus und schütte das Wasser weg. Die Plastikfolie wische mit einem Tuch trocken. Fülle zwei Handvoll Erde in das Glas und befeuchte sie etwas. Dann spanne die Plastikfolie über das Glas und beobachte mindestens eine Stunde lang, was passiert. Nach etwa zehn Minuten trübt sich die Folie wieder, später hängen auch wieder dicke Tropfen daran.

Diese beiden letzten Versuche zeigen dir, wie aus der Landschaft Feuchtigkeit in die Luft gelangt und als Wolken sichtbar werden kann.

### **Feuchtigkeit aus dem Erdboden**

*Du brauchst: eine durchsichtige Plastikfolie (z. B. aufgeschnittene Plastiktüte oder Frischhaltefolie), ein paar Steine, ein Schälchen*



Abb. 36: Verdunstung aus dem Erdboden

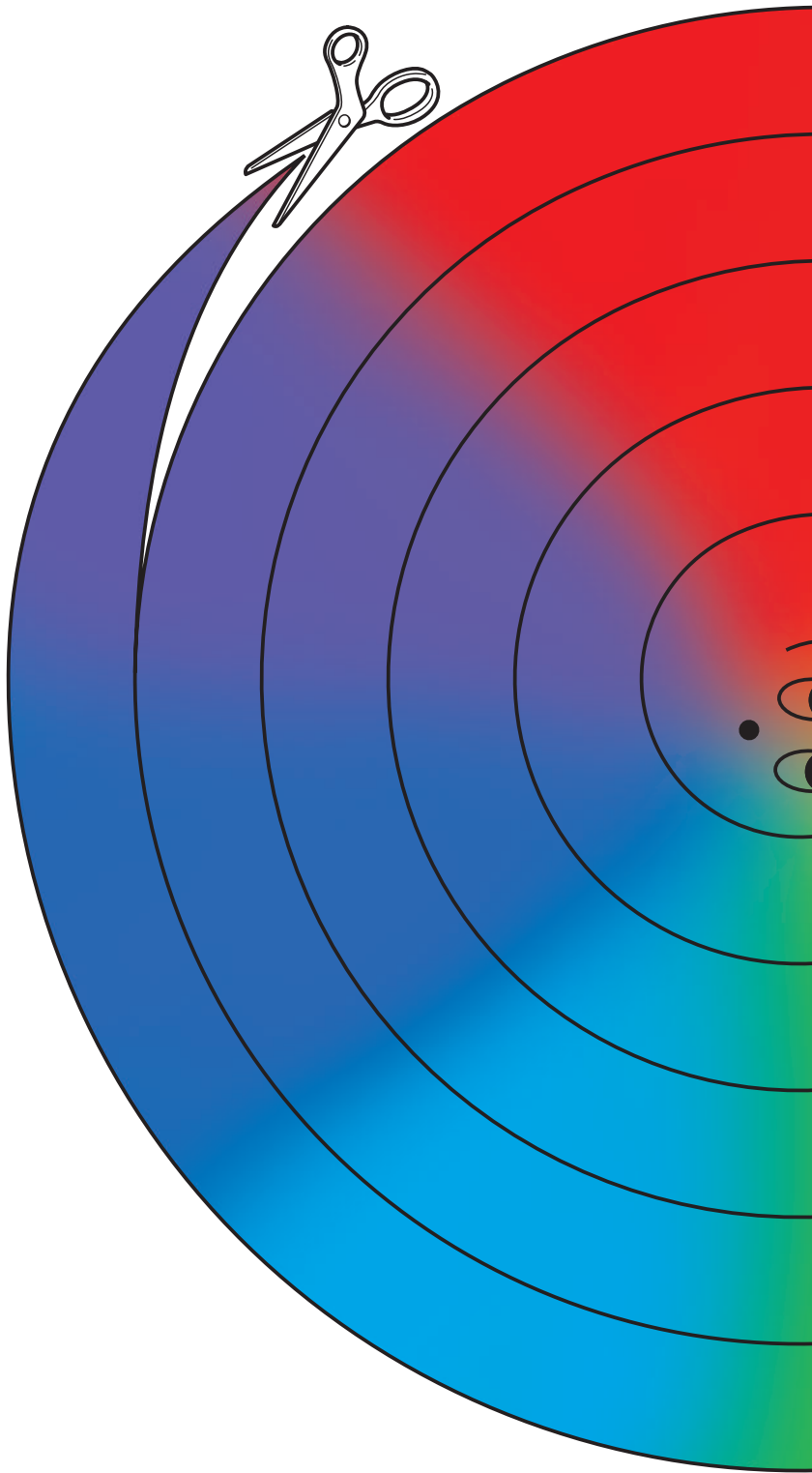
oder Blumentopfuntersetter, eine Schaufel und die Erlaubnis deiner Eltern, ein Loch graben zu dürfen

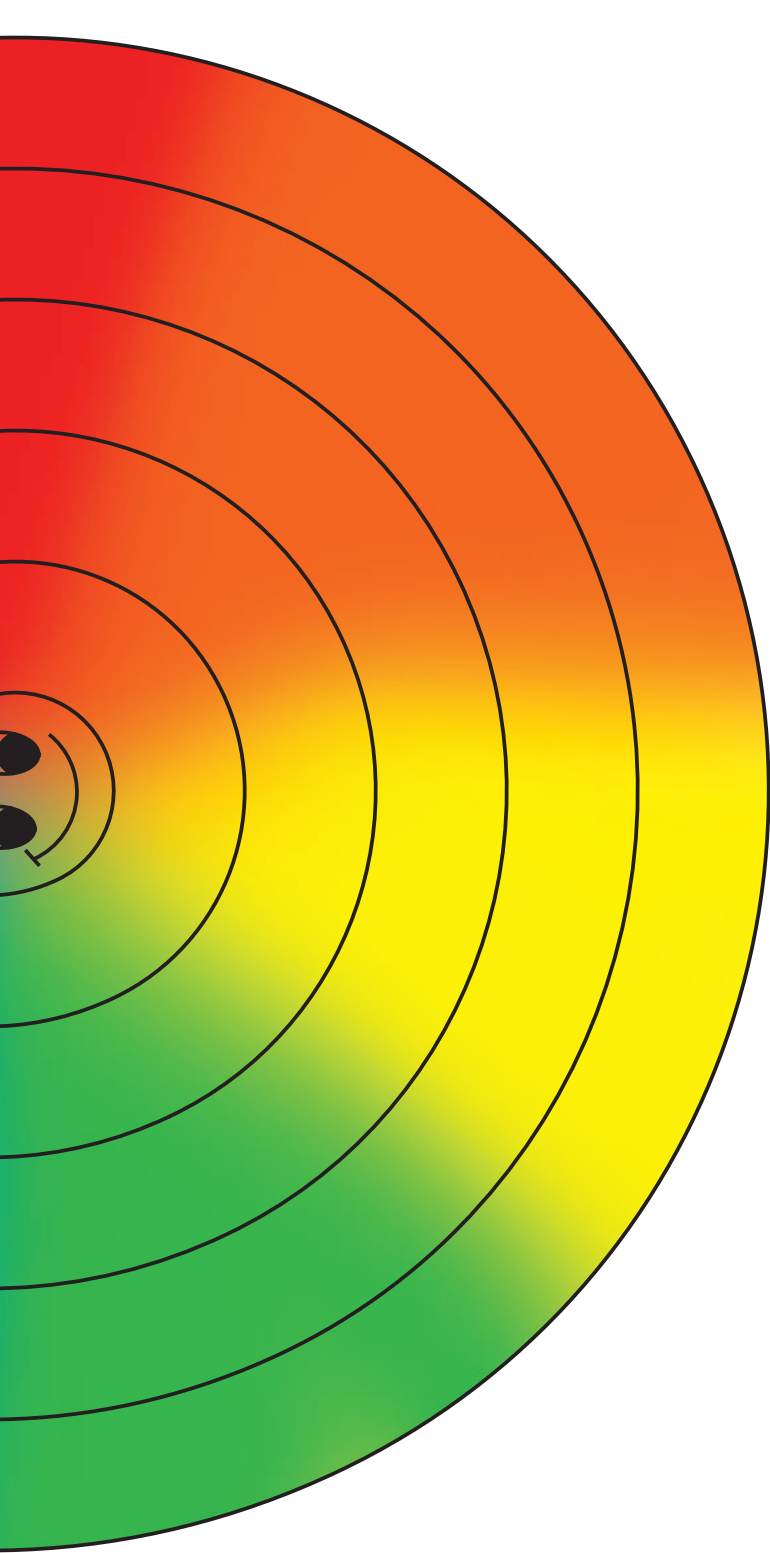
Um zu beobachten wie viel Feuchtigkeit wirklich aus dem Boden in die Luft kommt, suche dir ein gutes Experimentierfeld im Freien, das richtig in der Sonne liegt. Geeignet sind unbepflanzte Beete oder eine große Sandkiste, auch eine brachliegende Wiese, möglichst nicht unter einem Baum. Auf jeden Fall musst du zum Ex-

perimentieren ein Loch graben dürfen, deshalb frage deine Eltern, ob dein ausgesuchter Platz dafür geeignet ist.

Als erstes gräbst du mit der Schaufel das Loch, es sollte etwa 50 Zentimeter Durchmesser haben und mindestens zehn Zentimeter tief sein. In die Mitte des Loches stellst du die Schale. Dann legst du die Plastikfolie über das Loch und belegst sie am Rand mit Steinen. Die Plastikfolie sollte gut gespannt über dem









Loch liegen. Als letztes legst du einen kleinen Stein in die Mitte der Folie gerade über deine Schale.

Nun musst du dich etwas gedulden, denn jetzt arbeitet die Sonne für dich. Nach einer Weile trübt sich die Plastikfolie auf der unteren Seite, wie du es schon von den vorangegangenen Experimenten kennst. Schließlich löst sich ein Tropfen und rollt in deine Schale. Wenn möglich, lass den Versuch den ganzen Tag stehen, um zu sehen, wie viel Feuchtigkeit die Sonne aus dem Boden lockt. Du kannst deine Versuchsfläche vor einem weiteren Versuch mit der Gießkanne wässern – dann kann unter deiner Plastikfolie mehr Wasser verdunsten und es sammelt sich natürlich mehr Wasser in deinem Gefäß. Du kannst diesen Versuch auch über verschiedenen Untergründen, einmal in der Sonne, einmal im Halbschatten machen und die verdunstete Wassermenge vergleichen. Das Erstaunlichste daran ist aber, dass die Sonne all diese Feuchtigkeit aus dem Boden in die Luft holt.

Wie du am Anfang von diesem Kapitel schon gesehen hast, kann die Luft nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen. Wenn sie – abhängig von ihrer Temperatur – keine weitere

Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann, ist sie gesättigt. Dann kondensiert der Wasserdampf an der kühleren Stelle der Umgebung, bei deinem Versuch ist das die Folie, die ja von außen von der Luft gekühlt wird. Es bilden sich also Wassertröpfchen an der kühlen Folie, während es darunter schwülwarm wie in einem Gewächshaus ist.

### Feuchtigkeit aus Pflanzen

*Du brauchst: eine durchsichtige Plastiktüte, Schnur und Zweig mit Laub in der Sonne*  
Natürlich entlockt die Sonne nicht nur dem Erdboden Feuchtigkeit, sondern auch den Pflanzen. Wenn du um den besonnenen Ast eines Laubbaums eine durchsichtige Plastiktüte stülpst und die Tüte gut zubindest, dann siehst du, wie nach kurzer Zeit die Tüte von innen beschlägt. Auch aus den Pflanzen verdunstet Wasserdampf! An heißen Sommertagen lassen viele Pflanzen tagsüber die Blätter schlaff hängen, weil Sonne und Hitze mehr Wasser in den Blättern verdunsten lassen, als die Pflanze Wasser aus dem Erdboden wieder nachziehen kann. Wie viel Wasser muss ein großer Baum wohl jeden Tag in seine Laubkrone transportieren?



Abb. 37: Verdunstung an einem Laubzweig



Abb. 38: Birkenwasser

*Du brauchst: Eine Birke im Frühling, eine Säge und die Erlaubnis deiner Eltern, einen kleinen Ast absägen zu dürfen*

Im Frühling steigt in den Bäumen besonders viel Wasser auf. Säge (mit Erlaubnis deiner Eltern!) an einer Birke einen zwei bis fünf Zentimeter dicken Ast ab. Dann beobachte die nächsten Tage, was am Baum passiert: Bei Sonnenschein beginnt es aus dem Aststumpf zu tropfen. Das Birkenwasser ist übrigens sehr gesund, du kannst es trinken oder zum Haare waschen verwenden.

### **Du lässt es regnen**

Mache diesen Versuch zusammen mit einem Erwachsenen, zieh dir einen dicken langärmeligen Pulli an und gib Acht, dass sich niemand verbrüht.

Du brauchst: einen großen Topf mit Deckel, einen halben Liter Wasser, einen Topflappen, einen Herd

Bring im Topf etwa einen halben Liter Wasser zum Kochen. Dann stelle die Herdplatte so ein, dass das Wasser nicht zu heftig weitersprudelt.

Halte den großen Deckel mit einem Topflappen etwa einen halben Meter über das kochende Wasser und beobachte, was an dem Deckel passiert (Abb. 39). Das kochende Wasser lässt viel Wasserdampf aufsteigen. Am Deckel kondensiert nach und nach immer mehr Wasser. Die Tröpfchen am Deckel wachsen, große Tropfen schlucken kleine Nachbartröpfchen und schließlich fallen die ersten dicken Tropfen vom Deckel. Du lässt es regnen.

### **Trüber Spiegel**

*Du brauchst: einen Spiegel oder Fensterscheibe*

Dein warmer Atem trübt eine kühle Fenster- oder Spiegelscheibe. Allerdings verschwindet die Trübung rasch wieder. In kurzer Zeit wird dein warmer feuchter Atem vom Spiegel oder Fenster abgekühlt und gibt die überschüssige Feuchtigkeit ab. Die übrige trockene Luft im Raum nimmt dann die Feuchtigkeit auf, der kondensierte Wasserdampf an der Scheibe verdunstet wieder.

### **Beschlagene Flasche**

*Du brauchst: eine Flasche aus dem Kühlschrank an einem schwülwarmen Tag, eine kalte Dusche nach heißem Bad oder eine Brille im Winter*

An einem schwülwarmen Sommertag lege eine Flasche für eine Stunde in den Kühlschrank. Wenn die Flasche richtig kalt ist, nimm sie wieder aus dem Kühlschrank, nach kurzer Zeit kondensiert Wasserdampf an der kalten Flasche. Die kalte Flasche kühlt die Luft, die direkt an der Flasche ist, ab. Da die schwülwarme Luft viel Wasserdampf aufgenommen hat, ist sie durch das Abkühlen an der Flasche schnell mit Wasserdampf gesättigt, der an der Flasche kondensiert.



Abb. 39: Regen am Kochtopfdeckel

Ähnliches kannst du beobachten, wenn du erst heiß gebadet oder geduscht hast und dann dich kalt ab duschen möchtest. Der Wasserhahn, durch den das kalte Wasser fließt, beschlägt. Oder als Winterversuch für Brillenträger: Mit eisig kalter Brille (nach einer Fahrradfahrt zum Beispiel) gehe in eine Bäckerei hinein. Im nächsten Moment scheint man im „Nebel“ zu stehen, aber es ist nur die Brille, die in der feuchtwarmen Bäckerei-Luft beschlägt.

### Beschlagenes Fenster

Wenn es draußen winterlich kalt ist, kannst du mit Wasserdampf-Kondensation experimentieren: Öffne morgens dein Schlafzimmerfenster und beobachte, was auf der Außenscheibe des Fensters passiert. Während in der untersten Ecke die Fensterscheibe klar bleibt, beschlägt sie im oberen Teil. Je länger du das Fenster offen lässt, desto mehr verschwindet der Wasserdampf von der Scheibe, bis schließlich nach etwa 10 Minuten das Fenster wieder völlig klar ist. Erinnere dich an die Versuche mit dem offenen Fenster oder der Haustür in Kapitel 1 über das Auf- und Absteigen der Luft und an die Gesetze, warum sich Luft bewegt. Vielleicht kannst du dir selbst erklären, warum das Fenster so beschlägt und dann wieder klar wird. Ansonsten hilft dir Abb. 40 weiter.

### Tau

*Du brauchst: klare, kalte Nächte, Küchentablett oder ähnliches*

Wenn der Wetterbericht eine klare Nacht ankündigt, suche dir eine Metall- oder Plastikplatte, am besten ein Küchentablett oder eine flache Pfanne. Lege dieses über Nacht auf eine freie Wiese ohne Büsche oder Bäume. Am nächsten Morgen hat sich auf deiner Platte Feuchtigkeit gesammelt – obwohl es nicht geregnet hat. Beobachte auch den Tau auf anderen Gegenständen: auf Autos, im Garten, auf der Terrasse..... Es ist natürlich nicht

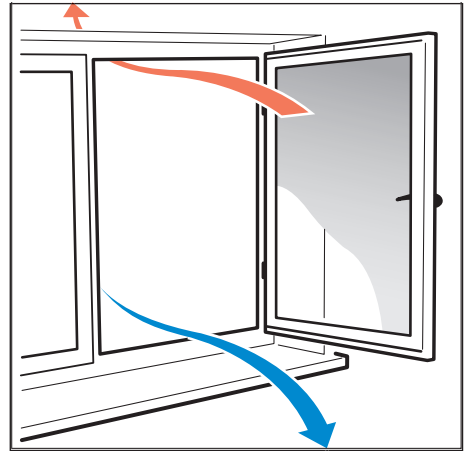


Abb. 40: Beschlagenes Fenster

nach jeder Nacht Tau zu finden, im Sommer musst du dafür früh aufstehen, nämlich bei Sonnenaufgang.

Man sagt, Tau ist gefallen. Das ist eigentlich nicht richtig. Tagsüber kann die Luft viel Wasserdampf aufnehmen. Abends und nachts kühlt sich die Luft aber ab und ist oft bei Sonnenuntergang mit Wasserdampf gesättigt. Dann kondensiert diese Feuchtigkeit an Gegenständen, die kälter sind als die Luft, z. B. am Boden, an Bäumen, Autos etc. Richtig müsste es also heißen: Es ist Tau kondensiert.

Du kannst diesen Versuch genauso im Winter bei klarer frostiger Nacht machen. Dann findest du auf deiner Platte morgens gefrorenen Tau, also Reif. Mit den ersten Sonnenstrahlen schmilzt der Reif.

Schon manchem Wüstendurchquerer hat diese Art der Tausammlung und der Versuch mit der Feuchtigkeit aus dem Boden das Leben gerettet. Wenn sonst kein Wasser zu finden war konnte man wenigstens etwas gesammeltes Tau- oder Kondenswasser trinken.

### Wasserdampf kondensiert in der Luft

*Du brauchst: kalte Luft und warmen Atem*

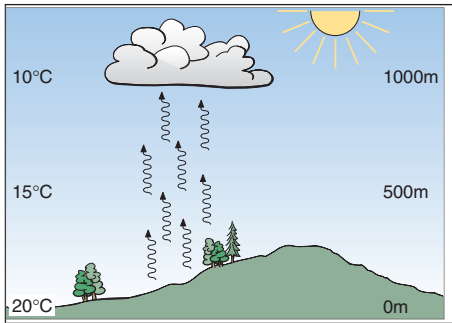


Abb. 41: Aufsteigen von warmer Luft

Wasserdampf kondensiert nicht nur an Gegenständen wie Fenstern, sondern auch in der Luft an winzigsten Staubkörnchen. Wenn es draußen kalt ist und du atmest mit dem Mund aus, bildet sich vor deinem Gesicht eine kleine Wolke. Deine warme, feuchte Atemluft kühlt sich in der kalten Außenluft ab, die Luft ist mit Wasserdampf gesättigt und ein Teil davon kondensiert. Aber der Wind verwirbelt alles sofort wieder und verteilt deinen ausgeatmeten Wasserdampf, bis sich deine Wolke aufgelöst hat.

Genauso dampft eine warme Mahlzeit, der warme Asphalt bei der Verarbeitung oder auch ein warmer Misthaufen.

## Wolkenbildung

Nun kannst du dir vorstellen, wie die Feuchtigkeit in die Luft kommt und wann sie kondensiert. Auf diese Art entstehen auch die Wolken.

An einem sonnigen Tag erwärmt die Sonne den Erdboden. Dabei verdunstet Wasser aus dem Boden und den Gewässern. Gleichzeitig erwärmt der Boden die Luft von unten. Wie bei deinen Versuchen am Anfang steigt auch die am Boden erwärmte Luft auf. Beim Aufsteigen kühlt sie sich langsam ab, und zwar um ein Grad pro 100 Meter Höhe. Wie du mit den vorherigen Versuchen erfahren hast, kann die Luft dabei einen Teil ihrer Feuchtigkeit



Abb. 42: Wasserkreislauf im Glas

wieder abgeben. Beginnt der Wasserdampf zu kondensieren, entsteht eine Wolke. Oft kannst du im Sommer beobachten, dass in den Morgenstunden bei blauem Himmel keine Wolke zu sehen ist. Gegen Mittag hat die Sonne die Luft am Boden so weit erwärmt, dass die Luft aufsteigt. Mit einem Mal erkennst du erste zarte Wölkchen am Himmel, die mit jeder Stunde größer werden. In der Höhe, in der sich die Wolken bilden, ist die aufsteigende Luft mit Wasserdampf gesättigt. Diese Quellwolken sind im Sommer meistens 1000 bis 2000 Meter hoch über dem Erdboden. Die Luft in Höhe der Wolken ist also um 10 bis 20 Grad kälter als am Boden. Bilden sich an sonnigen Tagen keine Wolken, so ist die Luft zu trocken oder eine warme Luftschicht in der Höhe (Inversion) verhindert das Aufsteigen der Luft vom Boden.

## Der Wasserkreislauf

Nach all dem, was du bisher erfahren hast, kannst du dir vielleicht ausdenken, wie auf unserem Planeten Wasser, Sonne, Regen, Erdboden und Pflanzen zusammenarbeiten. Der folgende Versuch zeigt es dir im Kleinen:

*Du brauchst: ein Einmachglas, durchsichtige Folie, Gummiband, zwei Handvoll Blumenerde, etwas Wasser, ein oder zwei wilde Pflanzen aus dem Garten wie Gänseblümchen, Vergissmeinnicht oder Primeln*

In dein Einmachglas füllst du die Erde und setzt die Pflanzen ein. Dann gießt du deinen Minigarten bis die Erde feucht, aber nicht nass ist. Als letztes schließt du dein Einmachglas luftdicht ab, zum Beispiel mit Frischhaltefolie und einem Gummiband, und suchst einen sonnigen Platz dafür. In den nächsten Tagen kannst du nun beobachten, was in dem Glas passiert. Scheint die Sonne auf das Glas, beschlägt es innen, bis das Wasser in dicken Tropfen in die Erde zurückläuft. Nachts sickert die Feuchtigkeit wieder in die Erde zurück, um mit den nächsten Sonnenstrahlen erneut als Wasserdampf aufzusteigen und am Glas zu kondensieren. Ein ewiger Kreislauf setzt ein.



## **6. WOLKEN, REGEN UND GEWITTER**

Im diesem Kapitel findest du weniger Experimente, mehr Beobachtungen und Erklärungen, wie Wolken, Regen, Schnee und Gewitter entstehen.

### **Nebel**

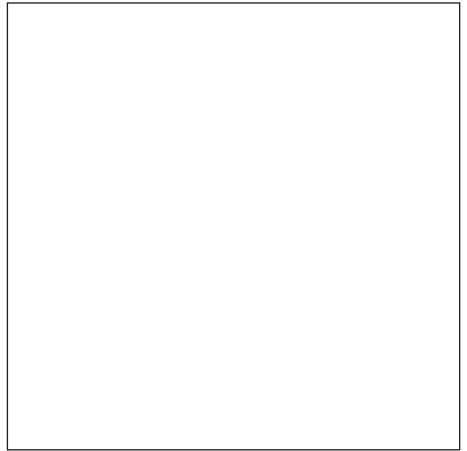
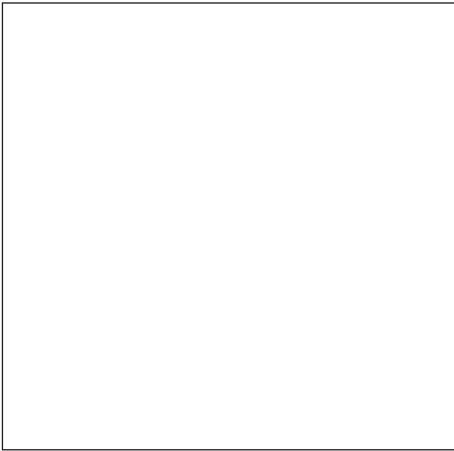
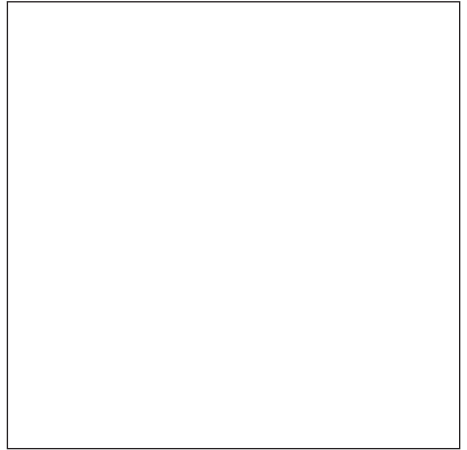
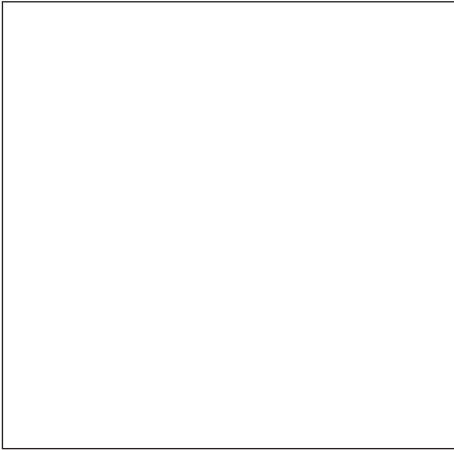
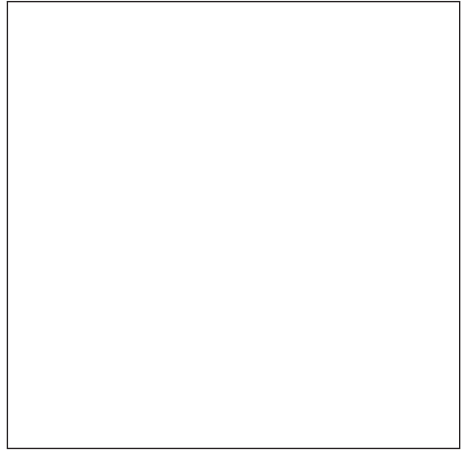
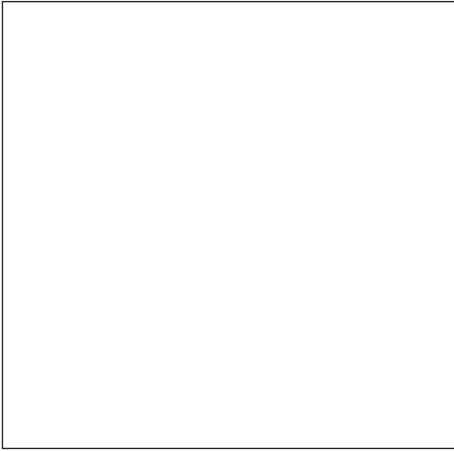
Nebel ist eine Wolke, die am Boden aufliegt. Er entsteht, wenn die Luft über dem Erdboden immer feuchter oder kälter wird. Wenn sich abends im Herbst die Luft abkühlt und an einem See oder Moor über feuchten Untergrund zieht, gibt es Nebel. Dabei will der warme feuchte Boden viel Wasserdampf abgeben. Die kalte Luft darüber ist schnell mit Wasserdampf gesättigt. Andersherum bildet sich natürlich auch Nebel: Wenn feuchte warme Luft über ein kaltes Meer zieht, dann entsteht „Seenebel“.

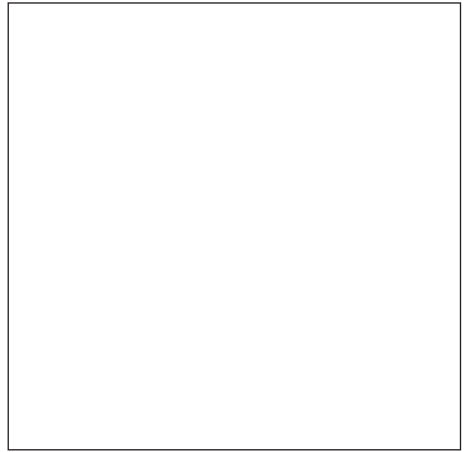
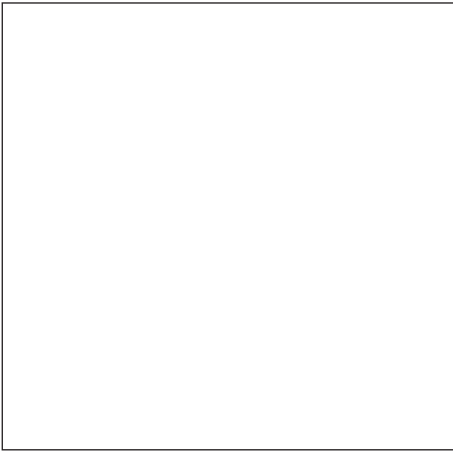
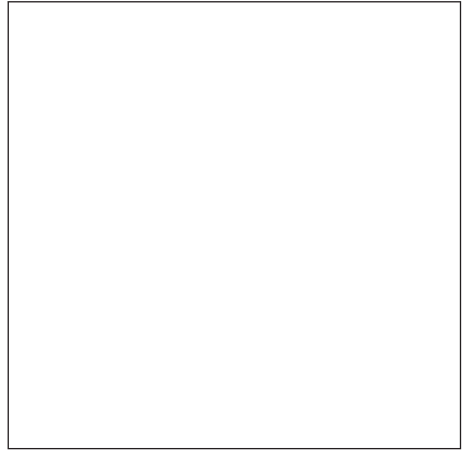
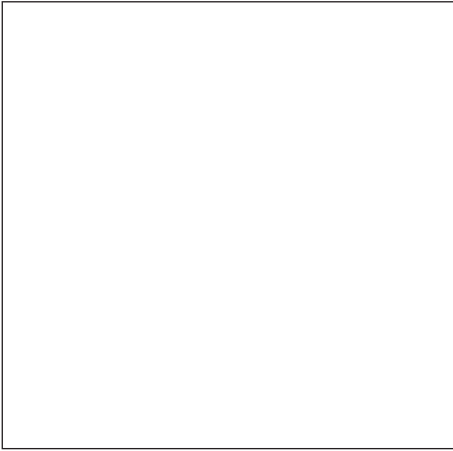
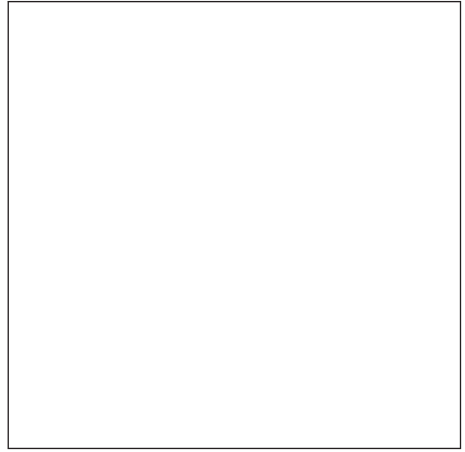
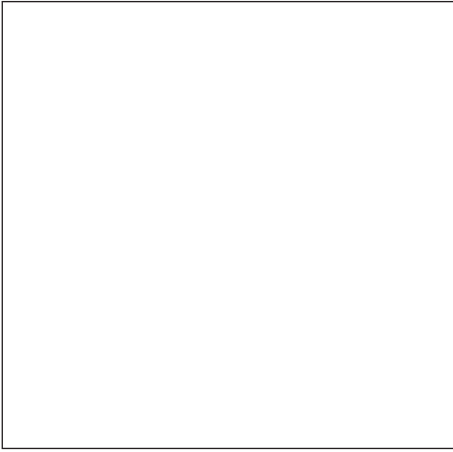
### **Wolken**

Hast du schon einmal intensiv Wolken beobachtet? Leg dich bei schönem Wetter in eine Wiese und beobachte die Schönwetterwolken über dir. Wie sie mit dem Wind ziehen, wie sie sich mit der Zeit verändern. Die größeren Haufenwolken türmen sich zunächst auf, fallen dann wieder in sich zusammen, um sich erneut hoch aufzutürmen. Manche Wolken wachsen ineinander, ziehen übereinander hinweg. Es gibt Orte, an denen immer wieder Wolken entstehen, an anderen Stellen bilden sich nur selten Wolken.

Die Wolken werden in drei Stockwerke eingeteilt: In hohe, mittelhohe und tiefe Wolken. Schau dir die Abb. 43 an:

Hohe Wolken entstehen zwischen 7000 und 11000 Meter Höhe und sind meistens feine Schleier, die aus Eiskristallen bestehen. Sie heißen Schleier- oder Federwolken oder auch Cirren. Scheint die Sonne durch diese Eiskristalle hindurch, so kannst du den Sonnenrand nur verschwommen sehen. Erkennst du die Sonne aber als Scheibe mit scharf abgegrenztem Rand, so scheint sie durch eine niedrigere, dünne Wasserwolke, nicht durch einen Cirrus. Mittelhohe Wolken bilden sich zwischen 3000 und 7000 Meter Höhe. Sie bestehen nur zum Teil aus Eiskristallen, der andere Teil sind winzige Wassertröpfchen, die zwar kälter





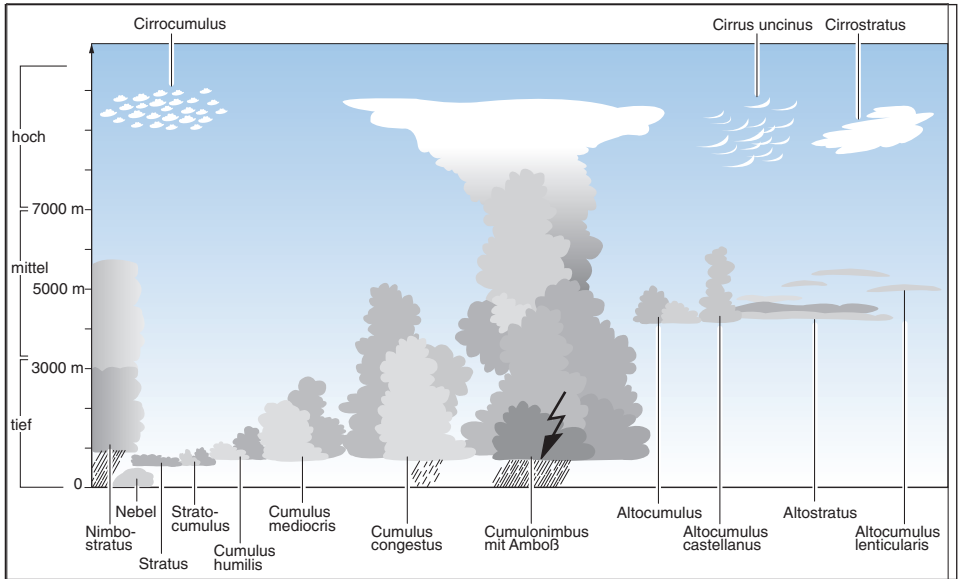


Abb. 43: Typische Wolken in den drei Stockwerken

als 0°C, aber doch nicht gefroren sind. Sie heißen Schicht- oder Schäfchenwolken, ihre lateinischen Namen beginnen mit „Alto...“. Oft scheint die Sonne durch diese Wolken etwas hindurch oder ist zumindest als heller Punkt noch zu sehen.

Die Unterseite der tiefen Wolken findest du zwischen 0 Meter (bei Nebel) und 3000 Meter Höhe. Gerade diese Wolken können aber mehr als 10 Kilometer dick sein, wie zum Beispiel die Gewitterwolken. Auf deutsch heißen diese tiefen Wolken Nebel, Hochnebel, Schönwetter-, Quell- oder Haufenwolken, Regenwolken, Gewittertürme und so weiter.

Die lateinischen Wolkennamen verraten einerseits die Höhe, in der sich die Wolken befinden, andererseits geben sie auch Auskunft über Form und Entstehung der Wolken:

Cirrus oder Cirro... heißen die hohen Eiswolken

Alto... sind mittelhohe Wolken.

Stratus oder Strato...,

Cumulus oder Cumulo...,

Nimbus oder Nimbo... sind die Namen für tiefe Wolken, sie geben gleichzeitig an, wie die Wolken aussehen:

Stratus oder Strato... sind gleichmäßige Wolken, die den Himmel weitgehend bedecken, ohne dass sich Formen oder Strukturen in den Wolken erkennen lassen.

Cumulus oder Cumulo... sind Wolken mit gut abgegrenzten Formen wie bei den Schönwetterwolken, wo du jede Wolke, jede Rundung auf der Oberseite und oft eine glatte Unterseite, die „Wolkenbasis“ klar erkennen kannst.

Nimbus oder Nimbo... sind Wolken aus denen es regnet oder schneit.

Diese Wolkennamen lassen sich auch zusammensetzen beim

Cumulonimbus: Eine hochreichende Quellwolke mit klar erkennbaren Formen, aus der es regnet oder schneit.

Stratocumulus: Eine gleichmäßige, tiefhängende Wolkendecke, die durch helle und dunkle Stellen auf der Wolkenunterseite Strukturen bekommt.

Cirrocumulus: Hohe, gut voneinander getrennte Wolken.

In Abbildung 43 sind einige Wolkenarten dargestellt, zum Teil auch noch mit weiteren lateinischen Namen, wie bei „Alto cumulus lenticularis“. Lenticularis bedeutet linsenförmig, es sind also linsenförmige, mittelhohe, gut voneinander getrennte Wolken, auf deutsch heißen sie Föhnwolken oder Föhnfische.

Manche Wolkenart gilt als Wettervorbote: Föhnwolken treten bei Föhn oder starkem Wind auf, Alto cumulus castellanus (mittelhohe, gut voneinander getrennte Wolkentürmchen) oder Cirrocumulus gelten als Gewittervorbote, sich verdichtender Cirrostratus (hohe, dichte, konturlose Wolken) kündigt häufig Regen oder Schnee an.

Wenn du dich genauer mit Wolkenbildern beschäftigen willst, besorge dir einen Wolkenatlas, in dem alle Wolkenarten mit Photos und Namen dargestellt sind.

Je länger du Wolken und ihre Veränderungen beobachtest, desto genauer kannst du sie unterscheiden und daraus ablesen, wie sich das Wetter in den nächsten Stunden verändern wird.

## Warum regnet es aus Wolken?

Ähnlich wie beim Topfdeckel-Experiment oder an der Plastikfolie über feuchtem Untergrund bilden sich die Regentropfen in Wolken: Zunächst kondensiert der Wasserdampf an winzigen Staub- und Salzkörnchen, die der Wind von den Ozeanen und den Kontinenten in die Luft gewirbelt hat. So entsteht eine Wolke. Dabei herrschen in den höheren Bereichen der Wolke allerdings frostige Temperaturen und große Teile der Wolke bestehen aus Eis. An solchen winzigen Eiskörnchen kondensiert weiterer Wasserdampf, damit wachsen die Eiskörnchen langsam. Schließlich sind sie so schwer, dass sie nicht mehr in der Wolke schweben können, sondern durch die Wolke nach unten fallen. Auf

dem Weg nach unten treffen sie auf andere Eiskörnchen oder winzige Wassertröpfchen und sammeln sie auf. Allmählich entsteht daraus ein größerer Eiskristall. Je tiefer er fällt, desto wärmer wird die Luft, durch die er fällt und schließlich beginnt das Eis zu schmelzen, ein Regentropfen fällt zur Erde. Ist es nicht warm genug, dann schneit es! Fast jeder Regentropfen war zuerst eine Schneeflocke. Höchstens ein schwacher Nieselregen kann bei uns aus Wolken fallen, die nicht bis in frostige Höhen hinauf reichen.

## Warum fällt nur der Regen und nicht die ganze Wolke vom Himmel?

Die Wolken fallen auch herunter! Aber sie fallen so langsam, dass sie sich schon längst wieder aufgelöst haben, bevor sie sich als Nebel auf den Boden legen könnten. So, wie du eine kleine Feder mühelos durch Blasen in der Luft halten kannst, lösen leichte Winde die Wolken wieder auf und lassen sie gleichzeitig neu entstehen.

Die winzigen Wassertröpfchen, die du als Wolke siehst, sind etwa 1/100 Millimeter groß. Sie sind sehr leicht und können höchstens einen Zentimeter in einer Sekunde fallen. Das wären am Tag etwa 1000 Meter. Wenn du eine einzige winzige Quellwolke nur 10 Minuten lang genau beobachtest, erkennst du sofort, wie schnell sie sich vollständig verändert hat. In dieser Zeit ist jedes einzelne Wolkentröpfchen nicht einmal 10 Meter nach unten gefallen.

Anders ist das, wenn die Wolke sehr dick wird, die Tröpfchen allmählich wachsen und sich mit kleinen Eiskristallen verbinden können. Tröpfchen, die bereits 1/10 Millimeter groß geworden sind, fallen schon einen Meter in der Sekunde nach unten. Fallen sie aus hohen Wolken, so verdunsten sie wieder in der Luft, bevor sie den Boden erreichen können. Das kannst du manchmal sehen, wenn aus einzelnen Wolken Streifen (lat. virga) heraushängen, die

aber nicht zum Boden reichen. Fallen solche Tröpfchen aus Wolken mit niedriger Unterseite, so erreichen sie als Nieselregen den Boden. Ein kräftiger Regen besteht aus bis zu 5 bis 6 Millimeter dicken Tropfen, die fast 10 Meter in der Sekunde fallen. Das sind mehr als 30 Kilometer in einer Stunde. Die großen Tropfen springen vom Boden oft wieder bis zu 10 Zentimeter in die Höhe. Kennst du diese „Regenmännchen“?

## Regenbeobachtung

Wenn es in nächster Zeit regnet, lege einen alten Pappdeckel oder Zeitungspapier auf ein Tablett und stelle dieses ins Freie, damit ein paar Regentropfen darauf fallen.

Da gibt es Regentropfen, die sind winzig klein und fein, aber auch welche, die hinterlassen auf deiner Pappe Kleckse mit 2 oder mehr Zentimeter Durchmesser. Regen ist nicht gleich Regen.

Kennst du den ganz feinen Regen, den man kaum im Gesicht spürt, oder den unregelmäßigen Regen, kräftige Platzregen, der im Nu alles überschwemmt, den lang anhaltenden Nieselregen oder nur ein paar einzelne Tropfen aus heiterem Himmel. Beobachte auch die Wolken, aus denen der Regen fällt. Aus hoch aufgetürmten, dramatisch dunklen Wolken fallen dicke Tropfen, aus gleichmäßig grauen Wolken ohne jeden Kontrast fallen kleine Tropfen.

## Schnee

Bei Schnee lohnt es sich genauer hinzusehen. Wenn es schneit, suche dir eine dunkle Unterlage, lasse sie im Freien abkühlen und fange dann mit ihr ein paar Schneeflocken ein. Schau dir die Gebilde genauer an, eventuell sogar mit einer Lupe. Sie sind aus lauter kleinen sechseckigen Kristallen aufgebaut, die aneinander kleben. Je kälter es ist, desto weniger Schneekristalle kleben aneinander, desto feiner

sind die Strukturen der einzelnen Schneesterne. Bei Temperaturen um  $-15^{\circ}\text{C}$  fallen oft nur noch einzelne Eisnadeln, sie sind kaum zu sehen. Wenn dabei allerdings die Sonne oder der Mond scheint (das passiert bei großer Kälte manchmal), glitzern sie im Licht wunderschön und hell.

Im Kühlschrankschrank oder in der Gefriertruhe bilden sich ebenfalls Schneesterne. Du kannst dir etwas Schnee abkratzen und durch die Lupe betrachten.

Beobachte den Schnee, der schon ein paar Tage liegt. Glänzt und glitzert er an der Oberfläche, hat sich Raureif gebildet und es ist deutlich kälter als  $0^{\circ}\text{C}$ . Die einzelnen Schneekristalle können sich ganz unterschiedlich verändern, je nachdem, ob sie oben oder unten in der Schneedecke waren, ob der Wind den Schnee verblasen hat und ob es kalt oder warm war. Diese Veränderungen in der Schneedecke werden insbesondere zur Beurteilung der Lawinengefahr untersucht.

## Hagel

Selbst an richtig heißen Tagen können außer Regentropfen auch Eiskörner aus den Wolken fallen, die man je nach Größe Graupel oder Hagel nennt.

Sind die Temperaturunterschiede zwischen unten (heiß) und in etwa 5 Kilometer Höhe (kalt) sehr groß, möchte die Luft von unten sehr rasch nach oben aufsteigen, ähnlich wie du es bei den Versuchen mit Wärme schon beobachtet hast.

An schwülwarmen Tagen entstehen bei solchen Aufwinden große Haufenwolken und sogar Gewitterwolken. In den Wolken herrschen dabei zum Teil gewaltige Aufwinde (Abb. 44). Fällt nun ein Eiskörnchen durch die Wolke, wächst es langsam an, weil es andere Wassertröpfchen oder Eiskörnchen trifft und aufammelt. Kommt das Eiskörnchen unten in der Wolke an, kann es passieren, dass es in die kräftigen

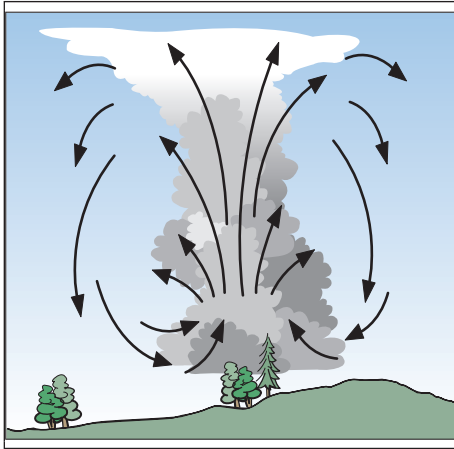


Abb. 44: Gewitterwolke mit kräftigen Aufwinden und Amboss

Aufwinde gerät und wieder zurück in die Wolke hochgerissen wird. Beim erneuten Auf und Ab in der Wolke wächst das Eiskörnchen weiter. Eventuell wird es mehrmals in die Wolke zurückgesaugt und wieder fallen gelassen. Dabei wird es immer größer. Schließlich fällt es als großer Eiskorn aus der Wolke Richtung Erde. Während der kurzen Fallzeit kann es nicht zu einem Regentropfen schmelzen und erreicht den Boden als Hagel. Schau dir solche Graupel oder Hagelkörner genauer an, vielleicht mit einer guten Lupe. Manche der Körner sind rau und weiß, andere fast durchsichtig und glatt, je nachdem, ob sie auf dem mehrmaligen Weg durch die Wolke mehr Eiskörnchen oder Wassertröpfchen aufgesammelt haben oder zwischendurch selbst leicht angeschmolzen waren.

## Gewitter

Gewitter und Hagel treten oft gemeinsam auf. Die hoch aufgetürmten Wolken haben dabei immer eine zerfaserte, vereiste Kappe, der „Gewitteramboss“ (Abb.44). Solche Gewitterwolken sind meistens 5 bis 10 Kilometer hoch

aufgetürmt und an dem Amboss schon von weitem zu erkennen. In den unteren Bereichen dieser Wolke herrscht meistens negative elektrische Ladung, im oberen Teil und im Amboss positiv elektrische Ladung. Wenn die Wolke stark genug aufgeladen ist, erfolgt ein Überschlag, der Blitz. Viele Blitze flackern nur innerhalb der Wolke auf, manche entladen sich zur Erde. Dabei kommt es vor, dass mehrere Blitze ganz kurz hintereinander die gleiche Bahn benutzen. Kannst du das beobachten?

## Wie weit ist ein Gewitter entfernt?

Du siehst immer zuerst den Blitz und hörst erst danach den Donner. Aus der Zeit zwischen Blitz und Donner kannst du dir ausrechnen, wie weit das Gewitter entfernt ist, und ob es auf dich zu oder von dir weg zieht. Den Blitz siehst du in dem Augenblick, in dem er durch die Luft fährt. Der Donner kommt erst später mit Schallgeschwindigkeit bei dir an, mit etwa 330 Meter pro Sekunde. Ist das Gewitter ein Kilometer von dir entfernt, so hörst du den Donner etwa 3 Sekunden, nachdem du den Blitz gesehen hast. Bei 2 Kilometer Entfernung beträgt die Zeit zwischen Blitz und Donner etwa 6 Sekunden, bei 3 Kilometer 9 Sekunden und so weiter.

Auch ohne Gewitter kannst du das beobachten: Schau hin, wenn jemand mit einem großen Hammer zum Beispiel einen Zaunposten einschlägt. Gehe 300 Meter und 600 Meter weg von ihm und versuche die Zeit zwischen Hammerschlag und Geräusch zu stoppen.



## 7. FARBEN AM HIMMEL

Aus dem Zusammenspiel von Luft, Staub, Wassertröpfchen, Eiskristallen und Sonnenlicht entstehen am Himmel manchmal wunderschöne Farbspiele. Die bekanntesten sind sicherlich der blaue Himmel, die rote Sonne und der Regenbogen. Über Farbphänomene in der Natur findest du auch in dem Experimentierkasten LICHT UND FARBEN viele Experimente und Erklärungen.

Schau möglichst oft über die „Alltagsblickhöhe“ hinaus in den Himmel. So kannst du viele Nuancen und Farbspiele kennen lernen. Das Himmelsblau im Sommer ist zum Beispiel ein anderes als im Winter oder morgens ein anderes als mittags.

### Regenbogenexperimente

Sicher hast du schon einen Regenbogen am Himmel gesehen, aber hast du schon einmal einen selber entstehen lassen? Eigentlich

geht das ganz einfach, wenn du einen Wasserschlauch im Garten oder eine Dusche im Schwimmbad oder einen Brunnen, aus dem ein breiter Wasservorhang heraus sprüht, zur Verfügung hast:

Bei den nachfolgenden Experimenten musst du immer mit dem Rücken zur tiefstehenden Sonne stehen.

*Du brauchst: tief stehendes Sonnenlicht, Wasserschlauch im Garten*

Sprühe mit deinem Wasserschlauch einen möglichst breiten Strahl aus feinen Wassertröpfchen auf deinen eigenen Schatten zu. Dann siehst du den Regenbogen in dem „Wasservorhang“. Vielleicht musst du den Wasserstrahl höher oder tiefer halten, auf jeden Fall muss die Sonne in deine Wassertröpfchen scheinen.

*Du brauchst: eine besonnte Dusche im Schwimmbad, einen Helfer*

Stell dich vor eine Dusche, die in der Sonne steht, wieder mit der Sonne im Rücken. Wenn du im Duschstrahl keinen Regenbogen findest,

sind vielleicht die Tropfen zu dick. Bitte doch einen Freund oder eine Freundin, dir zu helfen. Dein Helfer soll mit den Händen einen möglichst breiten Wasserteppich mit feinen Wassertropfen aus dem Duschstrahl machen, in dem du dann den Regenbogen suchen kannst. Wenn es funktioniert, solltest du deinem Helfer den Regenbogen auch vorführen.

Auch bei manchen sonnenbeschienenen Brunnen oder im Wasserstaub eines Wasserfalls lohnt es sich auf Regenbogensuche zu gehen. Der Trick dabei: Du musst immer die Sonne im Rücken haben!

Ein Regenbogen entsteht aus dem Zusammenspiel von Sonnenlicht und gleichmäßigen Wassertropfen, zum Beispiel eines vorüberziehenden Regenschauers. Das Sonnenlicht wird von den Tropfen umgelenkt und kommt zu dir in all den schönen bunten Farben des Regenbogens zurück. Daher ist es wichtig, dass du mit dem Rücken zur Sonne stehst. Wenn die Sonne morgens und abends tief am Himmel steht, sind die Regenbögen am schönsten und farbigsten. Manchmal sind es sogar zwei oder mehrere Bögen übereinander. Zwischen ihnen ist der Hintergrund dann dunkler.



Abb. 45: Regenbogen aus eigener Herstellung



Abb. 46: Doppelter Regenbogen

Die Regenbogenfarben kannst du schon in einem einzigen Tautropfen beobachten. Suche einen großen Tautropfen, den du in einer Farbe funkeln siehst. Schau mit einem Auge in den Tropfen und bewege dich leicht hin und her. Du findest der Reihe nach alle Farben des Regenbogens!

### **Glorie**

Eine Glorie kannst du sehen, wenn dein Schatten von einem Turm, Berg oder Flugzeug aus von oben auf Wolken oder Nebel fällt. Mit etwas Glück findest du deinen Schatten ganz hell umleuchtet, du hast eine Glorie bekommen. Manchmal findest du darin auch Regenbogenfarben.

### **Halo**

Halos kannst du beobachten, wenn dünne Eiswolken in der Nähe der Sonne am Himmel

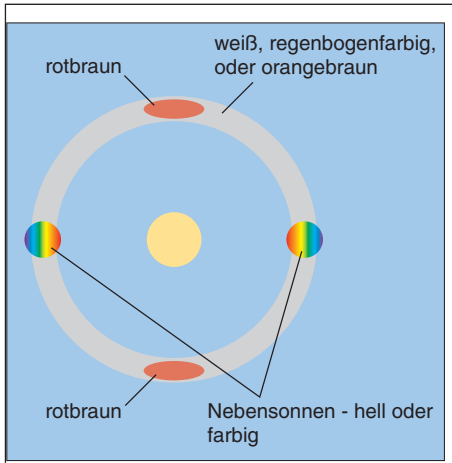


Abb. 47: Die häufigsten Halos um Sonne oder Mond

zu sehen sind. Dabei musst du dir allerdings immer die Sonne mit der Hand verdecken – niemals direkt in die Sonne schauen! Oft bildet sich dann ein heller Ring oder Teile davon um die Sonne herum aus, manchmal in Regenbogenfarben, manchmal weiß oder rostrot. Oder es erscheinen eine Handbreit rechts und links von der Sonne seltsam leuchtende Flecken, sogenannte Nebensonnen.

Bei Vollmond und ganz feinen Wolkenschleiern kannst du ebenfalls Ringe und Kränze um den Mond herum finden. Du brauchst viel Geduld beim Beobachten des Himmels, um solche Erscheinungen zu sehen, aber du wirst immer wieder mit sehr schönen Licht- und Farbphänomenen belohnt werden.



## 8. SPUREN DES MENSCHEN IN WIND UND WETTER

Seit etwa 150 Jahren benützen die Menschen Maschinen und Motoren und verbrennen dabei große Mengen Kohle, Erdöl und Erdgas, dies sind alles Brennstoffe, die vor Millionen Jahren entstanden sind. Gleichzeitig begannen intensive Forschungen, wie man chemische Stoffe künstlich herstellen kann, eine Menge neuer Chemikalien wurden seither entwickelt. Dieser enorme technische Fortschritt machte ein großes Wachstum der Menschheit möglich. Nie vorher lebten so viele Menschen gleichzeitig auf unserer Erde.

Diese Entwicklungen und technischen Fortschritte haben aber auch schwierige, teilweise sogar schlimme Folgen für die Umwelt und das Wetter:

### Der Londoner Smog

Die erste bekannt gewordene Veränderung der Luft war der Londoner Smog vor etwa 100

Jahren. Die Stadt war schnell angewachsen, die Menschen heizten meist mit Kohle, die mit gelbem Rauch (smoke) verbrannte. Dieser schwefelhaltige Rauch verband sich mit dem typischen Londoner Nebel (fog) zu einer beißenden Luft, die bei vielen Menschen zum Teil schwere Lungenerkrankungen auslöste. Man nannte diese Situation „Smog“, aus „Smoke“ und „Fog“ zusammengesetzt.

### **Sommersmog**

Diesen schwefelhaltigen Smog gibt es inzwischen kaum mehr, aber dafür andere Arten, die hauptsächlich aus den Abgasen von Autos entstehen: Der „Sommersmog“ oder „Ozonsmog“ ist in Mitteleuropa bei langem Schönwetter ein Problem. Dabei werden die Autoabgase durch Sonnenlicht so verändert, dass sich das Gas Ozon bilden kann. Es ist nur in winzigsten Spuren in der Luft zu messen, aber trotzdem reizt es Augen, Hals und Lunge. Gerade kleine Kinder und ältere Menschen leiden dann unter Atemnot oder brennenden Augen, Sport treiben sollte man bei Sommersmog nicht.

### **Feinstaub**

Um Smog in jeder Art zu verhindern, erfand man Filter und Katalysatoren, die die Abgase reinigen, die von Heizungen und Motoren ausgestoßen werden. Trotzdem ergab sich ein neues Problem: Feinstaub. Mit den Abgasen gelangen feinste Staubteilchen in die Luft, die kaum ein Filter verhindern kann. Leider reizen auch sie unsere Atemwege und werden zum Beispiel für Lungenkrebs verantwortlich gemacht. Vor allem in großen Städten mit viel Lkw-Verkehr ist häufig so viel Feinstaub in der Luft, dass die Gesundheit leidet.

### **Wie viel Staub und Dreck schwebt in eurer Luft?**

Der Wind wirbelt immer wieder Staub und anderen Dreck auf, der dann durch die Luft getragen wird. Abgase von Industrie, Heizung und Verkehr tragen ebenso zur Verschmutzung der Luft bei.

Nimm 7 Deckel von Marmeladengläsern, einen Stift und ein weißes Blatt Papier nach draußen. Auf ein Regen geschütztes Fensterbrett lege dein Papier und verteile die Deckel darauf. Damit das Papier nicht im Wind wegfliegt, beschwerst du es mit Steinen an den Ecken. Unter jeden Deckel schreibst du eine Zahl von 1 bis 7. Nach einem Tag nimmst du den Deckel, unter dem die 1 steht, weg. Am zweiten Tag entfernst du den Deckel mit der 2 und so weiter. Nach einer Woche untersuchst du dein Papier: Es ist der Dreck von einer Woche darauf zu finden. An den Stellen, wo die Deckel lagen, siehst du die Veränderung von Tag zu Tag. Ist am Wochenende mehr oder weniger Dreck auf dein Papier gekommen? Hattet ihr in der Woche starken Wind, der mehr Staub liegen gelassen hat? Oder hat Regen zwischendrin die Luft sauber gewaschen? Deine Wetteraufzeichnungen helfen dir, die Herkunft der Verschmutzung ein wenig zu deuten.

### **Saurer Regen**

Die Abgase von Industrie, Motoren und Heizungen enthalten viele chemische Stoffe, die von Natur aus in der Luft nicht zu finden sind. Bei Verbrennung von Kohle wird zum Beispiel Schwefel mit den Abgasen in die Luft gebracht, bei Verbrennung von Benzin und Diesel Stickoxide. Bei Regen werden diese Stoffe aus der Luft gewaschen, das heißt, die Regentropfen sammeln diese chemischen Stoffe ein. Zusammen mit Wasser bilden einige chemische Stoffe Säuren, zum Beispiel Schwefelsäure

oder Salpetersäure. So veränderte sich ganz allmählich das Regenwasser, ohne dass es zunächst jemand bemerkte.

Seit etwa 1970 beobachtete man in Europa Waldschäden, die offenbar durch Luftverschmutzung ausgelöst wurden. Der Sommersmog schädigte mit seinen reizenden Gasen (zum Beispiel Ozon) Blätter und Nadeln, gleichzeitig setzte der saure Regen den Wurzeln der Pflanzen zu. Schließlich sprach man vom Waldsterben, so schnell verschlimmerte sich der Zustand unserer Wälder.

Damals mahnten Wissenschaftler, dass schnellstmöglich Filter in Industrieanlagen, Heizungen und Autos eingebaut werden müssen, um Luft und Regenwasser zu schützen. Es dauerte einige Zeit, bis weltweit zum Beispiel Schwefelfilter in der Industrie eingesetzt wurden. Luftverschmutzung bleibt ja nicht an Landesgrenzen stehen, nur wenn alle mitmachen, konnte sich wirklich etwas verbessern. Seit einigen Jahren messen Wissenschaftler, dass der Regen nicht mehr ganz so sauer ist. Bis das Regenwasser aber wieder seinen natürlichen Säuregehalt hat, werden noch Jahrzehnte vergehen und konsequenter Umweltschutz nötig sein.

### **Wie sauer ist der Regen bei dir?**

In der Apotheke gibt es pH-Wert-Teststreifen zu kaufen, sie sind allerdings recht teuer. Vielleicht kann dir auch ein Chemielehrer etwas „Indikatorpapier“ oder „Lackmuspapier“, wie die Teststreifen auch genannt werden, geben. Sie sollten im pH-Bereich zwischen 4 und 6 empfindlich sein.

Die Teststreifen messen die Säure des Wassers. Natürlicherweise ist unser Regenwasser leicht sauer, der pH-Wert sollte zwischen 5 und 5,6 liegen. Durch die menschliche Umweltverschmutzung ist der pH-Wert weltweit auf Werte zwischen 4 und 5 gesunken. Ein pH-Wert des Regenwassers unter 4,2 deutet

darauf hin, dass Metalle wie Aluminium oder Cadmium aus dem Boden gelöst werden und weitergehend Flüsse, Seen und Grundwasser vergiftet werden können.

Teste mit solchem Indikatorpapier frisches Regenwasser, Pfützen, feuchte Erde, aber auch Tee, Salatsoße, Spucke oder Milch.

### **Luft: je höher, desto empfindlicher**

Die Luftschicht der Erde ist etwa 500 Kilometer dick. Wir leben und atmen aber nur die Luft der unteren 10 bis 15 Kilometer ein, man nennt diese unterste Luftschicht „Troposphäre“. Nur in dieser untersten Luftschicht findet unser Wetter statt.

In etwa 10 bis 15 Kilometer Höhe liegt eine Inversionsschicht, die ähnlich wie in Kapitel 1 beschrieben wirkt. Diese Inversion verhindert den dauerhaften Luftaustausch zwischen Troposphäre und der höheren Luft. So gelangt zum Beispiel kaum Wasserdampf in die oberen Luftschichten, es gibt daher fast keine Wolken über dieser Inversionsschicht.

Das bedeutet gleichzeitig, dass wir unsere Abgase weitgehend in der untersten Luftschicht behalten.

Gase, die sich lange in der Luft halten können, schaffen es allerdings nach und nach in die oberen Luftschichten zu entweichen. Das passiert nur sehr spärlich, aber es reicht, um das empfindliche Gleichgewicht aus Luftgasen in den oberen Luftschichten zu stören.

Das Ozonloch ist dafür das bekannteste Beispiel:

Durch Sonnenlicht entsteht von Natur aus in etwa 25 Kilometer Höhe eine Luftschicht, in der ungewöhnlich viel Ozon zu messen ist. Wir brauchen diese Ozonschicht, denn sie wirkt wie ein Schutzschild gegen UV-Licht, das die Sonne zur Erde schickt. Ohne diese Schutzschicht aus Ozon würde das UV-Licht der Sonne bis zur Erde

vordringen und alle Pflanzen verbrennen. Ohne diese Ozonschicht hätten sich auf der Erde nie Pflanzen und Tiere entwickeln können.

Wir Menschen benutzen seit etwa 1950 Spraydosen, Schaummatratzen oder Kühlschränke in großen Mengen. In Spraydosen braucht man ein Treibmittel, damit die Farbe oder das Deo mit Druck aus der Dose gesprüht wird, Kühlschränke brauchen Kältemittel, Schaummatratzen Aufschäumer. Viele dieser Chemikalien halten sich lange in der Luft und entweichen ganz allmählich bis in die oberen Luftschichten. Dort reagieren sie mit dem UV-Licht der Sonne oder mit Ozon und bilden neue chemische Stoffe, die weitere chemische Veränderungen in den oberen Luftschichten bewirken. Seit etwa 1980 schlugen Meteorologen Alarm: Die Ozonschicht in 25 Kilometer wird immer dünner, immer mehr UV-Licht kann bis zur Erde vordringen! Fieberhaft suchte man nach den Ursachen des „Ozonlochs“ und innerhalb von wenigen Jahren verbot man fast weltweit die für die Ozonschicht gefährlichen Treibmittel, Aufschäumer und Kältemittel. Aber sind die Ersatzmittel weniger gefährlich? Wie lange dauert es, bis die alten Treibmittel aus den oberen Luftschichten verschwunden sind? Wie gefährlich sind die Abgase von Flugzeugen, die gerne oberhalb der Inversionsschicht fliegen? Wir wissen sehr wenig über die Auswirkungen all dieser Abgase und Chemikalien in den oberen Luftschichten. Wir haben nur gemerkt, dass gedankenloses Umgehen mit diesen Dingen schlimme Folgen haben kann.

## **Klimaerwärmung**

Seit dem Jahr 2005, dem Rekordjahr der Hurrikane, sind sich die Meteorologen in der ganzen Welt sicher: Das Klima der Erde erwärmt sich, und sehr wahrscheinlich sind wir Menschen daran mit Schuld.

Schon immer veränderte sich das Klima auf der Erde, es wurde einmal kälter, dann wieder

wärmer, es gab Eiszeiten und Wärmezeiten. Dieses Mal aber, beeinflussen wir Menschen das Klima der Erde selbst.

Die wichtigste Ursache ist das Kohlendioxid. Es ist ein Gas, das bei fast jeder Verbrennung entsteht, in Motoren, Heizungen, beim Feuermachen. Wenn Holz verbrannt wird, entweicht soviel Kohlendioxid in die Luft, wie vorher der Baum aus der Luft genommen hat, um zu wachsen. Es wird also genauso viel Kohlendioxid aus der Luft genommen wie in die Luft abgegeben.

Kohle, Erdöl und Erdgas sind vor vielen Millionen Jahren Bäume und Pflanzen gewesen, haben also schon vor sehr langer Zeit Kohlendioxid aus der Luft verbraucht. Diese Unmenge gespeichertes Kohlendioxid verbrennen wir seit etwa 150 Jahren in großen Mengen und setzen es als Abgase wieder frei. Seither messen wir immer mehr Kohlendioxid in der Luft. Es sind immer noch winzige Mengen im Vergleich zur gesamten Luftmenge, aber Kohlendioxid hilft Sonnenwärme zu speichern. Je mehr Kohlendioxid in der Luft ist, desto mehr wird Sonnenwärme von der Luft aufgenommen, die Lufttemperatur wird immer höher.

Die weltweite Temperatur ist seit 100 Jahren um fast 1 Grad angestiegen. Das klingt im ersten Moment nicht schlecht, vielleicht wird es bei uns im Winter dann nicht mehr so kalt und im Sommer dafür umso schöner. Aber das stimmt eben so nicht:

Steigt die Temperatur weltweit, dann verdunstet aus den Meeren mehr Wasserdampf in die Luft, es regnet mehr und vor allem auch heftiger. Große Überschwemmungen sind die Folge. Durch die Lufterwärmung erwärmen sich die Meere. Über wärmeren Meeren entstehen häufiger Stürme oder sogar Hurrikane. Im Jahr 2005 sind so viele Hurrikane gezählt worden wie nie zuvor. Gleichzeitig dehnen sich die großen Wüsten aus, in vielen Ländern herrscht Dürre. Die Eiskappen der Pole schmelzen, der Meeresspiegel steigt an.

Viele Länder befürchten, dass niedrige Inseln oder Küstenlandschaften bald bei den immer heftigeren Sturmfluten im Meer versinken. Wo sollen dann die Bewohner hin?

Viele engagierte Menschen suchen nach Möglichkeiten, wie weniger Kohlendioxid in die Luft kommt. Aber es wird noch lange Zeit dauern, bis wir durch Einsparen von Energie die Klimaerwärmung stoppen können.



## 9. MESSGERÄTE

Täglich messen zehntausende Menschen verteilt über die ganze Erde Wetterdaten. Das erfordert viel Übung und Genauigkeit. Die Messgeräte sind weltweit miteinander vergleichbar und die meisten Instrumente sind sehr empfindlich und teuer. Um in Übung zu kommen, wie solche Messgeräte funktionieren und wie man damit umgeht, kannst du dir hier deine Messgeräte auf einfache Weise zusammenstellen.

### Regenmesser

Du brauchst: Regenmesser, das Holzklötzchen, die Kabelbinder und einen Seitenschneider oder Gartenschere

Suche dir für deinen Regenmesser einen geeigneten Platz zum Aufhängen: Der Regen soll ungestört hineinfallen können und du solltest den Messbecher leicht erreichen können. Ein Balkongitter, Gartenzaun, Wäschestange sind geeignete Plätze. Das Holzklötzchen hat zwei verschiedene Bohrungen, überlege zunächst, in welche Richtung sie aufgehängt werden. Mit einem Kabelbinder wird das Holzklötzchen am Balkon oder Zaun montiert, mit dem anderen Kabelbinder wird dann der Regenmesser gehalten. In der Abbildung findest du zwei verschiedene Aufhängungen. Bitte beachte Folgendes beim Aufbauen:

Den Kabelbinder um Balkon oder Gartenzaun musst du sehr fest anziehen. Den Kabelbinder für den Regenmesser darfst du nur so weit anziehen, dass du den Regenmesser leicht herausnehmen kannst und er nicht schief hängt. Die herausstehenden Enden der Kabelbinder schneidest du mit einem Seitenschneider oder einer scharfen Gartenschere ab. Aber Vorsicht: Schiebe den Kabelbinderverschluss vom Regenmesser dabei nicht aus Versehen



Abb. 48: Montage des Regenmessers. Die obere Aufhängung ist besser, weil der Zaun den Regen ungestört in den Messbecher fallen lässt

weiter zusammen! Du bekommst sonst deinen Regenmesser für die Messungen nicht mehr aus der Halterung.

Liest du erst lange nach dem Regen ab, so misst du zuwenig, denn ein Teil von dem Wasser ist dann schon wieder verdunstet. Es lohnt sich also, ein- bis zweimal täglich in den Regenmesser zu schauen und ihn nach der Ablesung auszuschütten. Die jeweiligen Regenhöhen in Millimeter schreibst du auf und trägst sie in das Beobachtungsdiagramm ein. Die Profis lesen immer morgens und abends um 7 Uhr (8 Uhr Sommerzeit) ab.

Regenmengen werden von den Wetterbeobachtern entweder in Millimeter notiert oder in „Liter pro Quadratmeter“. Stell dir einen Quadratmeter Boden vor, der ganz gleichmäßig mit einer Millimeter dicken Schicht Regenwasser bedeckt ist, dann liegt genau ein Liter Regenwasser auf diesem Quadratmeter. Darum kannst du sagen, wenn du in deinem Regenmesser zum Beispiel 2 Liter pro Quadratmeter Regenwasser gemessen hast: „Es sind zwei Millimeter Regen gefallen.“

Bei Schneefall messen Meteorologen zwei Dinge: Die Wassermenge und die Schneehöhe:

Der in den Regenmesser gefallene Schnee wird geschmolzen und so die Wassermenge wie beim Regen gemessen.

Die Schneehöhe wird am besten auf einer Wiese jeden Tag am selben Platz gemessen. Du steckst einen Stock in die Wiese, auf der du eine Zentimeter-Skala gemalt hast. An dieser Skala kannst du jeden Tag die Schneehöhe ablesen und aufschreiben. Noch genauer sind deine Messungen, wenn du die Neuschneehöhe bestimmst. Dazu räumst du nach jeder Messung ein kleines Stück Wiese wieder frei, um Platz für die nächste Neuschneemessung zu haben.

Wenn du die Neuschneemengen zusammenrechnest, bekommst du nicht die Gesamt-



Abb. 49: Am einfachsten misst du die Schneehöhe mit einem Meterstab



Abb. 50: Nach jedem Messtermin muss die Fläche für die Neuschneemessung frisch geräumt werden

schneehöhe, denn der Schnee sackt ja im Laufe der Zeit zusammen, verdunstet, schmilzt etwas weg oder wird vom Wind weggeweht.

### **Windfahne mit Windgeschwindigkeit**

*Du brauchst: Einen langen Stiel (Bohnenstange, Besenstiel oder Ast), die Teile für die Windfahne aus deinem Experimentierkasten, Kleber, Hammer*

Die Windfahne baust du dir gemäß Abbildung 51 zusammen. Zum Schluss steckst du den langen

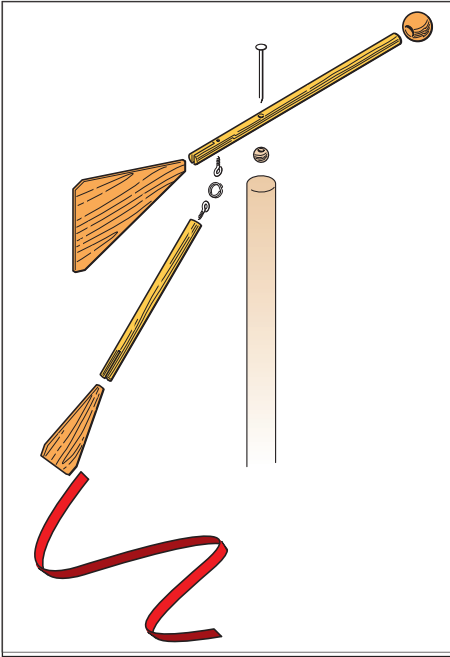


Abb. 51: Wendehals-Windfahne

Nagel durch das senkrechte Loch im langen Stab, fädelst die Perle auf und hämmerst den Nagel nicht zu weit in deinen langen Stiel. Die Windfahne soll sich ganz leicht im Wind drehen können, der Nagel darf nach oben ruhig etwas herauschauen.

Jetzt suche dir einen geeigneten Platz für deine Windfahne: Möglichst weit weg von Bäumen und Häusern und nicht zu niedrig über dem Boden. Die Stange kannst du am Zaun, einen Wäscheleinfosten oder ähnlichem festbinden. Achte darauf, dass sie senkrecht steht.

Deine Wendehals-Windfahne dreht sich mit der Kugel immer gegen den Wind, das heißt, die Kugel zeigt in Windrichtung. Den Zusammenhang zwischen den Bewegungen deiner Windfahne und der Windstärke (Abb. 52) findest du im Laufe deiner Beobachtungen heraus. Eine hoch aufgestellte Windfahne auf freiem Feld macht natürlich viel größere Ausschläge als eine, die niedrig zwischen Häusern

und Sträuchern aufgestellt ist. Vergleichst du Blätter und Baumbewegungen mit den Ausschlägen deiner Windfahne weißt du recht bald, welche Windgeschwindigkeiten du in dein Beobachtungsdiagramm eintragen musst.

## Temperatur und Luftfeuchtigkeit

*Du brauchst: zwei Thermometer, etwas Faden, Papiertaschentuch, Klebstreifen*  
Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden von Wetterbeobachtern, wie in Kapitel 10 beschrieben, in einer Klimahütte in zwei Meter Höhe gemessen. Ähnlich gute Messungen machst du, wenn du die beiden Thermometer an einer Mauer, Wand oder an einem Baumstamm in Kopfhöhe so aufhängst, dass die Sonne sie nicht bescheint und sie nicht nass geregnet werden (Abb. 32). Am besten eignet sich natürlich ein Platz auf der Nordseite eures Hauses, möglichst in zwei Meter Höhe. Das eine Thermometer baust du dir zum Feuchttthermometer um, wie am Anfang von Kapitel 5 beschrieben. Für deine Messungen musst du es jeweils mit Wasser befeuchten und schleudern.



Abb. 53: Kiefernzapfen-Hygrometer

Windstärke Beaufort	Symbol (Westwind)	Windgeschw. in 10m Höhe in km/h	Name	Auswirkung des Windes - am Land	am Meer
0		<1	Stille	Rauch steigt senkrecht auf.	Spiegelglatte See.
1	—	1-5	leichter Zug	Ist kaum merkbar, Rauch wird abgetrieben.	Kleine schuppenförmige Kreuzwellen.
2	└	6-11	leichter Wind	Bewegt Laub und das Stoffband von deiner Windfahne.	Kurze, gutausgeprägte Wellen, die nicht brechen.
3	└└	12-19	schwacher Wind	Laub ist ununterbrochen in Bewegung. Das Stoffband flattert.	Kämme beginnen zu brechen, glasiger Schaum.
4	└└└	20-28	mässige Wind	Zweige und dünne belaubte Äste in Bewegung. Staub und lockerer Schnee werden aufgewirbelt.	Längere Wellen, vielfach weisse Schaumkämme.
5	└└└└	29-38	frischer Wind	Kleinere Laubbäume beginnen zu schwanken. Wellen mit Schaumkämmen auf Binnenseen.	Ausgeprägte und lange Wellen, überall Schaumkämme.
6	└└└└└	39-49	starker Wind	Bewegt grosse belaubte Äste, pfeift in Telefonleitungen.	Grössere Wellenberge, weisse Schaumkämme breiten sich über grössere Flächen aus.
7	└└└└└└	50-61	steifer Wind	Ganze Bäume schwanken. Gegen den Wind gehen ist mühsam.	See türmt sich auf und bricht, Schaum bildet Streifen in Windrichtung.
8	└└└└└└└	62-74	stürmischer Wind	Belaubte Zweige brechen ab. Gehen im Freien ist beschwerlich.	} Bedeutende Länge und Höhe der Wellenberge. Schaum legt sich in dichtere Streifen.
9	└└└└└└└└	5-88	Sturm	Kleinere Schäden entstehen an Häusern. Einzelne Dachziegel und Äste fliegen herum.	
10	▲	89-102	schwerer Sturm	Ist selten in Binnenland, Bäume werden enturzelt, bedeutende Sturmschäden.	Hohe Wellenberge mit langen Brechern, die Meeresoberfläche ist weiss vor Schaum.
11	▲└	103-117	orkanartiger Sturm	Ist sehr selten in Binnenland, überall entstehen Sturmschäden.	Schiffe in Sehweite verschwinden hinter Wellenbergen, Meeresoberfläche vollständig von weissem Schaum bedeckt, der soweit aufgewirbelt ist, dass die Sicht stark verschlechtert wird.
12	▲└└	118-133	Orkan		
13-17	kommt eventuell in manchen Gebirgen, Wirbelstürmen oder tropischen Zyklonen vor.				

Abb. 52: Die Windstärken und Windgeschwindigkeiten

## Hygrometer

Du brauchst: Kiefernzapfen (auch Fichte oder Pinie), Strohalm als Zeiger, Papier und Stifte, Nagel und Hammer, Haare und Stecknadel

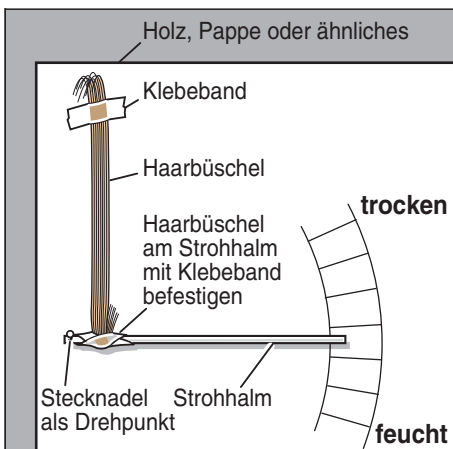


Abb. 54: Haar-Hygrometer

und einen geeigneten Platz zum Basteln

Kiefernzapfen und Haare haben die Eigenschaft, sich bei Schwankungen der Luftfeuchtigkeit zu verändern. Mit etwas Geschick und Tüftelei kannst du dir aus diesen Materialien einfache Feuchtigkeitsmessgeräte bauen. Bei hoher Luftfeuchtigkeit schließen sich die Zapfen, die Haare werden länger. Die Abbildungen geben dir Anregungen, du kannst auch andere Mechanismen erfinden. Auf jeden Fall sollte es möglich sein, bei starken Feuchteveränderungen einen Ausschlag zu beobachten.

Meteorologen benutzen bis heute Feuchtigkeitsmesser mit Haaren als Feuchtigkeitsfühler.

## Bau einer Druckdose als Barometer

Barometer sind sehr empfindsame und teure Geräte. Sie haben meistens einen Hohlraum,

der je nach Luftdruck zusammengedrückt wird (Luftdruck steigt) oder sich ausdehnen kann (Luftdruck sinkt).

*Du brauchst: ein möglichst großes Glas mit mittelgroßer Öffnung (1 Liter oder mehr), ein Stück Luftballonhaut, Gummiband, Strohhalm, Klebstreifen, Papier und Stifte*

Mit der Ballonhaut verschließt du das Glas und befestigst es noch mit dem Gummiband. Als Zeiger nimmst du einen Strohhalm, den du mit zwei Klebstreifen (einen ganz am Rand

der Flaschenöffnung, einen in der Mitte) auf die Ballonhaut klebst. Für die Mess-Skala solltest du den Zeigerausschlag ein paar Tage beobachten und auf einem Blatt Papier den weitesten Ausschlag aufzeichnen.

Mit diesem einfachen Messgerät kannst du starke Druckänderungen verfolgen. Du misst aber auch Temperaturschwankungen (siehe Kapitel 1, Versuch: „Warme Luft ist leichter“), daher sollte das Glas in einem Zimmer ohne größere Temperaturschwankungen stehen. Beobachte den Zeigerausschlag, wenn es im Zimmer deutlich kälter oder wärmer wird.



Abb. 55: Flaschen-Barometer

*Du brauchst: Spritzflasche, Lebensmittel-farbe, Wasser, Gummiband, wasserfester Filzstift*

Eine andere Möglichkeit, eine Druckdose selbst zu bauen, ist der Umbau deiner Spritzflasche zu einem „Goethe-Barometer“. Du füllst die Flasche etwa dreiviertel mit Wasser und löst eine viertel Farb-Tablette darin auf. Dann schraubst du den Deckel mit verkehrt herum eingestecktem Rohr fest (luftdicht!) darauf. Wenn du die Flasche nun auf den Kopf stellst, darf nichts heraustropfen. Mit einem Gummiband stellst du das Steigrohr steil auf und hängst dein Barometer an einen Nagel oder Haken auf. Je nach Luftdruck-Änderung steigt oder sinkt der Wasserstand im Steigrohr, auf das du mit einem Filzstift eine Skala malst. Auch mit dieser Druckdose misst du große Luftdruckschwankungen. Für zarte Schwankungen brauchst du empfindliche Barometer.



Abb. 56: Das Spritzflaschen-Barometer



## 10. WETTERBEOBACHTUNG UND VORHERSAGE

Jeden Tag werden Wetterkarten und –berichte erstellt. Dafür beobachten rund um die Erde Tausende von Menschen das Wetter und geben ihre Beobachtungen an die Wetterzentren weiter. Dort werden die Beobachtungen ausgewertet und mit Computern weiterbearbeitet.

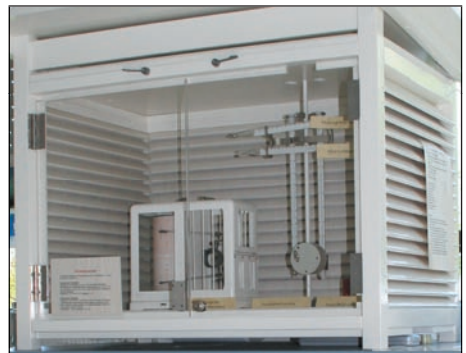
Schließlich entstehen Wetterkarten, die einerseits das momentane Wetter darstellen und andererseits die voraussichtlichen Wetterentwicklungen für die nächsten Tage zeigen. Die Wetterbeobachter melden entweder stündlich oder alle drei Stunden Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und –geschwindigkeit, Luftdruck und dessen Änderung, Wolken, Wettererscheinungen und Niederschlagsmengen. An manchen Messstellen wird schon seit mehr als 100 Jahren täglich mehrmals gemessen, am Observatorium

Hohenpeißenberg im Voralpenland schon seit 1728, es ist eine der ältesten Messstellen der Welt!

Zur Ergänzung der Messungen und Beobachtungen steigen weltweit täglich jeweils zur selben Zeit einige Dutzend unbemannter Wetterballone auf. Diese „Radiosonden“ messen Temperatur, Feuchte und Wind bis in 20 Kilometer Höhe. Die Startzeiten sind 0 und 12



*Abb. 57: Observatorium Hohenpeißenberg, mit Blitzregistrierern, Regentropfen-Messfeld, Wetter-Radar (auf dem Turm unter der Kugel versteckt), Windmessgeräten und der Dachterrasse des Hauses, von der aus das Wetter beobachtet wird. Die vielen Messgeräte zur Überwachung der chemischen Luftbeimengungen (zum Beispiel Ozon und Stickoxide) sind nicht zu erkennen.*



*Abb. 58: Blick in eine Klimahütte*

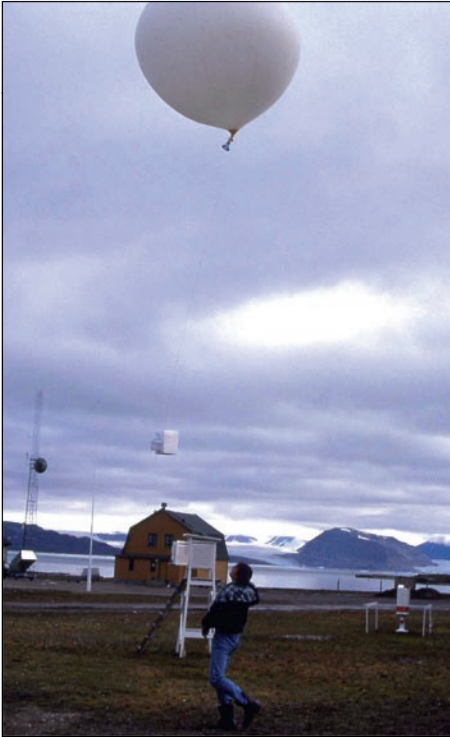


Abb. 59: Start einer Radiosonde in Ny Alesund, Spitzbergen

Uhr Weltzeit, das ist im Winter 1 und 13 Uhr mitteleuropäischer Zeit und im Sommer 2 und 14 Uhr Sommerzeit. In Abbildung 59 siehst du den Start einer solchen Radiosonde. An dem großen Ballon hängt ein kleiner Kasten mit den Messinstrumenten. Dies ist übrigens die nördlichste Sondenstation der Welt, sie ist auf Spitzbergen 1100 Kilometer vom Nordpol entfernt und wird von der deutschen Forschungsstation des Alfred-Wegener Instituts betrieben.

### Wetter im Internet

Im Internet wimmelt es nur so von Möglichkeiten, an Wetterinformationen zu kommen. Aus den Angeboten seien hier zwei genannt, die kostenlos eine Menge Informationen



Abb. 60: Eine solche Ozonsonde fliegt bis über 30 Kilometer Höhe und sendet in dieser Zeit Messdaten zur Erde. Platz der Ballon, schwebt die Sonde am Fallschirm herunter

bereithalten: Wetterzentrale.de und Wetteronline.de. Wetteronline hat die Wetterkarten zum Teil leicht verständlich aufbereitet (z. B. Sonnenscheindauer am nächsten Tag), sehr übersichtliche Regenradar-Daten usw. Die Wetterzentrale bietet viele Profikarten und

	0/8	klarer Himmel
	1/8	leicht bewölkt
	2/8	
	3/8	
	4/8	wolkig
	5/8	
	6/8	
	7/8	stark bewölkt
	8/8	bedeckt

Abb. 61: Bedeckungsgrad

gute Links zu anderen Wetterinformationen. Die staatlichen Wetterdienste [dwd.de](http://dwd.de), [meteoschweiz.ch](http://meteoschweiz.ch), [zamg.ac.at](http://zamg.ac.at). bieten seriöse Vorhersagen und aktuelle Daten, aber kaum kostenlose Wetterkarten an.

### Wetterschlüssel für Einsteiger

Damit jeder auf der ganzen Welt die Wetterkarten versteht, wurde der so genannte Wetterschlüssel entwickelt. Er stellt mit einfachen Zeichen und Zahlen das Wetter dar. Jede Station ist dargestellt durch einen Kreis, um den alle Zeichen und Zahlen angeordnet sind. Die Füllung im Kreis gibt an, wie weit der Himmel mit Wolken bedeckt ist (Abb. 52).

Die wichtigsten Wettersymbole, die du dann auch für deine eigenen Beobachtungen verwenden kannst, sind in Abb. 62 dargestellt.

### Eigene regelmäßige Wetterbeobachtung

Was du in diesem Experimentierkasten gelernt hast, kannst du täglich selbst anwenden und aufzeichnen. Du nimmst das Wetter dann viel intensiver wahr und kannst mit dem Wetterbericht zusammen die Veränderungen des Wetters sehr gut mitverfolgen. Als Beispiel findest du in Abb. 64 die Messungen von München aus den

Sonnenschein	
leicht bewölkt	
stark bewölkt	
bedeckt	
Regen	
kräftiger Regenschauer	
Schneefall	
kräftiger Schneeschauer	
Nebel	
Gewitter	
Hagel	
nach einem bestimmten Wetter z.B. nach Regen	
Die Zeichen sind auch kombinierbar, z.B. Schneeregen ☉*, Gewitter mit Hagel ⚡▲ oder starker Regen ☉☉▲	

Abb. 62: Wettersymbole, angelehnt an den internationalen Wetterschlüssel

Tagen vor und nach der Wetterlage, die mit der Wetterkarte im 3. Kapitel beschrieben ist. Ganz hinten im Heft findest du leere Blätter, die als Messprotokoll vorbereitet sind. Kopier ein Blatt oder entwirf eigene Diagramme, dann kannst du das ganze Jahr über deine Beobachtungen eintragen.

Sehr hilfreich ist es, wenn bei euch eine kleine „Hauswetterstation“ mit Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck hängt. Für Temperatur und Feuchtigkeit sollte die Station auf der Nordseite vom Haus hängen, auf jeden Fall jedoch im Freien und nicht direkt von der Sonne beschienen. Hast du keine solche Station in deiner Nähe, so kannst du die Temperatur und Feuchte wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, jeweils messen. Den aktuellen Luftdruck erfährst du in manchen Wetterberichten oder einen Tag später in der Zeitung.

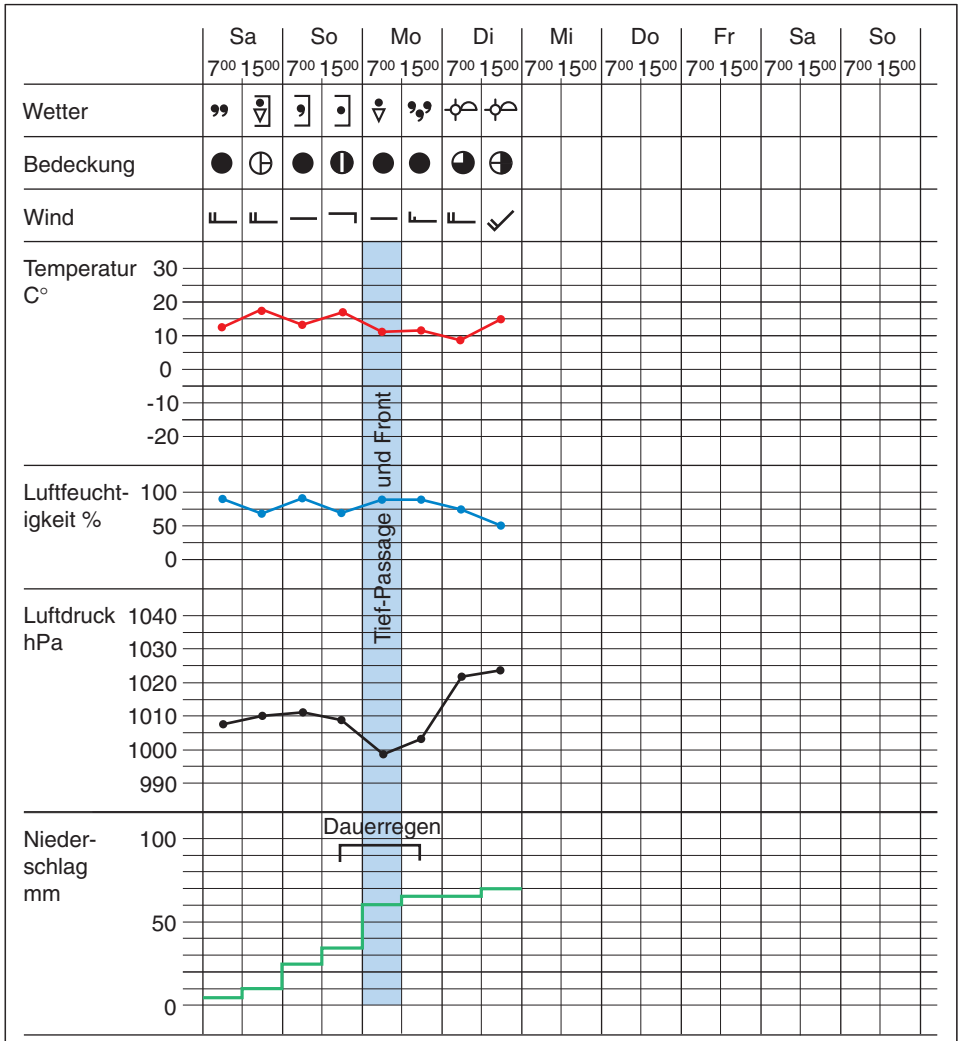


Abb. 63: Wetterbeobachtungsdiagramm: Beispiel München, rund um den 8. Juli (Wetterkarte Abb. 27)

Als erstes trägst du das momentane Wetter ein mit einfachen Symbolen wie Sonne, Wolken, Regen, Schnee usw. In den Kreis malst du ein, wie viel vom Himmel mit Wolken bedeckt ist. Darunter schreibst du die Abkürzung der Wolkenarten, die du erkennen kannst. Den Wind malst du als Fahne ein, die Fahne zeigt dabei in die Richtung, aus der der Wind kommt.

Westwind kommt von links, Ostwind von rechts, Nordwind von oben und Südwind von unten. Die Pfeile daran geben die Windstärke an. Beispiele hast du schon in den Abbildung 63. Darunter trägst du die Temperatur (rot), Luftfeuchte (blau) und Luftdruck (schwarz) in das Diagramm ein.

Die Regen- (dunkelgrün) und Schneemengen (hellgrün) zeichnest du auch in das Diagramm, wobei du die neu gefallene Niederschlagsmenge immer zu der bisherigen Menge dazuzählst.

Am besten misst du die Niederschlagsmenge morgens und abends. Wenn es geschneit hat, solltest du den Schnee in der Regendose schmelzen und so die Wassermenge bestimmen. Auf diese Weise trägst du die Niederschlagsmenge im Millimeter ein sowie die Gesamtschneehöhe und die Neuschneehöhe in Zentimetern unten in die Tabelle ein.

Bei Besonderheiten schreibst du die Uhrzeit von Regenanfang und –ende oder Gewitter, von Frontdurchgang oder Windspitzen eintragen. Du kannst auch notieren, wenn der Wind am Boden anders weht als die Wolken. Gab es Morgen- oder Abendrot?

### **Blütenbeginn und Zugvögel, die älteste Art der Klimabeobachtung**

Das Interesse, Wetter und Klima zu verstehen und daraus Vorhersagen für die Bauern erstellen zu können, ist schon seit Jahrtausenden groß. So führten die Chinesen bereits vor 2000 Jahren regelmäßige Beobachtungen der Kirsch- und Pflaumenblüte ein, um daraus auf kommende Regenperioden schließen zu können. In Japan wird seit über 1300 Jahren genau Buch geführt, wann die Kirschblüte einsetzt, wie lange sie dauert, wie lange der Bai'u-Regen, der Pflaumenregen andauert oder bestimmte Seen vereist sind.

In Europa gibt es solche Chroniken erst seit etwa 250 Jahren, aber sie sind so aufschlussreich, dass man eine besondere Art der Klimabeobachtung daraus machte: die Phänologie. In Deutschland gibt es etwa 1600 Beobachter, die übers Jahr genau Wachstum, Blüte, Reifen der Früchte, Laubfall und vieles mehr von über

40 verschiedenen Pflanzen notieren. Ebenso gibt es interessante Beobachtungsreihen, wann und wo welche Zugvögel eingetroffen sind.

Du kannst das auch für deine Umgebung anfangen, es gehört aber große Übung im Beobachten dazu! Vielleicht hast du Lieblingsbäume oder –blumen, an denen du täglich vorbeikommst. Notiere in einem Kalender zum Beispiel, wann die Blätter austreiben, die Blüte beginnt, Ernte oder Laubfall ist. Oder welche Zugvögel bei euch eintreffen (Stare und Störche im März, Schwalben und Kuckuck Ende April, usw.) oder wieder abfliegen.

In Japan ist es bis heute ein großes Ereignis, das in der Zeitung erwähnt wird, wenn die Kirschbäume voll erblüht sind. Dann strömen die Menschen in die Parks zum „Hanami“, zum Blütenschauen.

### **Intensivere Beobachtungen**

An einem Wochenende oder in den Ferien ist Zeit für intensivere Beobachtungen. Dann kannst du Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Wolken stündlich notieren oder sogar viertelstündlich. Besonders interessant ist so eine Intensivmessphase, wenn ein Wetterwechsel oder ein Gewitter kurz bevorsteht. Zeichne dir für diese Messungen selber ein Diagramm, wie du es bei den regelmäßigen Wetterbeobachtungen kennen gelernt hast. Du kannst die Einteilung, die vorher für eine ganze Woche Platz hatte, zum Beispiel nur für einen Tag zeichnen oder dir auch andere Diagramme einfallen lassen. Es ist sicherlich hilfreich, wenn du die Farben für die verschiedenen Messungen genauso verwendest wie du es schon gewohnt bist. Ein Wolkenatlas hilft dir, die einzelnen Wolkenarten besser zu unterscheiden.

Stelle an einem Regentag rund um einen größeren Hügel in der Umgebung 10 bis 20 leere (gleichgroße) Konservendosen als Regentmesser auf. Fällt auf der Windseite des Hügels mehr Regen und im Windschatten weniger?

Bestücke ein überschaubares Gebiet mit Windfahnen, zum Beispiel mit einfachen bunten Bändern, die du an Hausecken, Büschen, Bäumen oder ähnlichem aufhängst. Sie zeigen dir die Wirbel und Richtungsänderungen vom Wind in der Nähe von Hindernissen.

Auch Temperatur-Messreihen entlang einer Passstraße, einer Seilbahnstrecke oder bei einer Bergwanderung sind interessant. Solche Temperaturprofile können nach Wetterlage und Tageszeit sehr unterschiedlich aussehen – kannst du sie schon erklären?

Es bleiben dir noch viele Möglichkeiten, durch Wetterbeobachtungen und Messungen die Atmosphäre um dich herum besser zu erleben und zu verstehen. Manche Bücher helfen dir sicher auch weiter.

### **Wetterregeln und Wettervorhersage**

Wer nur einen kurzen Blick auf den Himmel wirft und gleich sagt, wie das Wetter wird, irrt sich meistens. Willst du es besser machen, musst du die Veränderungen von Wind und Wolken beobachten und mit eigenen Erfahrungen vergleichen. Wenn du Tageszeit, Jahreszeit und Wetterlage berücksichtigst, deutest du oft das gleiche Wolkenbild sehr unterschiedlich. In anderen Gegenden wunderst du dich vielleicht auch, dass die weitere Entwicklung ganz anders ist, als du es zuhause erwartet hättest. So ist das auch mit Wetterregeln, die oft in einer speziellen Landschaft sehr gut stimmen, jedoch woanders keine Gültigkeit haben. Leider enthalten Wetterregeln nicht den Ort, an dem sie entstanden sind. Für dich kannst du jede Regel überprüfen: Du schreibst auf, welche Wittersituation du erlebt hast und auch ob das eingetreten ist, was gemäß der Regel passieren sollte. Du findest so sehr schnell heraus, welche Regeln bei dir zuhause nützlich sind. Vielleicht findest du auch Regeln, die nur bei bestimmten Wetterlagen zutreffen oder nur in einzelnen Jahreszeiten gelten.

Hier findest du ein paar Regeln, die sehr allgemein gelten:

Kommen hohe Wolken auf, die sich innerhalb ein paar Stunden immer mehr verdichten und sogar die Sonne schließlich ganz verdecken, wird es in den nächsten zwei bis fünf Stunden anfangen zu regnen.

Türmen sich nach ein paar schönen Sommertagen morgens schon kräftige Quellwolken hoch auf, so ist das Ende der Schönwetterperiode ganz nahe. Sollte die Sonne mittags noch scheinen, so musst du nachmittags mit kräftigen Gewittern rechnen, die eventuell sogar von Sturmböen oder Hagel begleitet werden.

Ähnliches ist zu erwarten, wenn du mittelhohe oder hohe Wolken siehst, die deutlich nach oben quellen. Die Größe der Wolken und die Dauer der Beobachtung spielen dabei kaum eine Rolle.

In Gegenden, in denen sich bei schönem Wetter im Tagesverlauf bestimmte Windsysteme immer wieder ausbilden, ist das Ausbleiben dieser Winde ein sicheres Zeichen für eine Wetterverschlechterung.

### **Abendrot – Schönwetterbot!**

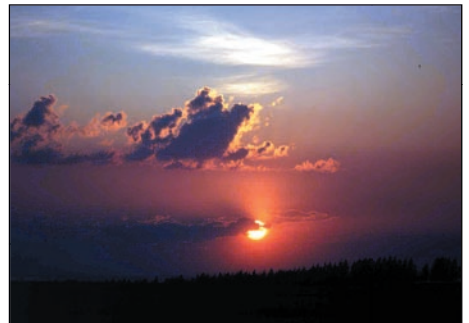


Abb. 64: Abendrot

### **Morgenrot – Schlechtwetter droht!**

Siebenschläferregel: So wie sich das Wetter an Siebenschläfer zeigt (27. Juni), es sieben Wochen bleibt.

## **Bücher zum Thema „Wetter“:**

„Wetterkunde für alle“ von Günter D. Roth, BLV Verlag München, ISBN: 3-405-15460-X, 12,95 €

*Ausführliche Erklärungen mit gutem Einblick in die professionelle Wettervorhersage.*

„Schülerduden Wetter und Klima“ von K.H. Ahlheim, Bibliogr. Institut und Brockhaus, ISBN 3-411-02224-8

„Wie funktioniert das? Wetter und Klima“ von K.H. Ahlheim, Bibliogr. Institut und Brockhaus, ISBN 3-411-02383-1

„Wolkenatlas“ von Gerrit de Bont, Ulmer Verlag, ISBN 3-800-14062-4

*137 Wolken-Farbbilder mit ausführlichen Beschreibungen und Erklärungen, sehr empfehlenswert.*

„Wetterbeobachtung durch das Jahr“ von Reinhardt Hess, Orbis-Verlag, ISBN 3-572-00789-5

*Ausführliche Erklärungen vieler Phänomene rund ums Wetter mit schönen Anregungen zur eigenen Wetter- und Naturbeobachtung.*

„Wetter, Outdoor-Handbuch“ von M. Hodgson, Verlag C. Stein, ISBN 3-89392-113-3, 6,90 Euro

„Kleine Wetterkunde für Bergsteiger“ von Peter Albisser, Bergverlag Rother, ISBN 3-859-02201-6, 26 Euro

*Gute Einführung mit wichtigen Besonderheiten für Bergsteiger*

„Wolkenbilder, Wettervorhersage“ von Walter Sönning, Klaus G. Keidel, BLV-Naturführer, ISBN 3-405-13814-0, 4,95 Euro.

*Leicht verständlich, enthält deshalb einige sehr starke Vereinfachungen*

## **Für sehr intensives Interesse:**

„Allgemeine Meteorologie“ von Gösta H. Liljequist und K. Cehak, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, ISBN: 3-528-23555-1, 99,95 Euro

*Meteorologie für Fortgeschrittene mit physikalischen Erklärungen und vielen guten Zeichnungen. Ein Fachbuch für Profi-Einsteiger und Studenten.*

„Einführung in die Angewandte Meteorologie“ von Günther Flemming, ISBN 3-055-00715-8  
*Meteorologie und Physik der Atmosphäre für Fortgeschrittene und Studenten.*

„Wolken, Wind und Wetter“ von William J. Burrouhgs, Bassermann Verlag, ISBN 3-809-41228-7

*Stand der Preisangaben: Herbst 2006*







In dieser Reihe für 10- bis 12-Jährige sind bisher erschienen:

### **Der kleine Magnetkasten**

Eisenspäne, Nagelkette, Kompass, Elektromagnet

### **Magnetische Kräfte**

Vom Kompass zum Elektromotor

### **Gläserne Kugel**

Linsen aus Luft und Wasser

### **Spiegelkabinett**

Spiegelbilder, verzerrt gespiegelte Spiegelbilder, ...

### **Spiegelräume**

Ebene und räumliche Vielfachspiegelungen

### **Licht und Finsternis**

Licht und Schatten, Linsen- und Spiegelbilder

### **Licht und Farben**

Farbwahrnehmung, -Entstehung, -Mischung

### **Farbenzauber**

Farbspielereien mit Rotkohl, Hibiskus, Säure und Lauge

### **Wirbel in Wasser und Luft**

Wirbelversuche und -Beobachtungen

### **Wind und Wetter**

Beobachtungen und Versuche mit Luft und Wetter

### **Flaschenzüge**

Umlenkung, lose Rolle und verschiedene Flaschenzüge

### **Zahnräder**

Übersetzungen, Uhrwerk und Gangschaltungen

### **Die Platonischen Körper**

Geometrie im Raum

### **Taschenplanetarium**

Planeten und Sterne beobachten

Für Kinder ab 4 Jahre sind bisher erschienen:

### **Magnetspiele**

Spiele und Experimente mit den Magnetkräften

### **Leicht und Schwer**

Spiele und Experimente mit der Schwerkraft

### **Der kleine Farbenspaß**

Spielerische Experimente mit 7 Farbfolien