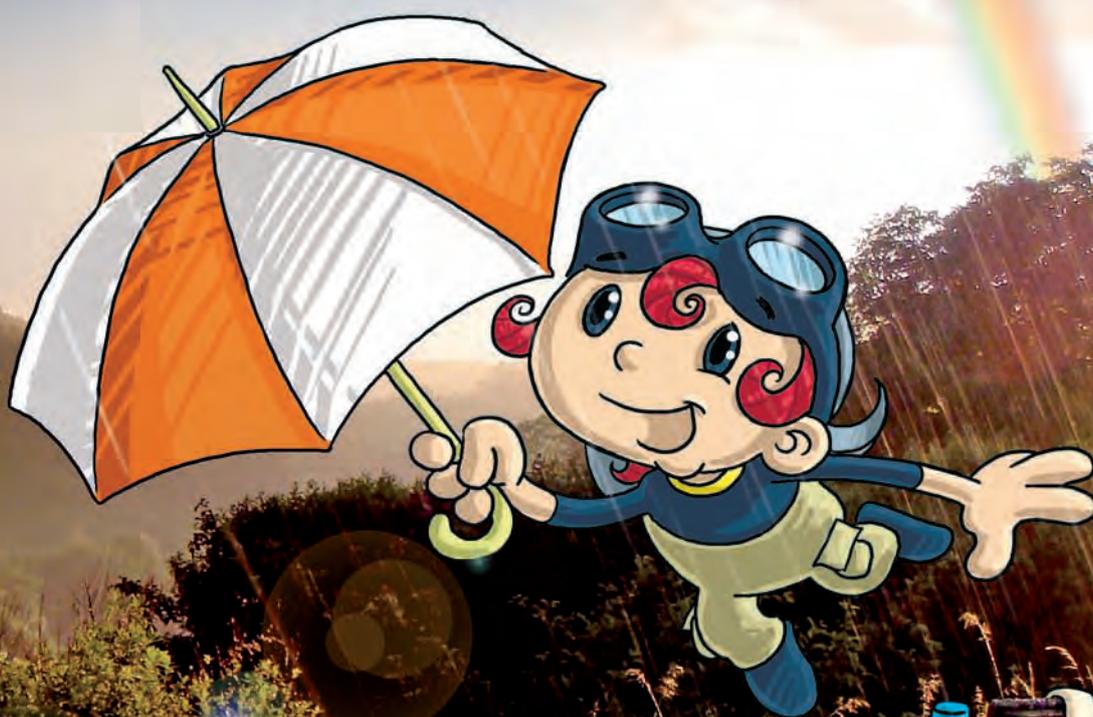


KONTEXTIS



Axel Werner

Regen, Wind und Sonnenschein CURI ALS KLIMAFORSCHERIN



Wissenschaftsjahr 2009

Forschungs-
expedition
Deutschland

Ein existentielles Thema

Autor Wer kennt sie nicht die morgendliche Frage, wenn ein Familienmitglied vor dem Kleiderschrank stehend ruft: „Hat jemand mitbekommen, wie das Wetter heute wird?“ – Wir wollen uns den jeweiligen Wetterbedingungen gut anpassen, getreu der Devise, dass es kein „schlechtes Wetter“, sondern höchstens nicht zweckgerechte Kleidung gibt. Mit einem gewissen Unbehagen nehmen wir jedoch die weltweit zunehmenden Wetterkapriolen wahr. Wir sehen die Bilder von Hurrikans, Tornados und Überschwemmungen. Fassungs- aber nicht gänzlich hilflos betrachten wir die Schäden, die durch diese extremen Naturereignisse hervorgerufen werden. Was ist nur mit dem Wetter los? Oder ist es das Klima? Und – können wir Wetter oder Klima wirklich beeinflussen?



Dr. Axel Werner

studierte Physik und unterrichtete einige Jahre Mathe, Physik und Chemie, promovierte in der Solarzellenforschung und ist Mitbegründer und Kurator der wissenschaftlichen Mitmachwelt Exploratorium Potsdam

www.exploratorium-potsdam.de

Immer wenn wir im Exploratorium Potsdam, der wissenschaftlichen Mitmachwelt vor den Toren Berlins, mit Kindern zum Thema „Wetter und Klima“ ins Gespräch kommen, macht es sich erforderlich, zunächst einmal herauszuarbeiten, welche Parameter das Wetter denn eigentlich beeinflussen. Erst danach stellt sich die Frage, wie man diese Einflussgrößen messen kann. Eine solche methodische Vorgehensweise hat sich vielfach bewährt.

In den folgenden Experimenten zum Thema **Wetter** geht es weniger um das Aufzeichnen exakter Werte, sondern um die Erklärung der Funktionsweise einzelner Messgeräte. Will man z. B. wissen, wie ein Barometer funktioniert, muss man zunächst klären, was Luftdruck eigentlich ist und wie er sich auswirkt. Daran anschließend wird der konkrete Versuchsaufbau behandelt, mit dem wir die Wirkungen des Luftdrucks sichtbar machen können. Alle unsere Messgeräte zusammen genommen bilden eine Wetterstation und die Kinder erfahren, wie deren Komponenten funktionieren. Um die Nachhaltigkeit der gewonnenen Erkenntnisse zu gewährleisten, bietet es sich an, Langzeitbeobachtungen durchzuführen und zu dokumentieren. Dafür sollten Sie allerdings handelsübliche Geräte verwenden, welche quantitative Messungen erlauben. Unser Fokus liegt zunächst auf dem **Erkennen des Funktionsprinzips**.

In Einzelfällen wird über **Querbezüge** aufgezeigt, dass die Erkenntnis eines hinter dem Phänomen stehenden Prinzips es zulässt, experimentell gleich noch Weiteres und Anderes zu entdecken. Da für Wetterereignisse der Luftdruck eine nahezu alles entscheidende Rolle spielt, demonstrieren zusätzliche Experimentierideen, wie Sie mit den Kindern dieses Phänomen umfassend erforschen können. Es sei auch deshalb empfohlen, ein wenig länger beim Luftdruck zu verweilen, da er zu den elementaren Dingen gehört, die man durchschaut haben sollte – nicht nur in Bezug auf dessen Auswirkungen auf das Wetter. So erschließt sich einem auch, warum Bergsteiger auf Achttausendern ein Atemgerät benötigen, wieso man mit einem zu langen Schnorchel nicht tauchen darf, weshalb ein Flugzeug fliegt, ein Wal abtauchen kann und noch vieles mehr aus der Welt, die uns umgibt.

Was hat das Wetter nun mit dem **Klima** zu tun? Welches Phänomen ist ursächlich? Das allgemeine Klima bestimmt mit darüber, wie das Wetter wird. Kinder erfahren oft indirekt durch Radio-

Nachrichten oder Diskussionsrunden im Fernsehen, dass derzeit offensichtlich irgendetwas mit dem Klima nicht mehr zu stimmen scheint und es einen Streit darüber gibt, inwieweit wir Menschen eine Schuld daran tragen – Stichwort: anthropogener Beitrag zum Klimawandel – und was wir hier leisten können – und müssen, um Abhilfe zu schaffen. Beim Klima handelt es sich um ein komplexes, multikausales, mutmaßlich in vielen Bereichen rückgekoppeltes, chaotisches System, dessen Entwicklung bis heute nicht verlässlich vorhergesagt werden kann. Es wird von vielen Komponenten beeinflusst. Aus dem Spektrum der Einflussgrößen haben wir das **Kohlenstoffdioxid** ausgewählt, dessen Ursächlichkeit für den weltweiten Klimawandel Gegenstand permanenter Diskussionen ist. Wobei entsteht Kohlenstoffdioxid? Wie kann man es nachweisen? Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem durch das Kohlenstoffdioxid hervorgerufenen Temperaturanstieg und der Anomalie des Wassers?

In den Experimenten mit Blick auf unsere **Umwelt** gehen wir auf einige interessante Eigenschaften des Wassers ein, das als elementare Voraussetzung für die Entstehung und den Erhalt von Leben von hoher ökologischer Relevanz ist. Wir untersuchen, wie ein Mini-Klärwerk funktioniert, in dem unterschiedlich stark verschmutztes Wasser gereinigt wird. Auch in diesem Themenkomplex verweisen wir auf unsere Querbezüge, welche die zuvor erkannten Zusammenhänge und Hintergründe, Prinzipien und Gesetze noch einmal in einen anderen als den Umweltfokus stellen, um deren Allgemeingültigkeit anzudeuten.

Die folgenden Experimente sind alle bereits mit Grundschulkindern erfolgreich und mit viel Spaß durchgeführt worden. Entdecken Sie mit Ihren Schülerinnen und Schülern die Physik in unserer Umwelt und nehmen Sie sie mit auf den Weg, unseren „blauen Planeten“ zu verstehen. Hierzu viel Erfolg und schöne Erkenntnisse!

Dr. Axel Werner

Potsdam, im Sommer 2009

Hallo Kinder,

habt ihr schon einmal eine kleine **Wolke** in einer Wasserflasche erzeugt? Lässt sich die **Kraft des Windes** messen? Wisst ihr, wie man mit **Rotkohlsaft** nachweisen kann, dass ihr Kohlenstoffdioxid ausatmet? Spannende Experimente rund um **Wetter, Klima und Umwelt** zeigen euch interessante **Naturphänomene**. Habt ihr die erst einmal erkannt, wisst ihr, warum **Eiswürfel** niemals untergehen, wo der Sauerstoff zum Atmen herkommt, wie viel **Salz** in Wasser aufgelöst werden kann und wie man es dort wieder herausbekommt und Weiteres mehr. Neugierig geworden? Na, dann kann's ja losgehen. Ich wünsche euch viel Freude beim Experimentieren und jede Menge Spaß beim Schlawerwerden!



Wolken selbst gemacht

Was hat der Luftdruck mit der Wolkenbildung zu tun? Und was ist hierzu noch notwendig?

Experiment 1

So wird's gemacht.

Fülle deine Plastikflasche mit etwa 1,2 Liter kaltem Wasser. Wirf ein oder zwei brennende Streichhölzer in die Flasche, so dass sie ins Wasser fallen und dabei erlöschen. Verschließe die Flasche schnell und fest! Drücke nun die Flasche mit beiden Händen so kräftig zusammen,

Was beobachtest du?

In der Luftblase deiner Flasche herrscht zunächst klare Sicht. Nachdem du kräftig gedrückt und dann rasch wieder losgelassen hast, kannst du beobachten, dass sich eine Art Nebel in der Luftblase bildet. Jedes Mal, wenn du drückst, verschwindet der Nebel; lässt du los, erscheint der Nebel wieder. Lässt der Effekt nach, wirf einfach noch mal ein brennendes Streichholz in die Flasche. Drückst du bei geöffneter Flasche, entweicht der Nebel und du siehst mehrere kleine Wolken aufsteigen.

Warum ist das so?

In der Luftblase deiner Flasche herrscht zunächst der gleiche **Luftdruck** wie außerhalb der Flasche. Drückst du die verschlossene Flasche zusammen, schiebst du die **Luftteilchen** enger zusammen: Die Luftblase wird erkennbar kleiner. Nun hast du ein **Hochdruckgebiet** erzeugt. Luft kann bei höherem Luftdruck **mehr Wasser** in sich aufnehmen und halten. Aus der **Wasser-oberfläche** lösen sich deshalb etliche winzige Wasserteilchen und gehen in die Luft über. Lässt du los, stellt sich der alte niedrigere Luftdruck wieder ein. In diesem **Tiefdruckgebiet** sind nun aber plötzlich viel zu viele Wasserteilchen in der Luft, die dort nur bleiben können, wenn sie etwas zum Festhalten finden. Das abgebrannte Streichholz hat etliche kleine **Rußpartikel** in der Flaschen-Luft hinterlassen. Daran docken die Wasserteilchen an, immer gleich mehrere, so dass sie plötzlich sichtbar werden: Ein **Nebel** aus

dass das Wasser nach oben steigt und dabei die Luft zusammendrückt. Lass nun ganz schnell die Flasche wieder los und wiederhole das Ganze ein paar Mal. Öffne anschließend die Flasche und drücke sie dann noch einmal, aber vorsichtig zusammen.



Materialien



1,5-Liter-Plastikflasche mit gut verschließbarem Deckel



1,2 Liter Wasser



Streichhölzer



aus der Tageszeitung eine

Wetterkarte mit eingezeichneten Hoch- und Tiefdruckgebieten

feinen Tröpfchen entsteht. Erneutes Drücken erzeugt wieder ein Hochdruckgebiet. Die Wasserteilchen lassen sich von den Rußpartikeln ab und verteilen sich wieder frei in der Luft. Bei wiederholten Versuchen fallen jedes Mal einige Rußteilchen ins Wasser, weshalb der Effekt irgendwann nicht mehr gut sichtbar ist. Im Prinzip bilden sich unsere **Wolken** am Himmel genauso: Wenn bei einem bestimmten Luftdruck **zuviel Luftfeuchtigkeit** vorhanden ist, dann halten sich die Wasserteilchen an allem fest, was sie finden können: Staub, Dreck, Asche – und eben Ruß, der bei jeder Verbrennung entsteht (Auto- und Flugzeugabgase, Schornsteine, Lagerfeuer). Deshalb entspricht ein Hochdruck beim Wetter einem klaren, blauen Himmel, während sich bei Tiefdruck meist Wolken bilden, die es dann irgendwann regnen lassen.





Streichhölzer



Kerze



Metalllöffel

Wäsche-
klammer
aus Holz

Kerzenruß wird sichtbar

Experiment 2



Den Ruß einer Kerze kannst du leicht sichtbar machen. Zünde eine Kerze an. Führe einen Metalllöffel, den du an einer Holzwäscheclammer befestigt hast, direkt an die Spitze der Flamme. Die Holzwäscheclammer schützt deine Finger vor der Wärme des heiß werdenden Löffels. Nach einiger Zeit bildet sich an der Unterseite deines Löffels eine schwarze Rußschicht. Dieser Ruß wird sichtbar, weil er sich an dem Löffel niedergeschlagen hat. Ohne Löffel hätte er sich so fein in der Luft verteilt, dass du ihn mit bloßem Auge nicht hättest erkennen können. Da in deiner Flasche kein Löffel drin war, hast du die Rußpartikel vom Streichholz auch nicht sehen können. Die Wassertröpfchen haben sie aber trotzdem gefunden.



Wetter -
was ist das
eigentlich?

Das Wetter



Das Wetter begleitet uns jeden Tag. Morgens schauen wir aus dem Fenster oder achten im Radio auf den **Wetterbericht**, um zu erfahren, ob die **Sonne** scheint oder ob es **Regen** gibt, welche **Temperaturen** zu erwarten sind, ob der Wind kräftig bläst oder ob es nur für eine leichte Brise reicht. Durch die Wahl der richtigen **Kleidung** sind wir für nahezu jedes Wetter gewappnet. Bei unpassender Kleidung merken wir hingegen sehr schnell und deutlich, wie stark unser Wohlbefinden vom Wetter beeinflusst wird.

Das Wetter wird durch die Sonne bestimmt. Sie bringt den großen **Wasserkreislauf** in Gang, indem ihre Wärme dafür sorgt, dass das **Wasser an der Oberfläche der Weltmeere verdunstet**. Riesig große Wassermengen werden dadurch in die Luft gehoben und verteilen sich dort. Je nach Luftdruck und Temperatur kann die Luft mehr oder weniger Wasser aufnehmen. Gelangt zuviel Wasser in die Luft, bilden sich **Wolken**, die sich mit dem Wind bewegen. Spätestens wenn die wasserschweren Wolken an hohe Berge stoßen, **regnet es aus ihnen**. Das Regenwasser versickert im Boden und tritt an

anderer Stelle wieder zu Tage. Kleine Rinnsale und Quellen bilden Zuflüsse zu Bächen, Strömen und Seen. Schließlich landet das meiste Wasser wieder in den Weltmeeren und der ganze Prozess beginnt von vorn. Ein einzelner Wassertropfen braucht für eine solch weite Reise ungefähr tausend Jahre! Die Sonne erwärmt auch die **Luft**. Da dies nicht allerorten gleichzeitig und in gleicher Stärke passiert, gibt es stets **wärmere und kühlere Luftmassen**. Treffen sie aufeinander, kommt es zu größeren **Luftbewegungen**. Da kühlere Luft etwas schwerer als wärmere ist, steigt die warme Luft nach oben und sinkt die kühle Luft nach unten. Einen solchen Prozess, der so zum Beispiel auch mit kaltem und warmem Wasser passieren kann, nennt man **Konvektion**.

Warum ist **kalte Luft schwerer**? Luft besteht wie alle Materialien aus winzig kleinen Bestandteilen. Die Luftteilchen - im Wesentlichen sind das Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle - bewegen sich ständig. Ist diese Bewegung relativ stark, so reiben sich diese Teilchen aneinander, wodurch Wärme entsteht. Durch die heftigen Bewegungen stoßen sich die Luftteilchen voneinander ab und erhöhen so den Abstand zwischen sich.

Eine bestimmte Anzahl von Luftteilchen braucht dann einen größeren Raum (nennt man auch Volumen), um sich darin aufzuhalten. Bewegen sich die Luftteilchen nicht so heftig, dann sind sowohl die Reibung untereinander als auch der durch gegenseitige Abstoßung hervorgerufene Abstand geringer: Die Temperatur ist niedriger und in das gleiche Volumen passen mehr Luftteilchen hinein. Damit wird das Volumen etwas schwerer, denn jedes einzelne Luftteilchen bringt ja seine eigene kleine Masse mit. Und was schwerer ist, sinkt nach unten. Durch dieses Auf und Ab der Luftschichten entsteht der **Wind**. Die Stärke der in die Erdatmosphäre eindringenden Sonnenwärme bestimmt somit das Maß der Feuchtigkeit in der Luft, die Heftigkeit des Windes und die Lufttemperatur. Von ihr hängt es ab, ob wir uns inmitten eines **Tiefdruckgebietes** befinden, ob es also eher neblig, stürmisch, regnerisch, kalt, gewittrig wird oder ob wir ein **Hochdruckgebiet** erleben, es also warm, trocken, sonnig, windstill ist. Um sich ein Gesamtbild vom Wetter machen zu können, werden verschie-

dene **Parameter** – so nennt man Größen, die man messen kann und die sich ständig ändern – erfasst. Die **Wärme, die Windstärke und –richtung, die Niederschlagsmenge, die Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck** gehören dazu. Für all diese Messgrößen gibt es **Messgeräte**, auf denen die exakten Werte abgelesen werden können. Diese Geräte findet man in professionellen **Wetterstationen**. In unserem Heft wird dir gezeigt, wie solche Messgeräte funktionieren und wie du sie dir selber bauen kannst. Diese Messgeräte helfen bei einer verlässlichen Wettervorhersage. Hat man zum Beispiel den Luftdruck mit Hilfe eines Barometers gemessen, kann man eine recht gute Aussage darüber treffen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für Wolkenbildung mit anschließendem Regen sein wird. Wenn man über sehr lange Zeiträume **Wetterdaten** aufnimmt, lässt sich erkennen, ob es zum Beispiel von Jahr zu Jahr oder von Jahrzehnt zu Jahrzehnt immer wärmer wird oder die Anzahl stürmischer Tage zunimmt. Dies gibt dann Hinweise auf **Klimaveränderungen**.

Den Luftdruck aufspüren

Das Barometer – ein Wettermessgerät zum Feststellen von Luftdruckunterschieden

Experiment 3

So wird's gemacht.

Nimm den Luftballon und schneide vom Mundstück ausgehend etwa ein Drittel ab. Ziehe nun den Rest-Luftballon so weit auseinander, dass du ihn straff über die Öffnung des Marmeladenglases spannen kannst. Die Gummihaut des gespannten Luftballons darf keine Beulen aufweisen, sondern soll sehr glatt aufliegen. Lege den Schaschlikspieß so auf die Luftballonhaut, dass sich dessen stumpfes Ende ungefähr in der Mitte der Luftballonhaut befindet und klebe den Spieß dann mit dem Klebeband an der Gummihaut fest.

Jetzt bauen wir Messgeräte für eine Wetterstation.



Dieser bewegliche Spieß ist der Zeiger des Barometers. Stelle dein selbstgebautes Barometer an einen Ort, wo du es über mehrere Tage gut beobachten kannst. Hinter dein Messgerät solltest du eine Pappe stellen, um die tägliche Position der Schaschlikspießspitze markieren zu können.

Was beobachtest du?

Beobachtest du dein Luftdruckmessgerät über mehrere Tage, wirst du bemerken, dass sich der Schaschlikspieß entweder noch oben oder nach unten bewegt hat.

Materialien

-  Marmeladenglas
-  Luftballon
-  Schere
-  Schaschlikspieß
-  Klebeband
-  Pappe/ Karton/ stärkeres Papier
-  Stift



Warum ist das so?

Dein Marmeladenglas ist nicht leer, in ihm befindet sich Luft. Spannst du den Luftballon über das Glas, ist die Luft „gefangen“: Sie kann weder aus dem Glas heraus, noch kann Luft von außen in das Glas hinein. Unser Wetter verändert sich täglich. Der Grund dafür sind Luftdruckunterschiede, hervorgerufen durch verschiedenen hohen Konzentrationen der Luftteilchen. Wenige Luftteilchen in einem abgeschlossenen Raum – z. B. in deinem verschlossenen Marmeladenglas – bedeuten, dass dort ein niedriger Luftdruck vorhanden ist. Herrscht nun außerhalb dieses Glases ein anderer Luftdruck als innerhalb, sind die Luftteilchen bestrebt, ihren damit verbundenen Konzentrationsunterschied auszugleichen. Dein dichter Luftballon verhindert aber diesen Ausgleich. Stattdessen drückt hoher

Luftdruck, also die vielen Luftteilchen außerhalb deines Glases die Luftballonhaut in das Glas hinein. Dein Zeiger, der ja über den Glasrand hinausragt, bewegt sich deshalb nach oben. Du erkennst anhand deiner Markierungen auf dem Blatt, dass der Luftdruck außerhalb des Glases im Vergleich zum Vortag gestiegen ist und kannst dich über Sonnenschein freuen. Ist der Luftdruck außerhalb des Glases jedoch geringer als der Luftdruck im Glas, wölbt sich der gespannte Luftballon nach außen. Die Spitze des Schaschlikspießes bewegt sich nach unten. Wahrscheinlich kommt trübes, regnerisches Wetter. Der Name für das Luftdruckmessgerät leitet sich aus dem Griechischen ab. Báros bedeutet Schwere und métron bedeutet Maß: Ein Barometer misst also die Schwere der Luft, die auf seinen Messfühler drückt.

Luftdruckunterschiede kannst du ganz einfach erzeugen und sichtbar machen



Curis Puste-Experiment

Halte ein Blatt Papier an einer der kurzen Seiten mit Daumen und Zeigefinger beider Hände dicht vor deinen Mund. Das Papier hängt zunächst schlaff nach unten. Puste nun über die Oberseite des Papiers: Es bewegt sich nach oben.

Warum ist das so? Bevor du pustest, herrscht auf der Ober- und Unterseite des Papiers der gleiche Luftdruck. Dieser Luftdruck wird hervorgerufen durch eine sehr große Anzahl winzig kleiner Luftteilchen, die umherfliegen und auch hin und wieder das Papier treffen. Dabei üben sie auf das Papier einen (Luft-)Druck aus. Pustest du über das Papier, so werden viele Luftteilchen daran

gehindert, auf das Papier zu treffen – du pustest sie vorher regelrecht weg. Dadurch ist der Druck der Luftteilchen dort insgesamt niedriger als auf der unteren Seite. Die unverändert hohe Anzahl von der unteren Seite her auf das Papier treffenden Luftteilchen treiben das Papier nach oben.

Materialien

 A4-Blatt

Wie viel Kraft hat der Wind?

Das Anemometer – ein Windkraftmesser – zeigt es

Experiment 4



So wird's gemacht.

Schneide vier bis fünf Schälchen aus der Pralinen-schachteleinlage aus. Befestige diese mit Hilfe des Klebers gut und gleichmäßig verteilt an der Hülse. Klebe den Korken fest auf die Bodenplatte. Stecke den Schaschlikspieß in das Loch im Korke. Oben auf die Spitze des Schaschlikspießes kommt die frei bewegliche Hülse mit den Pralinschälchen.

Was beobachtest du?

Stellst du deinen Windmesser in den Wind oder pustest selbst gegen die Pralinenfächer-Flügel, werden diese sich zusammen mit der Hülse je nach Wind- bzw. Pustestärke schneller oder langsamer bewegen.

Warum ist das so?

Wind entsteht immer dann, wenn unterschiedlich warme Luftschichten aufeinander treffen. Die Drehgeschwindigkeit deines Schalen-Anemometers (anemo heißt auf Griechisch Wind) wird umso größer sein, je heftiger der Wind weht. In professionellen Anemometern wird meist die sogenannte **Beaufort-Skala** zur Angabe von **Windgeschwindig-**

keiten verwendet. Diese zwölfstufige Skala wurde vor über 200 Jahren von Sir Francis Beaufort (1774 – 1857), einem britischen Admiral und Forscher, entwickelt. Er beobachtete das Verhalten der Segel seines Schiffes bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten.

Materialien



Beaufort-Skala

Windstärke 0:

Windstille; spiegelglatte See, an Land keine Luftbewegung; Rauch steigt senkrecht nach oben.



Windstärke 5:

Frische Brise; mäßig bewegte See, an Land bewegen sich größere Zweige und Bäume, der Wind ist deutlich hörbar.



Windstärke 10

Schwerer Sturm; schwere See mit sehr hohen Wellen, an Land werden Bäume entwurzelt und Häuser beschädigt, der Sturm ist „brüllend laut“.

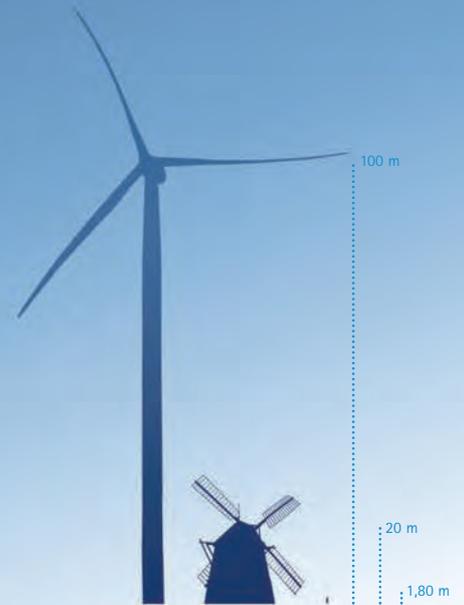


Windstärke 12:

Orkan; außergewöhnlich schwere See, Luft mit Schaum und Gischt gefüllt, an Land entstehen Verwüstungen, normal gebaute Gebäude halten nicht mehr stand, Autos fliegen durch die Luft.

Windenergienutzung – einst und jetzt

Früher gab es überall **Windmühlen**, die die im Wind steckende Energie nutzten. Damit wurde vor allem Korn gemahlen. Im Jahre 1895 drehten sich in Deutschland die Flügel von etwa 19 000 Windmühlen, jetzt sind es nur noch rund 1400. In Holland waren zur selben Zeit über 10 000 Windmühlen im Einsatz, jetzt sind es noch etwa 1000. Heute findet man – meist in Küstennähe, weil es dort so schön windig ist – viele große moderne **Windräder**, regelrechte **Windparks** zur Erzeugung von elektrischer Energie. Die Windkraft zählt zu den **erneuerbaren Energien**, weil sie auf keinen Rohstoff angewiesen ist, der bald nicht mehr vorhanden sein wird. Die **Kraft der Sonne** wird noch einige Milliarden Jahre dafür sorgen, dass auf der Erde Luft-, Wasser- und Landmassen erwärmt werden. So lange wird es unterschiedlich warme Luftschichten geben und Wind entstehen. Gegenwärtig hat der aus Windenergie erzeugte Strom einen **Anteil von 7 Prozent am Gesamtstromverbrauch** in Deutschland.



Luftdruck kann Wasser „gefangen“ halten

Die enorme Kraft des Luftdrucks erfahren

Experiment 5

So wird's gemacht.

Fülle das Glas bis kurz unter den Rand mit Leitungswasser. Lasse am besten etwa 1 bis 2 cm Luft. Verschließe die Öffnung des Glases, indem du das Blatt Papier wie einen Deckel auf den Glasrand legst. Bedecke nun mit deiner Hand das Papier auf dem Glas und drücke es etwas an. Am besten funktioniert dies, wenn du deine Finger spreizt. Drehe danach das Glas vorsichtig, aber nicht zu langsam herum, so dass dessen Öffnung nach unten zeigt. Taste mit deinen Fingern den Rand des Glases ab und versuche festzustellen, ob das Papier überall haftet. Das Papier darf

keine Falten haben, da genau dort Wasser auslaufen kann. Nach dieser Dichteprüfung kannst du deine Hand langsam unter dem Glas wegnehmen. Um eine eventuelle „Überschwemmung“ zu vermeiden, solltest du das über der Wasserschüssel machen.

Materialien

-  Wasserschüssel
-  Trinkglas
-  Blatt Papier (ca. 7 x 7 cm)

Was beobachtest du?

Einige Tropfen Wasser werden in jedem Falle herauskleckern. Danach hält das Papier am Glasrand fest. Schaust du genau hin, wirst du feststellen, dass das Papier nach innen gewölbt ist.

Warum ist das so?

Der **Luftdruck**, so wie du ihn jeden Tag erlebst, hat eine ganz bestimmte **Kraft**. Wodurch kommt diese zustande? Wie du bereits weißt, besteht Luft aus vielen unsichtbar kleinen **Teilchen**, die sich heftig hin und her bewegen. Jedes dieser kleinen Luftteilchen übt einen winzig kleinen Druck auf das Blatt Papier aus, wenn es beim Umherschwirren auf dieses trifft. Viele kleine Drücke ergeben zusammen aber einen großen Druck, und den nennen wir dann „Luftdruck“.

Dieser Druck entspricht einer Masse von einem Kilogramm (etwa ein Tetrapack Milch) auf einer Fläche von einem einzigen Quadratcentimeter (etwa dein Daumennagel). Wenn du nun ein Glasröhrchen hättest, dessen Öffnung gerade so groß wie dein Daumennagel wäre, dann

könnte dieses Glasröhrchen 10 Meter lang sein. Dann würde genau ein Liter Wasser hineinpassen und dieser würde genau ein Kilogramm wiegen: Der normale Luftdruck könnte – mit Hilfe eines Blattes Papier – dieses eine Kilogramm Wasser halten. Da breitere Gläser zwar mehr Wasser aufnehmen können, aber auch eine breitere Öffnung aufweisen, ergeben sich immer wieder die **10 Meter Wassersäule**, die der Luftdruck halten kann. Dein Blatt Papier fällt also erst vom Glasrand ab, wenn dein Glas länger als 10 Meter wäre, da dann das **Gewicht des Wassers** größer wäre als die **Kraft des Luftdrucks**.

Anfangs bemerkst du, dass etwas Wasser aus dem Glas läuft, während du es umdrehst. Damit verschwindet ein bisschen Wasser aus dem Glas, aber die Menge der Luft im Glas bleibt unverändert. Diese Luft hat jetzt etwas mehr Platz. Indem sich die Luft nun auf einen größeren Raum verteilt, verringert sich der Luftdruck im Glas. Im

Endeffekt drückt die Luft von innen wie von außen auf das Wasser, aber die Außenluft weist einen höheren Druck auf und gewinnt. Die nach innen gerichtete **Wölbung des Papiers** beweist, dass da tatsächlich etwas **drückt**.



Luft kann man zusammen drücken. Das weißt du vom Aufpumpen eines Fußballs oder eines Fahrradreifens. Die Luft auf Höhe des Meeresspiegels wird durch die gesamte Luftmasse über ihr zusammengedrückt. Je höher du im Gebirge steigst, umso weniger Luftmasse befindet sich noch über dir. Daher nimmt die Luftdichte



mit zunehmender Höhe ab und auch der Luftdruck wird geringer. Auf Deutschlands höchstem Berg, der Zugspitze (2962 Meter) beträgt der Luftdruck nur noch etwa zwei Drittel, auf dem höchsten Berg der Welt, dem Mount Everest (8848 Meter) sogar nur noch etwa ein Drittel des normalen Luftdrucks. Das ist dann echt „dünne Luft“, die das Atmen erschwert.

Wie viel Wasser befindet sich in der Luft?

Das Hygrometer – ein Luftfeuchtigkeitsmesser – gibt Auskunft

Experiment 6

Materialien

-  Brettchen (Sperrholz), alternativ: Pappe, stärkeres Papier/Karton
-  Bleistift/ Buntstift/ Filzstift
-  Kleber (Heißklebepistole)
-  Klebestreifen
-  Kiefernzapfen (möglichst trocken und groß)



So wird's gemacht.

Variante 1:

Schneide vom Papier/Karton einen Streifen von etwa 30 cm Länge und 2 cm Breite ab. Diesen wickelst du straff um einen Stift. Dadurch entsteht eine Spirale. In die Mitte dieser Spirale klebst du (am besten mit einer Heißklebepistole) das kurze Ende eines Knick-Trinkhalms. Das äußere Ende der Spirale befestigst du mittels Klebestreifen auf dem Brettchen. Knicke deinen Trinkhalm um 90 Grad: Das lange Ende dient nun als Zeiger. Legst du unterhalb der Zeigerspitze ein Lineal, das dir als Skala dient, kannst du deutlich erkennen, wie der Zeiger in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft ausschlägt.

Variante 2:

Fixiere einen möglichst trockenen und großen Kiefernzapfen auf einer festen Unterlage (Holzbrettchen, Pappe, Pralinschachtel). Befestige seitlich, etwa in der Mitte des Zapfens, ein Holzstäbchen oder einen Trinkhalm an einer der Deckschuppen. Das geht am besten mit einer Heißklebepistole. Das freie Ende des Stäbchens oder Trinkhalms dient als Zeiger. Am Ende des Stäbchens ordnest du eine Skala an, die vorher auf ein Stück Pappe gezeichnet wurde. Daran kannst du bei Änderung des Wetters eine Bewegung des Zeigers beobachten.

Was beobachtest du?

Beim Hygrometer der **Variante 1** zieht sich die Papierspirale bei Trockenheit zusammen und öffnet sich bei Feuchtigkeit. Probiere dies aus, indem du deine Spirale mit deinem Atem anhauchst. In deiner Atemluft ist eine Menge Feuchtigkeit enthalten. Der Trinkhalm macht die Bewegungen der Papierspirale mit und dient deswegen als Zeiger: Er weist somit die relative

Feuchtigkeit - ablesbar auf deiner Skala - aus. Ist die Luftfeuchtigkeit hoch, schließt sich der Kiefernzapfen beim Hygrometer der **Variante 2** und das Stäbchen/der Trinkhalm zeigt nach oben. Bei Trockenheit öffnet sich der Zapfen, das Stäbchen/der Trinkhalm zeigt nach unten. Auf deiner Skala sollte also unten „trocken“ und oben „feucht“ stehen.

Warum ist das so?

Die Papierspirale reagiert auf den Wassergehalt in der Luft in der Weise, dass sie sich bei hoher Luftfeuchtigkeit durch Quellen der im Papier enthaltenen Holzfasern ausdehnt und bei Trockenheit wieder zusammenzieht. Der Trinkhalm macht diese Bewegung mit und kann deswegen als Zeiger dienen.

Ist die Luftfeuchtigkeit hoch, ist dies ein Hinweis auf eine höhere Regenwahrscheinlichkeit: Der Kiefernzapfen schließt sich deshalb, um seine

Samen vor der Feuchtigkeit zu schützen. Wenn die Sonne scheint, herrscht Trockenheit. Der Kiefernzapfen öffnet sich. Seine Samen können nun auch vom Wind verteilt werden. Das Öffnen und Schließen erfolgt so ähnlich wie bei der Papierspirale, indem aufquellende Pflanzenfaserstrukturen Feuchtigkeit aufnehmen. Der Name Hygrometer leitet sich vom griechischen *hygrós* ab, was soviel wie nass/feucht heißt.

Jede Pflanzenart hat das Bestreben sich zu vermehren, also **Samen** zu verteilen, damit daraus z. B. Moose, Gräser, Blütenpflanzen, Sträucher und Bäume **keimen und wachsen** können. Du kennst besonders gut die hervorragenden Flugeigenschaften des Löwenzahnsamens, also der Pusteblume.

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte (Evolution) unserer Erde hat jede Pflanzenfamilie eigene Mechanismen ausgebildet, um möglichst sicher viele Samen zum Auskeimen zu bringen. So ein wachsender Keimling braucht Wasser, Nährstoffe und viel Licht. In einem Wald mit vielen hohen Bäumen ist es für die kleinen Pflanzen schwer,

viel **Sonnenlicht** zu bekommen. Wachsen sie nah an ihrer Mutterpflanze, werden sie stets in deren **Schatten** stehen. Die vielen Samen, die sich z. B. in einem **Kiefernzapfen** befinden, sehen aus wie kleine **Drehflieger**. Bei trockenem Wetter öffnet sich der Kiefernzapfen. Die Samen können leicht vom Wind herausgelöst und davongetragen werden - an einen Ort, wo sie möglichst gute Bedingungen haben um schnell und sicher groß zu werden. Solche an die **Windausbreitung** angepassten Samen können mehrere Kilometer weit fliegen und somit als **Pionierpflanzen** zuvor unbewachsene Flächen besiedeln.



Wie viel Regen ist gefallen?

Das Pluviometer – ein Messgerät zur Erfassung von Niederschlagsmengen

Experiment 7

So wird's gemacht.

Schneide die Plastikflasche unterhalb des Flaschenhalses in zwei Teile. Umklebe beide Schnittkanten mit Gewebeband. Fülle eine ausreichende Menge an kleinen Kieselsteinen in die leere Plastikflasche, um sie standfest zu machen. Stecke den abgeschnittenen Flaschenhals umgekehrt in den unteren Teil der Flasche. Es sollte soviel Gewebeband um die Schnittkante des

Flaschenhalses gewickelt werden, dass der Flaschenhalsteil fest auf dem unteren Teil der Flasche sitzt. Bringe nun mit Lineal und Permanentmarker eine Millimeterskala auf deiner Flasche an. Dazu brauchst du nicht jeden Millimeter zu beschriften. Schau zum Beispiel auf dein Lineal, wie es dort gemacht wurde: Nur jeder fünfte oder zehnte Millimeter ist als Zahlenwert vorhanden.



Materialien



1,5-Liter-Plastikflasche



Schere



Gewebeband
oder Isolierband



kleine
Kieselsteine



Lineal



Permanent-
marker

Was beobachtest du?

Wenn du dein Pluviometer (auf Lateinisch bedeutet pluvius = regenspendend) bei Regen nach draußen stellst, dann wird es auch in dessen Öffnung hineinregnen. Anhand der Millimeterskala kannst du nach dem Regen ablesen, wie viele Millimeter Niederschlag gefallen sind. Eine **Angabe in Litern** ist erst dann sinnvoll, wenn du die **Niederschlagsmenge pro Quadratmeter** angeben kannst. Dazu musst du mit deinem Lineal den **Durchmesser** deiner Flasche abmessen, also feststellen, wie breit der Boden der Flasche ist. Je nach verwendeter Flasche werden dies etwa 10 Zentimeter sein. Die Grundfläche deiner Flasche kannst du nun errechnen, indem du diesen Wert halbiert, dann hast du den **Radius** der Flasche. Diese Zahl – in unserem Beispiel wären das 5 Zentimeter – multiplizierst du mit sich selbst: 5 Zentimeter x 5 Zentimeter

= 25 Quadratcentimeter. Diesen Wert musst du nun noch mit der Zahl $\pi = 3,14$ (π ist ein griechischer Buchstabe und heißt Pi) multiplizieren: 25 Quadratcentimeter mal 3,14 ergibt etwa 80 Quadratcentimeter. (Für Schlauberger: Die Formel zur Berechnung der Fläche eines Kreises lautet: $A = \pi r^2$.) Genauer brauchst du es nicht anzugeben, da sich der Flaschenboden wahrscheinlich ohnehin nicht so exakt vermessen lässt. Das in deinem Pluviometer aufgefangene Wasser kannst du nun abmessen, zum Beispiel indem du es in einen **Messbecher** aus der Küche umfüllst, der dir genau anzeigen kann, wie viele Milliliter Wasser es sind. Danach weißt du, wie viele Milliliter Regen auf eine Fläche von 80 Quadratcentimetern gefallen sind. Ein **Quadratmeter** besteht aus 100 mal 100 Zentimetern, also 10 000 Quadratcentimetern. Eine Fläche von 80 Quadratcentimetern passt somit genau 125 Mal in den

Quadratmeter hinein. Also musst du deine aufgefangene Niederschlagsmenge mal 125 nehmen und weißt dann, wie viel Regen auf einen einzelnen Quadratmeter gefallen ist. Waren beispielsweise 20 Milliliter Regenwasser in deiner Pluviometerflasche, so sind 2,5 Liter Regen pro

Quadratmeter gefallen. Oft wird dies so angegeben, um aufzuzeigen, wie stark der Regen gewesen ist. Dazu muss man natürlich auch noch angeben, in welcher **Zeit** dies passierte, z. B. „2,5 Liter Regen pro Quadratmeter innerhalb einer Stunde“.

Warum ist das so?

Du kannst die Niederschlagsmenge nur exakt ermitteln, wenn du das Regenwasser auffängst und gleichzeitig verhinderst, dass es wieder verdunstet, nachdem der Regen aufgehört hat. Würdest du nur eine offene Schüssel in den Regen stellen, dann könnte bereits während des Regens Wasser herausspritzen, insbesondere wenn es ziemlich heftig regnet. Nachdem es aufgehört hat zu regnen, beginnt das Wasser sofort zu verdunsten, dies umso schneller, je wärmer die Sonne scheint. Das kannst du gut

an Pfützen auf asphaltierten Straßen beobachten. Das Wasser kann dort nicht versickern und ist dennoch irgendwann wieder weg: Es ist verdunstet. Wenn du also nicht sofort, nachdem es aufgehört hat zu regnen, die aufgefangene Niederschlagsmenge messen kannst, musst du verhindern, dass das im Messbehälter befindliche Wasser verdunstet. Dazu dient der umgekehrt aufgesetzte Flaschenhals, der diesen Verlust klein hält, denn das Wasser kann nur durch die kleine Flaschenhalsöffnung verdunsten.

Hier mal einige **Rekorde**.

Auf dem Mount Waialeale auf **Hawaii** fallen pro Jahr durchschnittlich knapp 12 000 Liter Regen pro Quadratmeter. In **Arica** (das liegt in der chilenischen Atacama-Wüste) fällt im gleichen Zeitraum dagegen nicht mal 1 Liter Regen pro Quadratmeter! In **Indien** gibt es einen Ort mit Namen Cherrapunji. Dort hat es innerhalb eines Jahres mal über 26 000 Liter pro Quadratmeter geregnet. Wenn diese Regenmengen nicht abgeflossen wären, dann hätte das Wasser 26 Meter hoch gestanden! Und wenn du manchmal denkst, bei uns regnet es viel: In Bahia Felix (**Chile**) regnet es im Durchschnitt an 325 Tagen im Jahr.

Du hast jetzt verschiedene Messgeräte einer Wetterstation kennengelernt. Wenn du Lust bekommen hast, über einen längeren Zeitraum das Wetter aufzuzeichnen, dann solltest du dir einige dieser Messgeräte kaufen oder zum Geburtstag schenken lassen. Empfehlenswert sind ein Thermometer, ein Barometer und ein Hygrometer. Meist gibt es diese als Kombination, zum Beispiel im Baumarkt zu einem Preis ab 10 €.





Was ist eigentlich mit unserem Klima los?

Können wir Menschen etwas am Klima verändern, oder haben wir daran gar schon etwas verändert? **Und was unterscheidet das Klima vom Wetter?**

Zunächst einmal betrachten wir hier zwei sehr unterschiedliche Zeiträume. Wenn du dir den **Wetterbericht** anhörst, dann geht es um Regen, Wind, Temperaturen und Sonnenschein für den aktuellen **Tag**, vielleicht auch noch für den nächsten und übernächsten Tag. Wie das Wetter in ein oder zwei Wochen sein wird, kann nur sehr ungenau vorhergesagt werden und ist deshalb auch selten Bestandteil eines Wetterberichtes.

Betrachten wir hingegen das **Klima**, geht es zwar auch um die Fragen, wie viel Regen fällt, welche Temperaturen herrschen oder wie es mit dem Wind aussieht. Insbesondere interessieren hier die extremen Ereignisse, also zum Beispiel die Frage, ob insgesamt in einem **Jahr** oder Jahrzehnt mehr Regen gefallen ist als zuvor, ob es im Durchschnitt wär-

mer geworden ist oder ob Stürme in ihrer Anzahl oder ihrer Heftigkeit zugenommen haben. Aber dabei geht es grundsätzlich um größere Zeiträume als beim Wetter, mindestens um Jahre, eher um Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte.

Gebiete, in denen überwiegend das gleiche Klima herrscht, werden als **Klimazonen** bezeichnet. So gibt es zum Beispiel die **Polargebiete** mit ständiger Kälte. Am Äquator ist es das ganze Jahr über warm; das sind die **Tropen**. Und wir leben in der **gemäßigten Klimazone**.

Die Klimaforscher versuchen herauszufinden, wie sich die klimatischen Verhältnisse ändern, ob es in unseren Breiten kühler oder wärmer, trockener oder feuchter wird, ob es im Winter weiterhin schneien wird und ob eventuell bald sehr viel mehr Stürme toben werden.

Eine sehr wichtige Frage verbindet sich damit: Nehmen wir **Menschen** mit unserem Verhalten, z. B. mit der enorm schnellen und massiven Verbrennung all unserer fossilen Rohstoffe (Kohle, Öl und Gas), **Einfluss auf das Klima** und wenn ja: welchen?

Die folgenden Experimente zeigen einige interessante Erscheinungen auf, die mit dem Klima im Zusammenhang stehen: **Kohlenstoffdioxid** (kannst du auch kurz Kohlendioxid oder CO₂ nennen) und **schmelzendes Eis**.

Wie kann man Sprudelgas herstellen?

Kohlenstoffdioxid aus Backpulver und Zitronensäure

Experiment 8

Materialien

-  Zitronensäurepulver
-  Natron
-  Backpulver
-  Wasser
-  3 Gläser oder Schälchen
-  Teelöffel

So wird's gemacht.

Gib in jeweils ein Glas oder Schälchen einen halben Teelöffel voll Zitronensäurepulver, Natron beziehungsweise Backpulver. Gib dann zu jedem der drei Pulver einen Teelöffel Leitungswasser. Beobachte, was passiert. Schütte nun den Inhalt deines Natrongläsches mit in das Gläschen des Zitronensäurepulvers. Beobachte, was passiert.





Was beobachtest du?

Wenn Natron, Zitronensäurepulver oder Backpulver mit Wasser in Berührung kommen, beginnen sich die Pulver aufzulösen. Beim Backpulver kannst du zusätzlich beobachten, dass es sprudelt.

Kippst du das angelöste Natron mit zu dem ebenfalls nassen Zitronensäurepulver, ist hier nun plötzlich ebenfalls Sprudelgas zu sehen – und zu hören.



Warum ist das so?

Natron und Zitronensäurepulver lösen sich in Wasser. Um sie allerdings vollständig auflösen zu können (dann wäre nach einiger Zeit und kräftigem Verrühren das Wasser wieder klar), müsstest du mehr als einen Teelöffel Wasser dazugeben. Bringst du nun beide Lösungen zusammen, dann verbinden sich das Natron und das Zitronensäurepulver und reagieren miteinander. Schüttetest du hingegen beide trockenen Pulver zusammen, passiert dies nicht. Um miteinander reagieren zu können, müssen die Pulver zuvor aufgelöst werden, also innerhalb des Wassers in sehr kleine Teile zerfallen sein.

Natron heißt mit vollständigem Namen Natriumhydrogencarbonat. Carbonat ist ein Hinweis

darauf, dass Kohlenstoff ein Bestandteil des Natrons ist. Durch das Einwirken der Zitronensäure wird der Kohlenstoff (**C** ist das chemische Zeichen für Kohlenstoff = **Carbon**) aus dem Natron herausgelöst und verbindet sich mit Sauerstoff (**O** ist das chemische Zeichen für Sauerstoff = **Oxygenium**). Diese Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff heißt **Kohlenstoffdioxid (CO₂)**. Dieses ist ein Gas und ist in unserem Experiment sichtbar und hörbar, da es Blasen schlägt.

Das Backpulver beginnt sofort CO₂ zu bilden, sobald es mit Wasser in Berührung kommt, da im Backpulver bereits Natron und eine Säure in Pulverform vorhanden sind, die nach Zugabe von Wasser sofort reagieren können.

Natron kann man verwenden, um Rotkohl als „Blaukraut“ bläulicher zu färben, um Geruchsentwicklungen (im Kühlschrank oder in deinen Turnschuhen) entgegenzuwirken, auch gegen Sodbrennen hilft es, Muffins werden damit gebacken und als Putzmittel findet es ebenso Verwendung. **Zitronensäure** braucht man, um Bonbons säuerlich zu machen oder um Brause herzustellen. Man kann sie auch zu Reinigungszwecken im Haushalt verwenden, zum Beispiel um die metallenen Armaturen im Bad wieder blitzblank zu bekommen (Entkalken). **Backpulver** dient dazu, dass der Teig beim Backen aufgeht: Das beim Backen entstehende CO₂-Gas bildet Blasen, die durch den Teig wandern und diesen locker machen.





Wie kann man die Anwesenheit von Kohlenstoffdioxid feststellen?

Experiment 9

Materialien

 Rotkohlsaft

 Trinkhalm

 4 Gläser oder Schälchen

 Wasser

 Mineralwasser (mit Sprudel)

 Teelöffel

Wir wollen versuchen nachzuweisen, dass in deiner Atemluft Kohlenstoffdioxid vorhanden ist. Dazu brauchen wir einen Stoff, der uns dies anzeigen kann. Rotkohlsaft ist ein solcher Stoff.

So wird's gemacht.

Übergieße einige kleine Stücke eines Rotkohlkopfes mit heißem Wasser. Am besten ist es, wenn du die Rotkohlstückchen sogar einige Minuten kochst, dann löst sich die meiste Farbe heraus. Gib diesen blauen (manchmal auch etwas violetten) Rotkohlsaft, wenn er etwas abgekühlt ist, in vier verschiedene Gläser oder Schälchen. Puste nun einige Male mit einem Trinkhalm deine Atemluft in den im ersten Glas befindlichen Rotkohlsaft, so dass es blubbert. Höre erst mit dem Pusten auf, nachdem du eine Farbveränderung festgestellt hast. In das zweite Glas

gibst du einen Teelöffel Leitungswasser hinzu, in das dritte Glas einen Teelöffel Mineralwasser (mit Sprudel!). Das vierte Glas dient dir lediglich als Vergleich, so dass du immer sehen kannst, wie der „unbehandelte“ Rotkohlsaft aussieht.

Was beobachtest du?

Nach einigem Pusten wird sich der Rotkohlsaft rötlich-violett verfärben. Mit Mineralwasser kommt es auch zu einer Rotverfärbung. Gibst du Leitungswasser hinzu, verändert sich die Farbe des Saftes nicht. Er wird nur etwas heller, da du ihn verdünnst.



CO₂-Gas ist sehr notwendig für den großen **Kreislauf der Natur**. Pflanzen benötigen das CO₂ für ihr Wachstum. Gleichzeitig setzen die Pflanzen **Sauerstoff** frei, denn genau genommen benötigen sie nur den Kohlenstoff im Kohlenstoffdioxid, also nur das C im CO₂. Den Sauerstoff jedoch brauchen **die Tiere und auch wir Menschen** zum Atmen.

Weshalb hört man eigentlich ständig, dass das **Kohlenstoffdioxid ein Klimakiller** ist? Es ist genau genommen die viel **zu große Menge** des Kohlenstoffdioxids, die insbesondere durch Autoabgase und Fabrikschornsteine in die Luft gepustet wird. Alles, was die Pflanzen nicht aufnehmen können, verbleibt in der Luft. Dort sorgt es dafür, dass sich die Sonnenwärme länger hält,



Warum ist das so?

Der Rotkohl hat seine spezielle Farbe aufgrund eines bestimmten **Farbstoffes**. Dieser nennt sich Anthocyan, was aus dem Griechischen kommt und übersetzt blaue Blüte bedeutet. Auch Blaubeeren, blaue Stiefmütterchen und andere blau-violette Pflanzen besitzen diesen Farbstoff. Das Anthocyan reagiert sehr heftig, wenn etwas **Säuerliches** mit ihm in Verbindung kommt und zeigt dies durch einen **Farbumschlag** in Richtung Rot an. Lies mal, was auf dem Etikett deiner Mineralwasserflasche steht: In dem Wasser ist **Kohlensäure** drin. Jede Säure ist sauer, deswegen heißt sie ja auch so. Der Rotkohlfarbstoff kann dieses Saure feststellen. Die Kohlensäure ist im Wasser aufgelöst, aber sie kann sich nur unter hohem Druck im Wasser gelöst aufhalten. Lässt der Druck nach (was der Fall ist, wenn du die Flasche öffnest), kannst du **Blubberblasen** beobachten. Dabei zerfällt näm-

die sonst - insbesondere nachts - ins Weltall zurückgestrahlt werden würde. So entsteht eine ähnliche Situation wie in einem Gewächshaus. Daher der Begriff: **Treibhauseffekt**.

Es wird nachweislich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt wärmer, was viele Auswirkungen haben kann, die der Natur und damit auch uns Menschen nicht gut tun. Zum Beispiel kann das Eis Grönlands abschmelzen, wodurch der **Weltmeeresspiegel** stark ansteigt und Küstenregionen unbewohnbar werden.

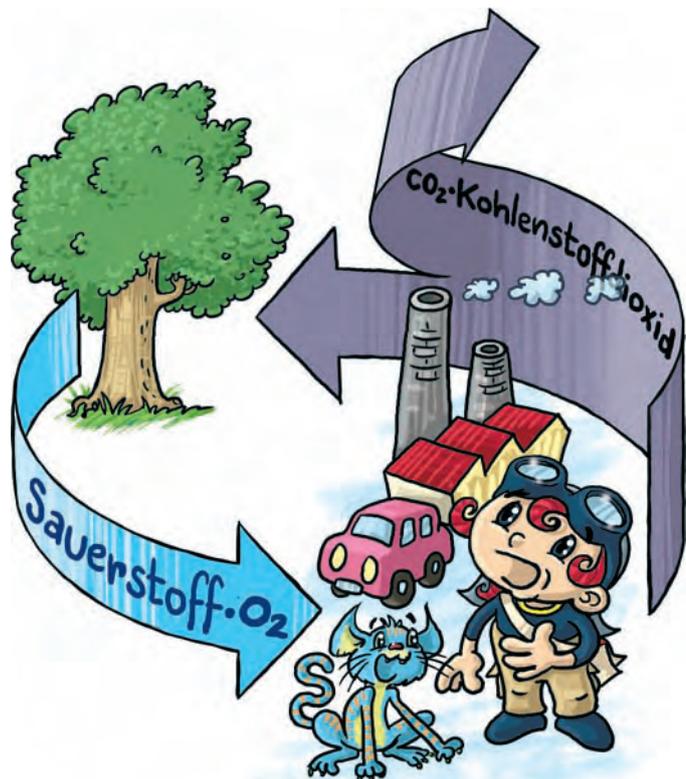
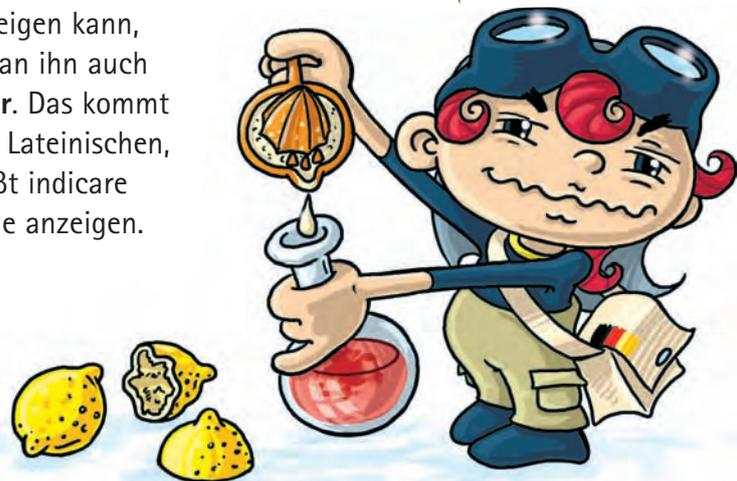
Wie bei vielen anderen Dingen auch, ist das **richtige Maß** entscheidend: CO₂ ist für das Leben auf unserer Erde unverzichtbar, aber zuviel CO₂ richtet Schäden an.

lich die Kohlensäure in ihre beiden Bestandteile: **Wasser und CO₂-Gas**. Und dieses Gas siehst du anhand der aufsteigenden Blubberblasen.

Ein kleiner Teil deiner **Atemluft** besteht ebenfalls aus CO₂-Gas.

Pustest du die Atemluft in den Rotkohlsaft, bildet sich mit dem Wasser darin Kohlensäure. Diese wird vom Anthocyan als etwas Saures erkannt. Da uns der Rotkohlsaft dies anzeigen kann, nennt man ihn auch **Indikator**. Das kommt aus dem Lateinischen, dort heißt indicare soviel wie anzeigen.

Wenn du es noch viel röter haben willst, dann gib mal etwas **Zitronensaft** in den Rotkohlsaft. Der ist nämlich richtig sauer!



Wenn das Eis der Erde schmilzt...

Welchen Einfluss hat die Anomalie des Wassers?

Experiment 10

Materialien

 Wasserbehälter
(Schüssel,
großes Glas)

 Wasser

 Eiskwürfel

So wird's gemacht.

Fülle einen Behälter nahezu randvoll mit etwa 25 °C warmem Wasser. Lege einige Eiskwürfel hinein. Hast du einige Tage zuvor einen Becher mit Wasser in den Gefrierschrank gestellt, steht dir sogar ein schöner großer Eisblock zur Verfügung. Wenn dein Eis im Wasser schwimmt, fülle noch solange Leitungswasser nach, bis dein Gefäß tatsächlich randvoll ist.

Warum ist das so?

Wasser hat eine ungewöhnliche Eigenschaft. Es ist im festen Zustand leichter als im flüssigen. Deswegen schwimmt das Eis und geht im Wasser nicht unter. Bei anderen Stoffen ist es hingegen so, dass der feste Stoff nicht in dem flüssigen Stoff gleicher Art schwimmen kann, sondern untergeht. Hast du schon einmal auf dem Weihnachtsmarkt beim Kerzenziehen mitgemacht? Dort kannst du beobachten, dass festes Wachs in flüssigem Wachs untergeht und nicht oben schwimmt. Weil sich in dieser Hinsicht das Wasser „unnormale“ verhält, nennt man die Erscheinung auch **Anomalie des Wassers**. Die Ursache hierfür liegt in der **Kristallbildung** des Wassers: Wenn Wasser fest wird, vergrößern sich die Abstände zwischen den Wasserteilchen (den Molekülen). Betrachtet man nun ein ganz bestimmtes Volumen festen Wassers (= Eis), dann hat man darin weniger Wasserteilchen als in demselben Volumen, wenn das Wasser darin flüssig wäre. Wenn über den **Klimawandel** gesprochen wird, geht es meist um die weltweite Erwärmung. Diese kann unter anderem zur Folge haben, dass die großen **Eismassen** beschleunigt **abschmelzen** -

Was beobachtest du?

Die Eiskwürfel gehen im Wasser nicht unter, sondern schwimmen oben. Bei größeren Eisblöcken kannst du recht gut erkennen, dass etwa 90 Prozent des Eises unter Wasser bleiben, 10 Prozent gucken oben raus. Mit der Zeit tauen die Eiskwürfel ab. Das bedeutet, dass nun auch das zuvor gefrorene, aus der Wasseroberfläche herausragende Wasser ins flüssige Wasser eintaucht. Dennoch läuft der Wasserbehälter nicht über.

das Eis des **Nordpols**, des **Südpols** und **Grönlands**. Das Abschmelzen hätte mehrere unangenehme Dinge zur Folge. So würde u. a. zusätzliches Wasser in die Weltmeere fließen, wodurch sich der **Meeresspiegel anheben** und so manche heute noch dichtbevölkerte Küstenregion unbewohnbar machen würde.

Aber unser Versuch hat doch gezeigt, dass abschmelzendes Eis den Wasserspiegel gar nicht anhebt! Nun, die Besonderheit in dem Experiment bestand darin, dass sich der Eisblock bereits im Wasser befand. Das Eis am Nordpol ist **im Wasser schwimmendes Packeis**.



Sein Schmelzen würde in der Tat die Höhe des Meeresspiegels nicht nennenswert beeinflussen. Anders jedoch beim Südpol- und Grönlandeis. Dieses liegt auf Land und würde als Schmelzwasser zusätzlich in die Ozeane laufen. Schmilzt das Eis Grönlands vollständig ab, erhöht sich der Meeresspiegel um etwa **6 Meter**. Das ist noch wenig im Vergleich zum Eis des Südpols: Dessen vollständiges Wegschmelzen würde den Meeresspiegel weltweit um etwa **50 Meter** anheben. Der größte Teil Deutschlands liegt deutlich tiefer. So befindet sich die Bundeshauptstadt Berlin beispielsweise etwa 30 Meter über dem Meeresspiegel und würde in einem solchen Fall vom Wasser überspült werden.



Die **Anomalie des Wassers** ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass im Wasser **vielfältiges Leben** entstehen konnte und dass sich dieses Leben über die **Wintermonate** erhalten kann. Normalerweise sinkt kälteres Wasser nach unten, wärmeres Wasser befindet sich oben. Lediglich im Temperaturbereich zwischen **0 °C und 4 °C** dreht sich das Ganze um: Nun ist das kältere Wasser leichter und kommt nach oben, das 4 °C warme Wasser sinkt nach unten. Dadurch gibt es mit dem Wechsel der Jahreszeiten eine **natürliche Umwälzung der Wassermassen**: Im Winter ist das wärmere Wasser unten, im Sommer oben. Es kommt sehr viel Bewegung ins Spiel, Reaktionen finden statt, Verbindungen entstehen, die Vielfalt des Lebens nimmt zu.

Wäre Eis schwerer als flüssiges Wasser, würden im Winter die Seen von unten her zufrieren. Fische könnten so nicht überleben. Durch die Anomalie wird es auf dem Grund eines Sees oder Teiches in der Regel nicht kälter als + 4 °C, was für die Wasserbewohner ausreichend ist, den Winter zu überstehen.



In unserer Natur befinden sich alle Dinge in ständigem Wandel.

Ob Wasser oder Steine, Tiere oder Pflanzen, die Luft oder das Erdinnere – alles fließt und entwickelt sich, es wächst und wandelt sich um. Es handelt sich dabei um **Kreisläufe**, weil die Prozesse ständig eine Art Kreis durchlaufen. Hinzu kommt, dass die einzelnen Kreisläufe **nicht unabhängig** voneinander ablaufen, sondern sich wechselseitig beeinflussen. So hängen der **Wasserkreislauf** (die Sonne lässt das Wasser verdunsten – es regnet wieder herab – versickert im Boden – tritt aus Quellen wieder hervor – wird Teil größerer Gewässer – verdunstet erneut) und der **Kreislauf der Atemluft** eng zusammen (du atmest Kohlenstoffdioxid aus – die Pflanze nimmt dieses CO₂ auf – sie atmet ihrerseits

Sauerstoff aus – du atmest den Sauerstoff ein – wonach du wiederum CO₂ ausatmest). Damit alles Leben auf der Erde immer ausreichend Sauerstoff zur Verfügung hat, nehmen die **grünen Blätter** der Pflanzen zuerst Kohlenstoffdioxidgas, welches ja von allen „ausgeatmet“ wird, zusammen mit dem Licht der Sonne, Wasser und einigen Nährstoffen aus dem Boden auf. Nun kann die Pflanze (Gräser, Bäume – alles, was grüne Blätter hat) wachsen. Sie wächst, weil sie den Kohlenstoff aus dem Kohlenstoffdioxid abspaltet und sich daraus aufbaut. Dabei fällt als „Abfallprodukt“ **Sauerstoff** an, den die Pflanze freisetzt. Welch ein Glück für uns, denn ohne diesen Sauerstoff wäre das **Leben** auf unserer Erde bekanntlich unmöglich! Diesen wichtigen Prozess nennt man **Photosynthese**, das kommt aus dem Griechischen: Photo bedeutet Licht und Synthese bedeutet Zusammensetzung.



Bau dir deine eigene Mini-Erde!

Die Kreisläufe der Erde im Kleinformat

Experiment 11

Materialien

 ein gut verschließbares Glas mit Gummidichtung (ca. 1 bis 2 Liter Fassungsvermögen)

 Aquarium-Kies

 einige etwas größere Steine

 nährstoffhaltige Blumenerde (es können auch kleine Tiere, wie Asseln oder Würmchen mit drin sein)

 eine grüne Pflanze (Zimmerefeu, Bubikopf oder Farn)

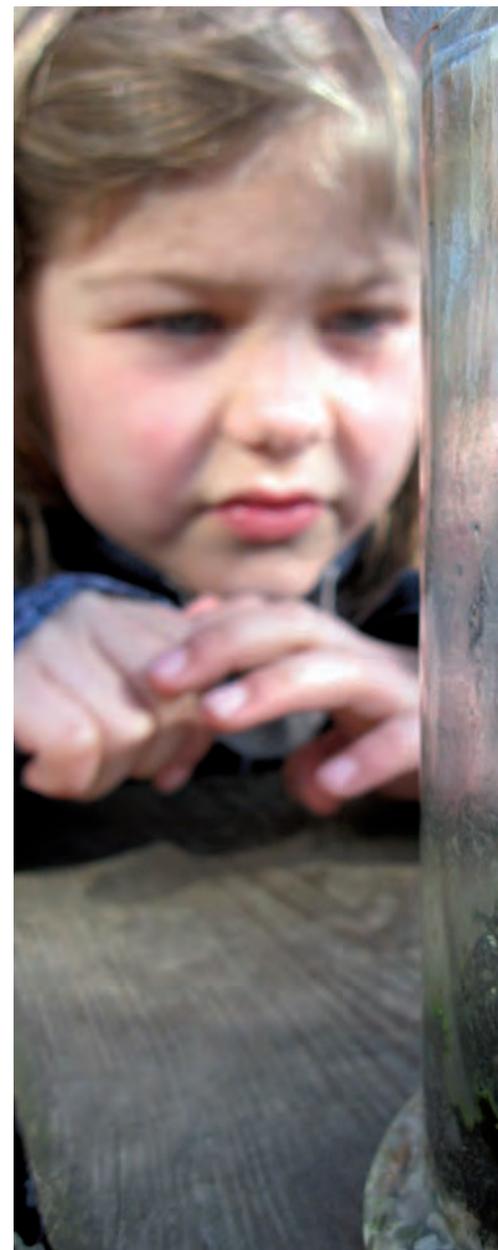
 Wasser

So wird's gemacht.

Wasche als erstes Aquarium-Kies und Steine gut ab und trockne sie anschließend wieder. Lege nun die Steine vorsichtig auf den Glasboden, so dass dieser bedeckt ist. Schütte den Aquarium-Kies über die Steine. Dieser verteilt sich in den Zwischenräumen. Auf die Steine kommt nun die Blumenerde. Setze dann deine Pflanze in die Erde. Achte darauf, dass die Wurzeln gut mit Erde bedeckt sind. Nun kannst du vorsichtig Wasser auf die Blumenerde geben. Die Erde soll gut feucht sein, das Wasser aber nicht am Glasboden stehen. Jetzt musst du dein Glas fest verschließen. Öffne das Glas in der nächsten Zeit nicht mehr! Stelle deine Mini-Erde weder in direktes Sonnenlicht noch auf die Heizung.

Was beobachtest du?

Nach wenigen Tagen siehst du, dass die Innenwand des Glases beschlägt. An der Innenseite des Deckels bilden sich sogar Wassertropfen. Einige Tage später kannst du erkennen, dass deine Pflanze gewachsen ist.



Warum ist das so?

Ist dein Glas fest verschlossen, setzen sich die **Kreisläufe** in Gang, die so auch auf unserer Erde im großen Stile ablaufen. Alle dazu benötigten Ausgangsstoffe hast du bereitgestellt:

Nährstoffe in der Erde, eine **grüne Pflanze**, **Wasser** und **Sonnenlicht**.

Du kannst deine Mini-Erde über viele Tage beobachten. Eine deiner ersten Feststellungen wird sein, dass dein Glas innen beschlägt – es bildet sich **Feuchtigkeit**. Auf der Innenseite des Deckels entstehen sogar kleine Regentropfen. Sind diese schwer genug, fallen sie nach unten, befeuchten die Erde – deine Pflanze wird nun mit **Regenwasser** versorgt.

Tagsüber lässt die Sonne das niedergeregnete Wasser, das die Pflanze nicht sofort nutzt, wieder **verdunsten**. Auch gibt die Pflanze über ihre Blätter Wasser nach außen ab, das ebenfalls verdunstet.

Der **Wasserdampf** schlägt sich erneut an

der kälteren Glaswand nieder, kleine Regentropfen bilden sich – der **Wasserkreislauf** beginnt von vorn.

Nach einigen Tagen wirst du feststellen, dass deine **Pflanze gewachsen** ist. Das heißt der Kreislauf der **Photosynthese** funktioniert ebenfalls in deinem Glas. Woher bekommt die Pflanze nun aber das **Kohlenstoffdioxid**, welches sie ja für ihr Wachstum benötigt? – Hast du zufällig in deiner Blumenerde **kleine Tiere**, verbrauchen diese Sauerstoff und geben Kohlenstoffdioxid ab. Den größeren Teil Kohlenstoffdioxid jedoch stellt die Pflanze selbst zur Verfügung. In der Nacht, wenn den grünen Blättern deiner Pflanze kein Sonnenlicht zur Verfügung steht, atmet die Pflanze selbst Sauerstoff ein und gibt Kohlenstoffdioxid ab. Diesen Prozess nennt man **Dunkelatmung**. Am nächsten Morgen, wenn wieder ausreichend Sonnenlicht vorhanden ist, befindet sich in deinem Glas nun auch genügend Kohlenstoffdioxid in der Luft, so dass die Pflanze wachsen und Sauerstoff für sich (für die Nacht) und die kleine Tiere im Glas abgeben kann.



Wenn du den Sauerstoff, der aus den **grünen Blättern** von Pflanzen austritt, sehen möchtest, nimm dir ein großes Glas (z. B. ein Gürkenglas). Warte auf einen sehr sonnigen Tag und fülle dann das Glas mit klarem Teich- oder Seewasser (kein Leitungswasser!). Schneide nun ein Stück (ca. 5 cm) von einer Wasserpflanze ab (Am besten nimmst du die Wasserpest. Diese bekommst du in jedem Aquariengeschäft und sie produziert schnell

recht viel Sauerstoff). Lege den

Pflanzenteil in das Wasser und stelle das Glas in die pralle **Sonne**! Nun kann die **Photosynthese** beginnen. Nach fünf bis zehn Minuten kannst du **Perlenschnüre** aufsteigen sehen. Das ist **reiner Sauerstoff**!



Ein eigenes Klärwerk

Wie bekommt man Verunreinigungen wieder aus dem Wasser?

Experiment 12

Materialien

 vier
Plastikschalen
(Obstverpackungen)

 Schere

 sehr grob-
körniger Kies

 grobkör-
niger Kies
(Kies unterschiedlicher
Körnung gibt es z. B.
im Baumarkt)

 feiner Sand
(aus dem
Buddelkasten)

 Aktivkohle
(gibt es in

Fachgeschäften für
Aquaristik)

 Schmutz-
wasser
(Kaffeereste, Spül-
mittel, Kreidestück-
chen, Schmutz, z. B.
von der Fußmatte, Öl)

 Auffangbehäl-
ter (am besten
eine durch-
sichtige Schüssel)



So wird's gemacht.

Meist sind in den Plastikschalen (Obstverpackung) schon Löcher vorhanden. Hast du Plastikschalen ohne Löcher, bohre in regelmäßigen Abständen mit einer Schere 10 bis 15 Löcher (ca. einen halben Zentimeter groß) in den Boden der Schalen. Fülle nun jede der vier Schalen jeweils halbvoll mit den am linken Seitenrand aufgeführten Materialien. Stelle die gefüllten Schalen in folgender Reihenfolge übereinander: Ganz unten soll die Schale mit der Aktivkohle sein, darüber kommt die Schale mit dem feinen Sand, ihr folgt die Schale mit dem grobkörnigen Kies. Ganz nach oben kommt die Schale mit dem sehr grobkörnigen Kies. Stelle nun die übereinander sitzenden Schalen auf den Auffangbehälter. Fülle das Schmutzwasser langsam in die oberste Schale.

Was beobachtest du?

Das Schmutzwasser sickert sehr langsam durch die verschiedenen Schalen. Das in der Auffangschüssel ankommende Wasser ist viel klarer als das ursprüngliche, verunreinigte Wasser.

Warum ist das so?

Im verunreinigten Wasser befinden sich lauter verschiedene **Schmutzteilchen**. Deine Schalen mit den unterschiedlichen Materialien bilden verschiedene **Reinigungsstufen**. Sie wirken wie Siebe, in denen der Schmutz hängen bleibt. Der **Boden** unserer Erde ist ganz ähnlich geschichtet. Ganz oben in der ersten Schicht bleibt der

ganz grobe Schmutz hängen (in der Kläranlage übernimmt das ein Rechen). Je weiter das schmutzige Wasser nach unten sickert, desto feiner werden die **Klärstufen** in deiner Mini-Kläranlage. Im feinen Sand bleiben die letzten winzig kleinen Schmutzteilchen, kleinste Schwebstoffe, hängen. Nun gibt es aber auch Verunreinigungen, die sich bereits im Wasser gelöst haben. Um sie herausfiltern zu können, wurde die unterste Schale mit **Aktivkohle** gefüllt. Das ist eine sehr feinkörnige Kohle mit vielen kleinen Löchern (Poren). Diese Poren sind wie bei einem Schwamm miteinander verbunden. So entsteht eine sehr große innere Oberfläche, die viele im Wasser gelöste Schmutzteilchen „aufsaugen“ kann. Das Wasser, das in deiner Auffangschüssel gelandet ist, sieht tatsächlich viel klarer aus als vorher. Dieses Wasser solltest du jedoch trotzdem nicht trinken! Es kann noch gesundheitsschädliche Stoffe oder **Bakterien** enthalten, die du in deinem Mini-Klärwerk nicht herausfiltern konntest. In den großen Klärwerken übernimmt das die

biologische Stufe. In dem entsprechenden Klärbecken befinden sich „gute“ Bakterien. Diese filtern und vernichten die meisten gesundheitsschädlichen Stoffe. Es bildet sich Schlamm, der auf den Boden des Beckens absinkt und damit von dem reinen Wasser getrennt ist. Dieser Schlamm kann gut zur **Düngung** von Feldern oder bei Verbrennung zur Stromerzeugung verwendet werden. Regelmäßige Wasserproben überprüfen die Wirksamkeit dieses **Belebtschlammbeckens**.

Trinken kann man dieses Wasser jedoch immer noch nicht. Es wird abschließend noch in einen Fluss (Vorfluter genannt) geleitet. Hier durchläuft es noch einmal die **natürliche Klärung** durch die einzelnen Bodenschichten der Erde bis es zu **Grundwasser** wird und durch **Brunnen** in die **Wasserwerke** gepumpt werden kann. Das Wasser, was vom Wasserwerk durch den **Wasserhahn** in dein Trinkglas fließt, kannst du deshalb **bedenkenlos trinken**. Es ist das sauberste und am strengsten auf seine Inhaltsstoffe **kontrollierte Lebensmittel** in Deutschland!

Materialien

-  Glas
-  Wasser
-  Metalllöffel
-  Holzwäscheklammer
-  Kerze
-  Streichhölzer

Hast du dich schon einmal gefragt, woher das Salz in deinem Salzstreuer kommt?

Das meiste Speisesalz wird aus dem Salz der Meere gewonnen. Große Wassermassen werden in riesige Auffangbecken (Salinen) geleitet. Nun lässt die Sonne das Wasser verdunsten und übrig bleiben riesige Salzberge. Das kannst du im Kleinen nachvollziehen: Löse in einem Glas so viel Salz in etwas Wasser auf, bis es sich nicht mehr verrühren lässt und am Boden absetzt. Das Wasser in deinem Glas ist nun „satt“ und kann kein Salz mehr aufnehmen. Nimm einen Teelöffel voll Salzwasser und halte diesen über eine **Kerzenflamme**. Damit du dich nicht verbrennst, halte den Teelöffel mit einer Holzwäscheklammer fest. Das Wasser fängt an zu kochen und verdampft. Plötzlich ist das ganze Wasser weg und auf deinem Löffel befindet sich nur noch **kristallines Salz**.



Wie funktioniert die Welt? Naturphänomene im Alltag

Und das meinen die Leser:

DreiBig Experimente für Kinder, bei denen selbst Erwachsene mitstaunen, man keinen extra Experimentierkoffer benötigt, es keine schwierig zu bekommenden Zutaten, keine umständlichen Vorbereitungsmaßnahmen gibt, sind perfekt für regnerische Nachmittage zu Hause! Mit ein paar Eiswürfel, einer leeren Flasche, einem Päckchen Backpulver, einer alten Zeitung kann man sofort loslegen.

Das Buch ist super für Kinder, die Naturwissenschaften für langweilig und kompliziert halten und gleichzeitig auch für Kinder, die schon immer mit Begeisterung forschen. Und alle teilnehmenden Erwachsenen werden fasziniert sein, was man alles noch dazu lernen kann. Die Erklärungen sind klar und verständlich, Fachsprache gibt es hier nicht.

Schön sind auch die Comics der Abrafaxe, die zum jeweiligen Thema passen und die Kinder dazu einladen, das Buch immer wieder durchzublättern.

Wie schön, dass mal jemand ein Experimentierbuch geschrieben hat, der sich mit Kindern auskennt und nicht nur mit Naturwissenschaften!

Es ist DAS Forscherbuch für Grundschüler. Es beinhaltet 30 garantiert funktionierende Experimente und ist bestens geeignet für die Schule und zu Hause.

Mit dieser Sammlung steht eine Reihe von Experimentierideen zur Verfügung, die in Anlehnung an die Rahmenlehrpläne und Empfehlungen für den naturwissenschaftlichen und Sachkundeunterricht der Grundschulen entwickelt wurden.

Alle Experimente sind in der wissenschaftlichen Mitmachwelt Exploratorium Potsdam mit einer sehr großen Zahl von Schulkindern erfolgreich durchgeführt worden und an den Möglichkeiten der Schule ausgerichtet. Die jeweiligen Fragestellungen und das verwendete Material haben einen Alltagsbezug, so dass es möglich ist, die meisten der beschriebenen Experimente mit überschaubarem materiellen Aufwand durchzuführen. Um die Experimente in der Schule durchführen zu können, bietet es sich an, dass die Kinder das benötigte Material von zu Hause mitbringen. Das versetzt die Kinder auch in die Lage, die Versuche zu Hause zu wiederholen. Die im Buch jeweils dargestellten Abläufe unter Verwendung der angegebenen Versuchsmaterialien beschreiben einen möglichen Weg, wie man garantiert zum Ergebnis gelangt. Die Versuchsabläufe können ohne Probleme auch variiert werden.

Aufgrund der großen Nachfrage vieler Grundschullehrer und Grundschullehrerinnen sind zusätzliche Arbeitsblätter zu den Experimenten entwickelt worden, die auf einer speziellen CD gemeinsam mit dem Buch erhältlich sind. Außerdem befinden sich alle Experimente noch einmal als Kopiervorlage auf der CD, so dass die Arbeit im Unterricht damit sehr gut unterstützt wird.

Das Forscherbuch für Grundschulkinder beinhaltet eine Auswahl von Experimenten, die einen guten Einstieg in die Welt des Naturwissens liefern.

Dr. Axel Werner

Wie funktioniert die Welt? – Naturphänomene im Alltag
Mosaik Steinchen für Steinchen Verlag GmbH
Buch: ISBN 978-3-937649-93-1, Preis: 9,95 €
Buch plus CD: ISBN 978-3-937649-42-9, Preis: 20,- €

Gemeinsam mit den stets neugierigen und wissenshungrigen Abrafaxen, den Comic-Helden aus dem Mosaik, werden spannende Fragen gestellt und erforscht: Welche geheimnisvollen Eigenschaften hat eine Wasseroberfläche? Hat denn Luft wirklich Kraft? Wo kommt im Herbst die gelbe Farbe in den Blättern her? Wieso schwimmt Eis auf dem Wasser und geht nicht unter? Wie funktionieren Geheimschriften? Auf welche Weise haben sich eigentlich früher die Menschen Speiseeis im Sommer hergestellt, wo es doch gar keine Kühlschränke gab? Wie werden aus Film Dosen kleine Raketen? Kann man eigentlich gewöhnliche Luft von einem Glas in ein anderes umfüllen? Aus welchen Farben besteht Schwarz? Wie baut man sich einen eigenen Kompass oder einen Minifeuerlöscher? So viele und noch mehr Fragen! Dieses Buch lädt dazu ein, die Antworten darauf selber zu finden. Denn selber schlau werden macht ungeheuer viel Spaß!

Fragen – Forschen – Entdecken und Staunen – Verstehen – Wissen!
Und: neugierig bleiben!



**EXPLORATORIUM
POTSDAM**
Die wissenschaftliche Mitmachwelt



GEFÖRDERT VOM



IMPRESSUM

Herausgeber: Technischer Jugendfreizeit- und Bildungsverein (tjfbv) e.V.
Vorsitzender: Thomas Hänsgen
Geschäftsstelle: Wilhelmstraße 52 • D-10117 Berlin
Fon +49(0)30 97 99 13 - 0
Fax +49(0)30 97 99 13 - 22
www.tjfbv.de
info@tjfbv.de

Redaktion: Sieghard Scheffczyk
Illustrationen: Egge Freygang
Grafik-Layout: Sascha Bauer
Druck: Möller Druck und Verlag GmbH
1. Auflage: 25.000