

## Erfinden macht Schule

# Wenn der Wind durchdreht

**Lernen ist kein Zustand, Lernen ist eine Tätigkeit. Deshalb lässt sich Wissen weder vermitteln noch eintrichtern, sondern lediglich erschliessen und zugänglich machen. Ist der Zugang erst einmal offen, kommt der Dialog zwischen Sache und Lernenden ins Rollen. Dieser Dialog kann ganz still sein und doch intensiv: beim Handeln. Oder noch besser: beim Erfinden.**

René Providoli, Christian Weber, Daniel Vögelin und Urs Heck

### Wann ist ein Phänomen ein Phänomen?

Für Altphilologen ist diese Frage leicht zu beantworten: Ein Phänomen ist das, was sich zeigt. Für den Sachunterricht ist die Antwort etwas komplizierter, denn zeigen tut sich vieles, was aber noch lange nicht heisst, dass wir es auch sehen. Sei es, weil es unsichtbar ist oder weil es zu selbstverständlich ist. Oder weil es sich gar nicht so zeigt, wie es ist. Magnetismus, Eis und das Auf- und Untergehen der Sonne sind Beispiele für die erwähnten Fälle. Erst wenn wir den Sachverhalt aus seinem Zusammenhang herauslösen, auf ihn hinweisen, ihn aus einem anderen Blickwinkel aufzeigen, wird uns das Selbstverständliche fragwürdig und irritierend. Erst jetzt sehen wir das Phänomen. Lässt man einen gefrorenen Ölwürfel auf Öl schwimmen, passiert etwas Ungewöhnliches (Heck und Marti, 2001). Als die achtjährige Tochter eines der Autoren das zum ersten Mal sah, sagte sie: «Papa, das cha nöd si!» Dass das Eis schwimmt, ist uns so selbstverständlich, dass wir gar nicht realisieren, dass es eigentlich sinken sollte. Das würde dem Naturgesetz der Dichte bei wechselnden Aggregatzuständen entsprechen. Die feste Form von Wasser sollte schwerer sein als die flüssige und auf den Boden sinken. Der Ölwürfel tut das. Dieses Beispiel zeigt, dass das, was uns selbstverständlich ist, noch lange nicht stimmen muss. Will man Naturgesetzen auf die Spur kommen, begegnet man viel Unstimmigem. Das sind dann auch die Augenblicke, wo der gesunde Alltagsverstand versagt und – obwohl mehrheitsfähig – danebentriift. Wissenschaft ist nicht demokratietauglich. Hier herrscht die Diktatur der Sachverhalte.



Abb. 1: Zwei Sonnenwindturbinen.

Phänomene sichtbar zu machen, das ist eine Hauptaufgabe der Sachunterrichtsdidaktik; am liebsten so, dass nicht mit Zaunpfählen auf den Gartenhag gezeigt wird, sondern durch ungewohnte Blickwinkel Irritationen ausgelöst werden (Heck & Weber, 1999). Diese führen nämlich fast immer zu echten Fragen (von Foerster, 1999) und engagiertem Lernen. Darunter verstehen wir erst einmal eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Phänomen, die dann nach dem Erkennen desselben in das Anwenden der Erkenntnis führen kann: das Erfinden.

### Erfinden rund um Unsichtbares

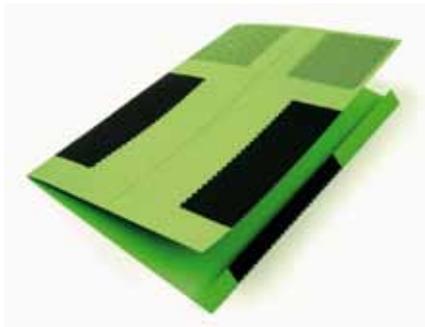
Winde sind unsichtbar, Sonnenenergie auch. Das bedeutet nicht, dass die Auswirkungen sich nicht sehr wohl bemerkbar machen, wie damals Lothar am Stephans-tag 1999 eindrücklich zeigte und Sonnenbrände immer wieder zeigen. Als explore-it

für seinen Lernanlass «solar power bewegt» Mittel suchte, um Sonnenenergie in der Primarschule erfahrbar zu machen, kam den Entwicklern eine Erfindung gelegen, die auch schon in diesem Heft vorgestellt wurde (Weber & Heck, 2006): Mit Hilfe eines Magneten und einer Stecknadel lässt sich eine fast reibungsfreie Aufhängung für Windräder konstruieren. Damit lassen sich kleinste Luftbewegungen messen. Die Sonnenwindturbinen kombiniert nun das Unsichtbare so, dass es sichtbar wird: Die Sonnenenergie erwärmt die Luft im schwarzen Windturm, diese steigt auf und bringt das Turbinenrad zum Drehen. Die Anzahl Umdrehungen gibt direkt ein Mass für die eingestrahlte Sonnenenergie. Wie empfindlich diese Wärmemessanlage ist, zeigt sich daran, dass schon die Wärme von zwei Händen genügt, um das Rädchen in Gang zu setzen (vgl. Experiment 1).

## Bauanleitung Sonnenwindturbine

### Material

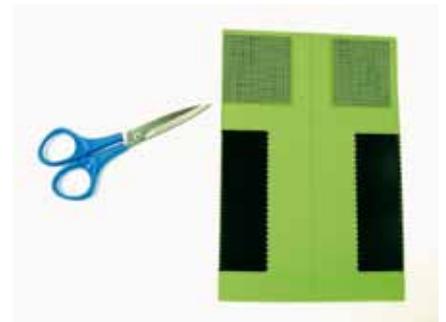
Drucke die Vorlage (s. hinten)  
auf farbiges, festes Kopierpapier.  
Kartonstreifen,  
kleiner Magnet (vgl. Mat.),  
Häuschenpapier,  
Stecknadel,  
Schere, Klebstoff und Klebband



Falte den schmalen Streifen entlang  
der gestrichelten Linie nach hinten und  
bestreiche ihn mit Klebstoff.

Falte die Vorlage in der Mitte und klebe die  
obere Hälfte auf den schmalen Streifen.

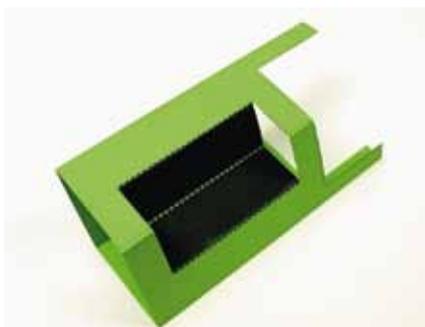
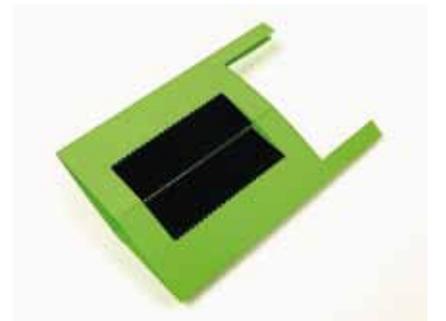
Schneide die schraffierten Quadrate weg.



Schneide das Papier entlang der durchzo-  
genen Linien der schwarzen Flächen ein.

Biege die schwarzen Flächen entlang  
der gestrichelten Linien nach vorne und  
nach hinten.

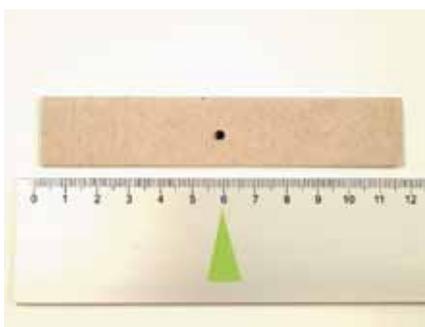
Falte den Körper, wie abgebildet,  
auseinander.



Forme, durch leichten seitlichen Druck,  
das gefaltete Papier zu einem viereckigen  
Körper.

**Die schwarzen Flächen sind dabei  
nach innen gefaltet.**

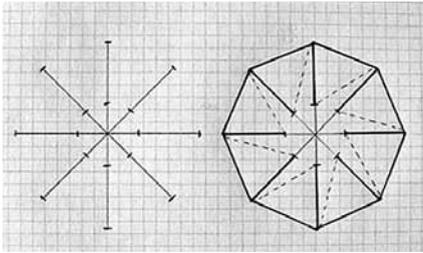
Die Kanten werden überall rechtwinklig  
nachgefaltet, und schon steht der fertige  
Sonnenwindturm.



Platziere den kleinen Magneten in der  
Mitte des 1 mm dicken Kartonstreifens.

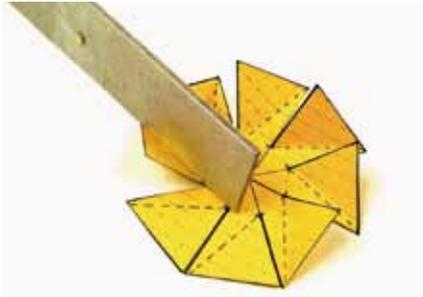
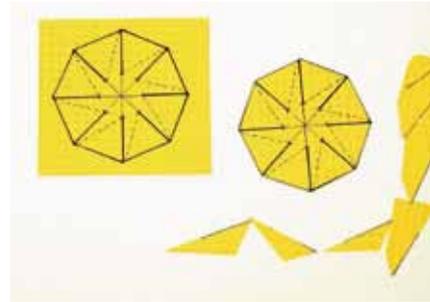
Befestige den Magneten mit Klebband.  
Achte darauf, dass das Klebband auf  
der Unterseite des Kartonstreifens  
glatt gestrichen ist und nicht mehr als  
zwei Lagen aufweist.





Zeichne auf Häuschenpapier eine Vorlage für ein Turbinenrad mit einem Durchmesser von 6 cm.

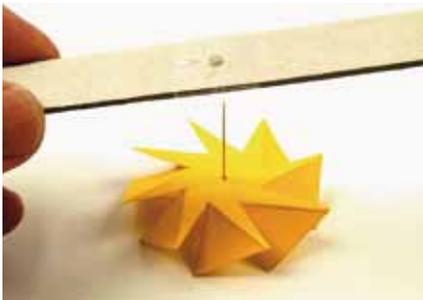
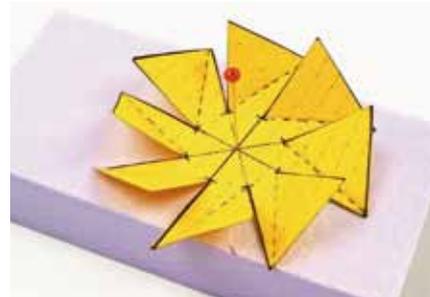
Kopiere die Vorlage auf farbiges Papier und schneide entlang der durchgezogenen Linien.



Falte die «Flügel», wie auf der Abbildung gezeigt, entlang der gestrichelten Linien leicht nach oben.

Durchsteche das Turbinenrad in der Mitte mit der Stecknadel auf einer weichen Unterlage.

**Die «Flügel» sind 30 bis 45 Grad schräg nach oben gebogen.**



Mit der Magnetaufhängung wird die Spitze der Stecknadel «gefischt».

Der kleine **Magnet** liegt **oberhalb** des Kartonstreifens!

Hebe das Turbinenrad langsam hoch und lege es sorgfältig auf die Stützen des Sonnenwindturmes.



## Experimente mit der Sonnenwindturbine

**1. Experiment** Umschliesse den Sonnenwindturm mit beiden Händen, ohne ihn zu berühren – verharre so regungslos für kurze Zeit und achte auf das Turbinenrad. Was beobachtest du? Hast du dafür eine Erklärung?

**2. Experiment** Stelle die Sonnenwindturbine an einen Ort im Zimmer, wo sie von der Sonne direkt beschienen wird. Achte auf das Turbinenrad. Was beobachtest du? Hast du dafür eine Erklärung?

**3. Experiment** Male mit einem Stift am Rande des Turbinenrades einen grossen Punkt so, dass du die Zahl der Umdrehungen bestimmen kannst.

- Wie oft dreht sich die Turbine pro Minute?
- An welchem Ort dreht sich das Rad am schnellsten?
- Welchen Einfluss hat die Sonne auf die Geschwindigkeit des Rades?

- Welche Faktoren sind für das Drehen der Turbine bedeutsam?
- Kann man Lichtenergie mit Spiegel auch durch dunkle Räume lenken (Abb. 2)?



**Abb. 2:** Versuche: Direkte Sonneneinstrahlung (links); Sonnenlicht mit einem Spiegel (Mitte) und mit zwei Spiegeln (rechts) durch einen dunklen Raum gelenkt. Treibt das umgelenkte Sonnenlicht die Sonnenwindturbine ebenfalls an?

## Finden oder Erfinden?

Viele grosse Entdeckungen und Erfindungen sind aus einem Missverständnis heraus entstanden, manche sogar einfach aus einem Fehler. Kolumbus zum Beispiel glaubte, dass die Erde nur 20 000 km Erdumfang habe, weil er sich auf den römischen Autor Ptolemäus verliess. Dabei hatte schon der Grieche Eratosthenes 1700 Jahre vor Kolumbus den Erdumfang aufgrund seiner Messungen auf etwa 40 000 km geschätzt. Allerdings gab es damals das Längenmass Meter noch nicht, und er rechnete in Kameltagesmärschen zwischen Alexandrien und Syene. Hätte Kolumbus seine Reise gewagt, wenn er den richtigen Erdumfang gekannt hätte?

Die Erfindung von Antibiotika begann mit einem grossen Frust: Dem Forscher Alexander Fleming waren eines Tages seine Bakterienkulturen verschimmelt. Das genaue Hinschauen des verärgerten Experimentators liess ihn dann aber Wichtiges finden: Es gab Zonen auf seinen Kulturen, wo der Pilz das Wachstum der Bakterien verhinderte. Fleissige und sorgfältige Laborarbeit brachte dann das Wundermittel Penicillin ans Licht, das über Jahre als wirkungsvolles Heilmittel gegen gefürchtete Infektionen wie Lungen- oder Hirnhautentzündung eingesetzt wurde.

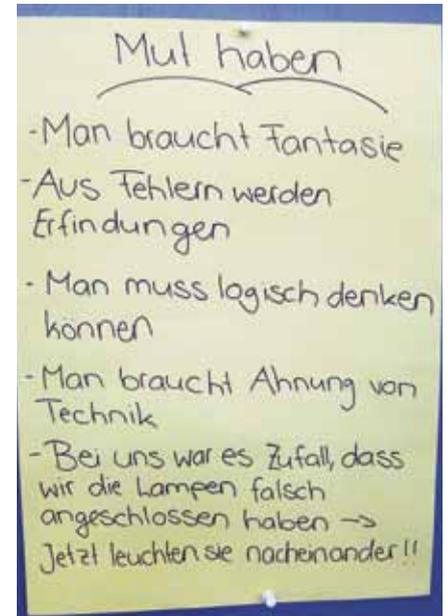
Aber waren Kolumbus und Fleming jetzt eigentlich Entdecker oder Erfinder? Ohne

Frage, Kolumbus gilt als Entdecker. Aber wie viele Erfindungen er und seine Mitentdecker tagtäglich machen mussten, um die beschwerliche und gefährliche Reise zu überstehen, wissen wir heute nicht mehr. Fleming hat die Wirkung des Schimmelpilzes auf Bakterien entdeckt und damit zur Erfindung der Antibiotika beigetragen. War er jetzt Erfinder oder Entdecker?

Beim Entdecken steckt das Erfinden oft im Herstellen der Mittel, welche die Entdeckung ermöglichen. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Entdeckung der Jupitermonde durch Galilei mit seinem neu erfundenen Fernrohr. Das Entdecken und das Erfinden sind immer nahe beieinander. Deshalb verwenden wir lieber die Begriffe Finden und Erfinden. Beiden ist gemeinsam, dass sie mit Sehen, Erkennen und Handeln zu tun haben, also die aktive, aufmerksame und produktive Auseinandersetzung mit der Welt meinen.

Aber nicht jedes Finden und Erfinden muss so gross herauskommen wie bei Fleming und Kolumbus. Viele kleine Erfindungen werden laufend gemacht und zeugen davon, dass etwas erkannt und verstanden wurde. Finden und Erfinden sind eng miteinander verknüpft. Das Bindeglied dazwischen ist das Sehen und Bewusstwerden. Oft sieht man die beste Lösung aber erst, wenn die zweitbeste Lösung soeben fertiggestellt

ist. Oder das Material ist aufgebraucht und man sucht auf die schnelle Ersatz. Nur wer tätig ist, findet. Und nur wer dabei aufmerksam beobachtet und sich vom Moment leiten lässt, erfindet. Kindern fällt das leicht. Aber es braucht Ausdauer und auch etwas Mut (Abb. 3).



**Abb. 3:** Plakat einer Gruppe von Schulkindern anlässlich des dritten Erfinder-Kinder-Tages im Juni 2010 in Zofingen zum Thema «Was braucht es zum Erfinden?». Diese Gruppe hat einen Blinker erfunden.

Kindererfindungen sind oft unspektakulär, wie die meisten Erfindungen überhaupt. Das Erfinden soll vor allem die Auseinandersetzung zwischen Lernenden und Phänomen fördern.

## Kindererfindungen rund um die Windturbine

Der Vorteil von Lernanlässen mit Erfindungspotenzial ist die Unmittelbarkeit, mit der sich Probleme stellen und lösen las-

sen. Haben die Schülerinnen und Schüler das Phänomen «aufsteigende Winde» und die Sichtbarmachung derselben durch das Turbinenrad begriffen, fällt es ihnen leicht, dieses bei für sie reizvollen Erfindungen anzuwenden; sei es als Teetassen-Temperaturtester, als Kettenkarussell oder als Zimmerwindmesser (Abb. 4). Andere Erfindungen beschäftigen sich mehr mit dem Verbessern der Sonnenwindturbinen: Ein Plastikdach als Wärmesammler oder der Einsatz von

Spiegeln zur Lichtbündelung (Abb. 5 und 6) weisen darauf hin, was die Kinder für Vorwissen auf diesem Gebiet haben könnten. Sei es, dass sie z.B. Treibhäuser aus eigener Erfahrung kennen und diese Erfahrungen hier nutzbar machen oder dass sie schon von technischen Lösungen auf dem Gebiet der Solartechnik wissen. In beiden Fällen wirkt die Verbindung von Lernsituation und Lebenswelt verstärkend.



**Abb. 4:** Teetassen-Temperaturtester.



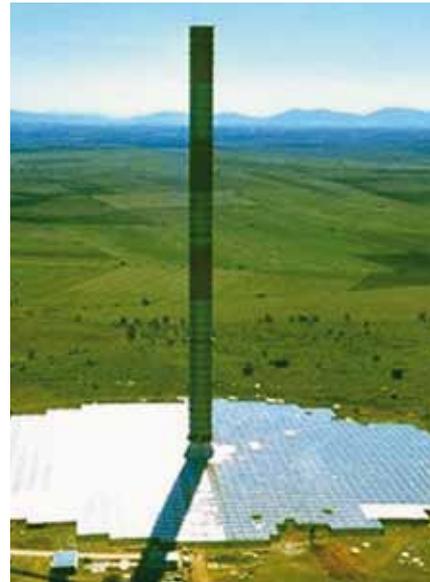
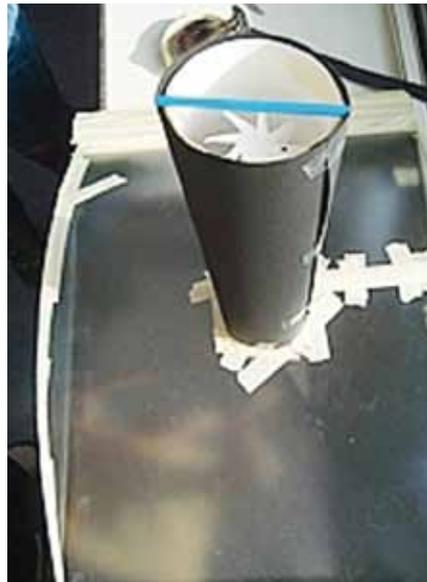
Kettenkarussell.



Zimmerwindmesser.



**Abb. 5:** Was bringt mehr Energie auf die Turbine? – Treibhauseffekt ...



... technische Realisierung  
(Quelle: Solar Tower Prototype in Manzanares, Spain, [www.climate-changer.com](http://www.climate-changer.com))



**Abb. 6:** Was bringt mehr Energie auf die Turbine? – Sonnenkollektoren ...



... technische Realisierung

(Quelle: [www.sparkfun.com/tutorial/news/Solar-Tower.jpg](http://www.sparkfun.com/tutorial/news/Solar-Tower.jpg))

### Zum Schluss

Es gibt Skeptiker, die behaupten: «Wer findet, hat nicht richtig gesucht.» – «Wer erfindet, ist zu bequem zum Suchen» wäre eine adäquate Abwandlung. Für die Schule empfehlen wir das Erfinden als «Daniel-Düsen-Triebfeder» für das Lernen einzusetzen. Wenn vielleicht nicht in jedem Fach, so sicher dort, wo es um Technik geht.

### Material

Baumaterialien und Informationen können unter [www.explore-it.org](http://www.explore-it.org) angefordert werden. Die kleinen Magnete (Ni-Cu-Ni) haben einen Durchmesser von 3 mm und sind 1 mm dick. Ihre Haftkraft beträgt ca. 210 g.

### Literatur

**Heck, U. & Marti, W.** (2007). 10 x 10 Erkundungen. Zofingen: Erle Verlag. **Heck, U. & Weber, C.** (1999). Plädoyer für eine holografische Didaktik. Ein Impuls zum Sachunterricht. Schweizer Schule (1999), 3–9. **Von Foerster, H. & Pörksen, B.** (1999). Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme. **Weber, C. & Heck, U.** (2006). Allerlei Spielerei. die neue schulpraxis, (12), 25–30.

