

Windräder — eine Unterrichtseinheit für die Grundschule



Windräder — **eine Unterrichtseinheit für die Grundschule**

Ref. Nr. 424 · 2/4/9/5

Sämtliche Rechte bei fischer-werke GmbH & Co. KG, Tumlingen
Herstellung: Langenstein Druck GmbH, 7140 Ludwigsburg

Quellenangaben:

Die Abbildungen: Titelbild (Umschlag), Abb. 4 und Abb. 8 wurden uns überlassen von:
Bilderdienst Süddeutscher Verlag, 8000 München 2, Postfach.

Die Abbildungen 23, 25 und 28 sind mit freundlicher Genehmigung entnommen aus:
Veranzio, Machinae Noval, Neue Maschinen, Heinz Moos Verlag, München.

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
1. Einleitung	3	7.3 Windräder mit Steuerflosse	15
2. Ziel des Unterrichts – Analyse der Lehrpläne	3	7.4 Windkraftmaschinen	16
3. Lernziele nach Lernzielgruppen	5	7.5 Verwendung anderer Materialien	18
3.1 Konstruktion des Flügelrads	5	7.6 Allgemeine Hinweise – Antrieb, Arbeitsmaterial	19
3.2 Das Windrad als Antrieb einer Arbeitsmaschine	5	8. Zum Unterricht	19
3.3 Einstellen des Windrads in Windrichtung	5	8.1 Vorwissen	19
4. Informationen über technische Sachverhalte	5	8.2 Entwicklung der Aufgabe	19
4.1 Bauarten von Windkraftmaschinen	6	8.3 Anfangssituation	20
4.2 Windturbine mit vertikaler Achse	8	8.4 Arbeitsaufträge	21
4.3 Windräder mit horizontaler Achse	9	8.5 Zur praktischen Arbeit	21
5. Geschichte des Windrads	10	8.5.1 Konstruktion des Flügelrads	21
6. Windkraftmaschinen in der Gegenwart	12	8.5.2 Bau einer Windkraftmaschine	22
7. Möglichkeiten im Modellbau	13	8.5.3 Bau eines Windrads mit Steuerflosse	23
7.1 Windturbinen	13	9. Auswertung	24
7.2 Windräder	13	10. Realbezug	24

1. Einleitung

Maschinen, die durch Wind- oder Wasserkraft angetrieben werden, sind aus dem heutigen Landschaftsbild fast vollständig verschwunden. Sie werden allenfalls noch als Denkmäler erhalten. Die Diskussion um Kernkraftwerke hat in unseren Tagen die umweltfreundlichen Energiearten des Wassers und des Windes wieder ins Bewußtsein gebracht. Dieses neuerweckte Interesse wirkt bis in die Schule hinein. Wind- und Wasserräder und die von ihnen mit Energie versorgten technischen Einrichtungen, die man zu ihrer Zeit allgemein »Mühlen« nannte, sind interessante Gegenstände einer an der Technik orientierten Unterrichtseinheit, abgesehen davon, daß sie für sozial- und kulturgeschichtliche Betrachtungen äußerst ergiebig sind. An Wind- und Wasserrädern läßt sich anschaulich erleben, wie der Mensch natürliche Energiequellen mit Hilfe von verschiedenartigen Maschinen zum Zwecke der Arbeit in seine Dienste zwingen kann und sich somit Naturkräfte durch technische Einrichtungen zunutze macht, bzw. gemacht hat.

In vielen Lehrplänen wird in unterschiedlichem Zusammenhang und innerhalb unterschiedlicher Rahmenthemen das Thema »Wind- und Wasserräder« angegeben. Häufig taucht es innerhalb des Aufgabenfeldes »Maschine, Mechanismen zum Antreiben« auf, es tritt aber auch als Werkaufgabe innerhalb des Themas »Luft und ihre Eigenschaften« auf. Die folgende Analyse der Lehrpläne soll dies im einzelnen darstellen und die jeweiligen Lernziele nennen.

2. Ziele des Unterrichts – Analyse der Lehrpläne

Innerhalb von Rahmenthemen wird in den Lehrplänen auch das Thema »Antrieb« angesprochen. Häufig werden Antriebe, die sich auf Naturkräfte (Wind, Wasser) zurückführen lassen, angeführt. Dabei weisen die Lernziele einige Gemeinsamkeiten auf, sie sind jedoch unterschiedlich ausdifferenziert und unterschiedlichen Klassenstufen zugeordnet.

Hessen, 4. Schuljahr

Rahmenrichtlinien Primarstufe Sachunterricht, naturwissenschaftlich-technischer Aspekt.

Hier werden unter der Lerneinheit »Einfache Antriebsmechanismen für Maschinen – Wasser und Windräder« zum Thema Windrad folgende Lernziele genannt:

– ein Windrad konstruieren, dessen Achse in der horizontalen Ebene liegt und das durch einen Luftstrom (Blasen) in drehende Bewegung versetzt wird

– aus dünnem Aluminiumblech Flügel konstruieren, auf deren schräg gestellten Flächen der auftreffende Luftstrom abgleiten kann und die das Drehen des Windrades ermöglichen

– eine Vorrichtung bauen, die das Einstellen des Windrades in Windrichtung ermöglicht

– einen waagrechten Träger, an dem das Windrad befestigt ist, auf einer senkrechten Stütze beweglich lagern

– eine Schwanzflosse aus Aluminiumblech formen, auf die der Wind einen Druck ausüben kann und die das Windrad selbständig in Windrichtung einstellt.

Als Möglichkeit der Übertragung werden Windmühlen, Windturbinen, Windräder als Spielzeug; Ventilator und Föhn (umgekehrtes Wirkungsprinzip) aufgeführt.

Niedersachsen, 2. Schuljahr

Rahmenrichtlinien für die Grundschule

Thema: »Wir stellen einfache Antriebsmechanismen her, vergleichen sie und gehen mit ihnen um (z. B. Windrad, Wasserrad)«.

Folgende Lernziele sind beschrieben:

Die Schüler sollen

– einfache Maschinen mit Elementen des Antriebs anhand geeigneter Problemstellungen konstruieren können

– Achsen und Wellen als Teile der drehenden Bewegung beim Konstruieren verwenden können

– den Antrieb durch Naturkräfte als eine andere Möglichkeit kennenlernen, ein technisches System in Bewegung zu halten

– den Antrieb als Mechanismus kennenlernen, der Kraft in das technische System einführt

– verschiedene Antriebsmechanismen miteinander vergleichen können

– Funktionstüchtigkeit und Zweckmäßigkeit der Maschinen im Umgang überprüfen können.

Nordrhein-Westfalen, 3. Schuljahr

Lehrpläne für die Grundschule – Sachunterricht

Das Rahmenthema »Vom Handwerkszeug zur Maschine« enthält das Thema: Antrieb durch Wasser- und Windrad; Warmlufttrud oder -spirale. Vorangegangen ist das Thema: Entwicklung eines Werkzeugs zur Maschine – Beispiel: Hammerwerk.

Schleswig-Holstein, 2. Schuljahr

Lehrplan Technisches Werken, Grundschule und Vorklasse in Schleswig-Holstein

Lerneinheit Mechanik 2.03: Umformung natürlicher Fließbewegungen in nutzbare Drehbewegung. Wir bauen Wind- und Wasserräder zum Antreiben unserer Hammerwerke.

Baden-Württemberg, 2. Schuljahr

Arbeitsanweisungen für die Grundschule – Lehrplan Sachunterricht

Erfahrungsbereich: Luft/Schall, Themenbereich: Luft und einige ihrer Eigenschaften:

Durch Versuche einige Eigenschaften der Luft nachweisen:

Luft kann Dinge bewegen, bremsen und antreiben, z. B. Blätter, Windmühle, Segelschiff, Fallschirm, Drachen.

Bau eines einfachen Windrades oder eines Spielzeugsfallschirms

Beispiele kennenlernen, wie der Mensch den Wind nützen kann; z. B. Windmühle, Segel; Trennvorgänge beim Dreschen von Getreide.

Rheinland-Pfalz – Saarland, 1.-4. Schuljahr

Lehrplan für die Grundschule der Länder Rheinland-Pfalz und Saarland.

Der Lehrplan enthält die Thematik: »Luft und ihre Eigenschaften«. Darin ist u.a. als Ziel enthalten: »Bewegte Luft übt Kraft aus.« Als Werkaufgabe wird das Windrad genannt. Die gesamte Thematik ist den Schuljahren 1 – 4 zugeordnet, wobei »die Konzeption des Lehrplans die Anordnung der Lerninhalte weitgehend im Sinne der Spiralentheorie nahelegt.«

Entsprechend der in den Lehrplänen genannten Lernziele lassen sich drei verschiedene Lernzielgruppen herauslösen:

1. Konstruieren eines Windrades (Flügelrades), das durch einen Luftstrom in drehende Bewegung versetzt wird.

2. Einsetzen des Windrades als Antrieb in eine Arbeitsmaschine (z. B. Winde, Hammerwerk, Säge, Pumpe).

3. Konstruieren einer Vorrichtung, die das Einstellen des Windrades in Windrichtung ermöglicht (zunächst von Hand, später selbsttätig).

Obwohl in den Lehrplänen Wind- und Wasserräder häufig zusammen genannt werden, bleibt der Unterricht übersichtlicher, wenn das Thema »Windrad« von dem Thema »Wasserrad« (zunächst) getrennt wird. Dort wo ein Vergleich der Antriebe durch Wind und Wasser angestrebt wird, können als Abschluß Wind- und Wasserräder eingesetzt werden. Damit ein Vergleich erst möglich wird, empfiehlt es sich, zu den verschiedenen Antrieben gleiche oder zumindest sehr ähnliche Arbeitsmaschinen zu verwenden.

Die durch die drei technischen Probleme charakterisierte Unterrichtseinheit kann ohne Schaden nach jeder Teileinheit abgebrochen werden, ohne daß der Unterricht ohne Abschluß wäre. Diese drei Konstruktionsaufgaben müssen im Unterricht auch nicht in dieser Reihenfolge gelöst werden. Sie müssen den Schülern auch nicht von Anfang an vor Augen stehen und auch nicht im Sinne eines Lehrgangs durchgearbeitet werden. Da der steigende Schwierigkeitsgrad offensichtlich ist, ist es durchaus sinnvoll, die Aufgaben im Sinne der »Spiraltheorie« auf verschiedene Schuljahre zu verteilen.

3. Lernziele der im folgenden beschriebenen Unterrichtseinheit

3.1. Lernzielgruppe 1: Konstruktion des Flügelrades

Die Schüler sollen ein Windrad konstruieren, das durch einen Luftstrom von »vorn« (Blasen, Ventilator, Wind,) in eine drehende Bewegung versetzt wird. Beim Konstruieren und Erproben sollen sie herausfinden:

- Das Windrad dreht sich nur, wenn die Flügelflächen schräg stehen.
- Die Wirkung des Windes hängt vom Anstellwinkel der Flügel ab.
- Die schräg gestellten Flügel müssen richtungsgleich stehen.
- Die Zahl der Flügel ist beliebig.
- Das Windrad dreht sich leichter, wenn das Lager der Achse stabil ist und die Lagerung möglichst wenig klemmt und reibt (reibungsfrei ist).
- Das Windrad dreht sich »am besten«, wenn es so steht, daß der Wind von »vorn« kommt.

3.2 Lernzielgruppe 2: Das Windrad als Antrieb einer Arbeitsmaschine

Die Schüler sollen zu ihrem Windrad eine einfache Arbeitsmaschine (z. B. Winde, Hammerwerk, Säge-

maschine) entwickeln und sie so mit dem Windrad verbinden, daß durch die Drehung des Windrades eine Arbeit verrichtet wird: z. B. Anheben eines kleinen Wägestückes durch eine Seilwinde, Antreiben eines kleinen Hammerwerks.

3.3 Lernzielgruppe 3: Einstellen des Windrades in Windrichtung

Die Schüler sollen eine Vorrichtung entwickeln, die die Einstellung des Windrades in die Windrichtung ermöglicht, ohne daß die »Verankerung im Boden« mitbewegt wird.

Dazu sollen sie

- einen waagrechten Träger (Welle), an dem das Windrad befestigt ist, auf einer senkrechten Stütze beweglich lagern, die Welle mit dem Windrad von Hand drehen, die Drehbarkeit nach allen Richtungen um 360 Grad erproben und eine möglichst reibungsarme Lagerung erzielen.
- eine Steuerflosse (Windleitblech) anbringen, auf die der Wind einen Druck ausüben kann und so das Windrad nach der Art einer Windfahne selbständig in Windrichtung dreht.

4. Informationen über technische Sachverhalte

Der Wind zählt zu den Energiequellen, die der Mensch schon früh in seine Dienste zu nehmen verstand; es gelangen ihm damit technische Erfindungen, die der Fortbewegung dienen (z. B. Segelschiffe), und solche, die eine Arbeitserleichterung erbringen (z. B. Getreidemöhlen).

Der Grund für die relativ frühe Entdeckung solcher Möglichkeiten ist darin zu sehen, daß sich bewegte Luft unmittelbar und ohne großen technischen Aufwand in mechanische Energie umwandeln läßt.

Mit der Erfindung von Dampfmaschinen und Motoren, die mit preisgünstigen fossilen Brennstoffen angetrieben werden konnten, wurden die durch Windkraft angetriebenen technischen Erfindungen zunehmend verdrängt. Dabei spielte ein wesentlicher Nachteil der Windenergie, die örtlich und zeitlich schwankende Verfügbarkeit, eine große Rolle.

Windräder und Windturbinen zählen zu den Kraftmaschinen, deren Aufgabe es ist, eine Energieform in eine andere umzuwandeln.

Andere Kraftmaschinen sind:

Wasserkraftmaschinen (Wasserrad, Wasserturbine)
Wärmeleistungsmaschinen (Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Gasturbinen; Verbrennungsmotoren)
Elektromotoren.

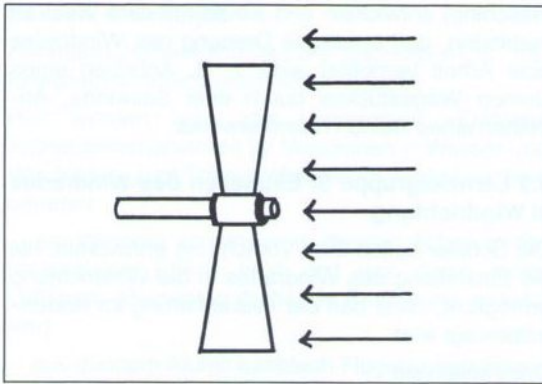


Abb. 1 Windrichtung axial

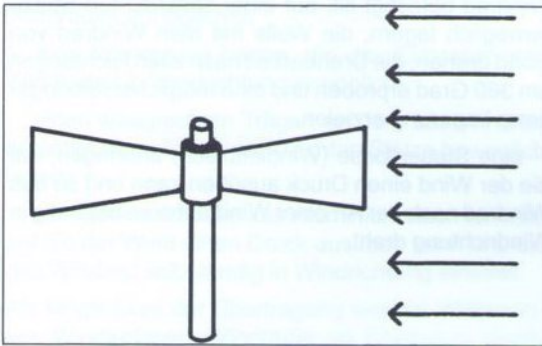


Abb. 2 Windrichtung radial

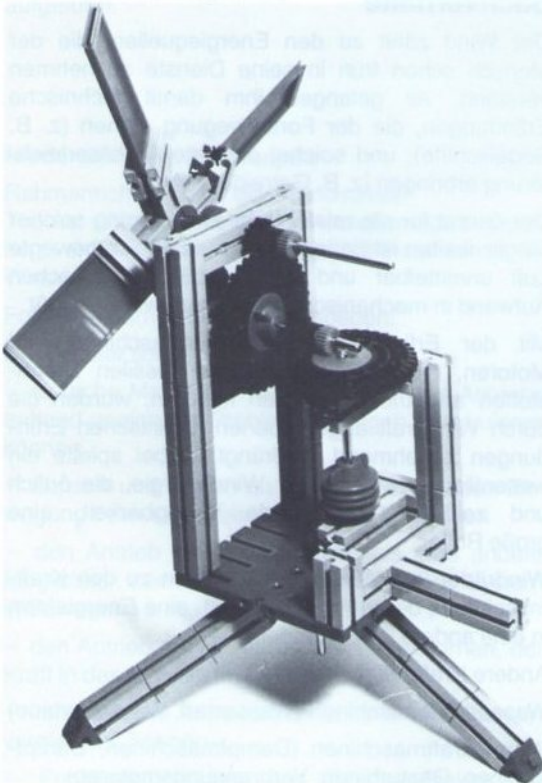


Abb. 3 Modell einer Bockwindmühle

4.1 Bauarten von Windkraftmaschinen

Man unterscheidet zwei grundsätzlich verschiedene Bauarten:

1. Das Windrad: Seine Drehachse steht meist horizontal (waagrecht). Es wird durch eine Luftströmung, die parallel zur Achse auftritt (in der Fachsprache: axial) bewegt (Abb. 1).

Die dem Wind ausgesetzten Flächen bezeichnet man meist als Flügel, das Flügelrad auch als Rotor.

In der technischen Literatur ist es das **Windrad** im eigentlichen Sinn, bekannt durch seine häufigste Funktion als Windmühlenrad von Getreidemühlen.

2. Die Windturbine: Ihre Drehachse steht meist vertikal (senkrecht). Sie wird durch eine Luftströmung, die rechtwinklig zur Achse (radial) verläuft, angetrieben (Abb. 2). Ihre Antriebsflächen bezeichnet man meist als Schaufeln.

Windturbinen arbeiten unabhängig davon, aus welcher Richtung der Wind das Rad durchläuft. Bei den Windrädern ist es dagegen erforderlich, daß die Drehachse parallel zur Windrichtung eingestellt wird.

Bei der Kornmühle geschah dies entweder durch Drehen des ganzen Mühlenhauses (vgl. Abb. 3 u. 4 Bockwindmühle) oder durch Ausrichten des drehbar gebauten Dachs (vgl. Abb. 5, 6, 7 u. 8, Holländische Mühle).

Bei leichteren Ausführungen von Windkraftmaschinen, z. B. bei Schöpfwerken, Bewässerungs- oder Entwässerungsmaschinen, erreichte man und erreicht man auch noch heute eine optimale Ausrichtung der Windräder mit Hilfe von Steuerschwänzen, die wie eine Windfahne vom Wind selbst in eine solche Stellung geschwenkt werden, in der sie ihm den geringsten Widerstand entgegensetzen und somit gleichzeitig das Windrad in den Wind drehen. (vgl. Abb. 45 u. 46).



Abb. 4 Bockwindmühle, drehbares Mühlenhaus



Abb. 5 Holländische Mühle

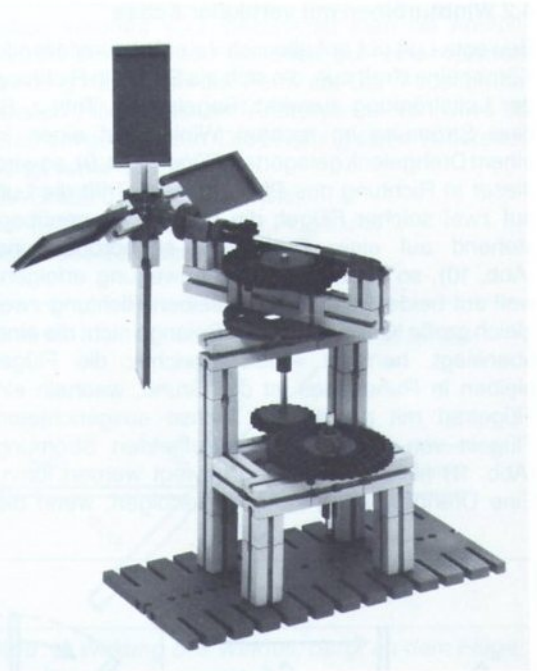


Abb. 7 Modell einer Holländischen Mühle



Abb. 6 Holl. Mühle, drehbares Dach



Abb. 8 Holländische Mühle

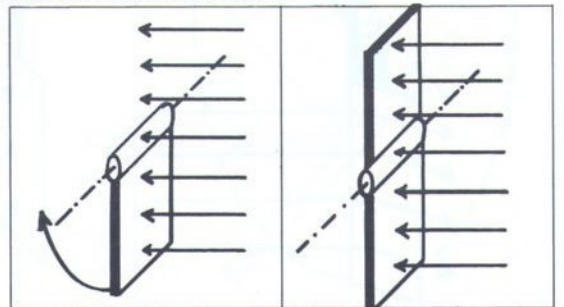


Abb. 9

Abb. 10

4.2 Windturbinen mit vertikaler Achse

Bewegte Luft übt auf alle sich ihr entgegenstellende Körper eine Kraft aus, die sich als Schub in Richtung der Luftströmung auswirkt (Segelschiff). Trifft z. B. eine Strömung im rechten Winkel auf einen in einem Drehgelenk gelagerten Flügel (Abb. 9), so wird dieser in Richtung des Pfeils bewegt. Trifft die Luft auf zwei solcher Flügel, die einander gegenüberstehend auf einer Drehachse angeordnet sind (Abb. 10), so kann keine Drehbewegung erfolgen, weil auf beide Flächen in derselben Richtung zwei gleich große Kräfte einwirken. Solange nicht die eine überwiegt, herrscht »Gleichgewicht«; die Flügel bleiben in Ruhe. Dies ist der Grund, weshalb ein Flügelrad mit parallel zur Achse ausgerichteten Flügeln von einer radial auftreffenden Strömung (Abb. 11) nicht befriedigend bewegt werden kann. Eine Drehbewegung kann nur erfolgen, wenn die

Schubkräfte an zwei sich gegenüberstehenden Flügeln bzw. Schaufeln ungleich sind, was z. B. erreicht wird durch Abdecken einer Radhälfte, so daß die dem Wind entgegenlaufenden Schaufeln vor der Strömung geschützt sind (vgl. Abb. 12) und die Luft nur einseitig auf das Flügelrad trifft; oder durch Klapplügel, die auf der dem Wind entgegenlaufenden Seite wegklappen können (Abb. 13); oder durch die Verwendung schaufelartiger oder abgewinkelter Flügel, wobei auf der einen Seite des Rads ein Luftstau entsteht und damit ein hoher Druck, während auf der anderen Seite die Luft an den Flügeln seitlich abgleitet, was einen geringeren Druck bewirkt (Abb. 14, vgl. auch Abb. 24).

Die beschriebenen Turbinenkonstruktionen finden sich nur bei historischen Maschinen.

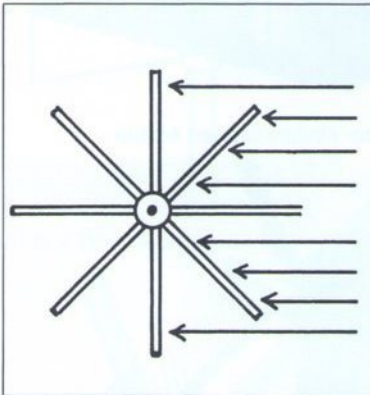


Abb. 11 Keine Drehbewegung

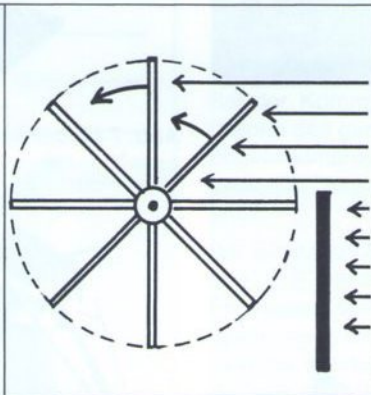


Abb. 12 Windkraft einseitig

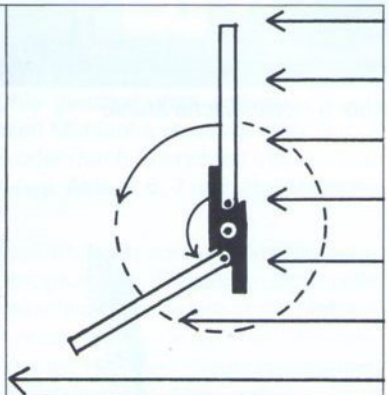


Abb. 13 einseitig durch Klappen

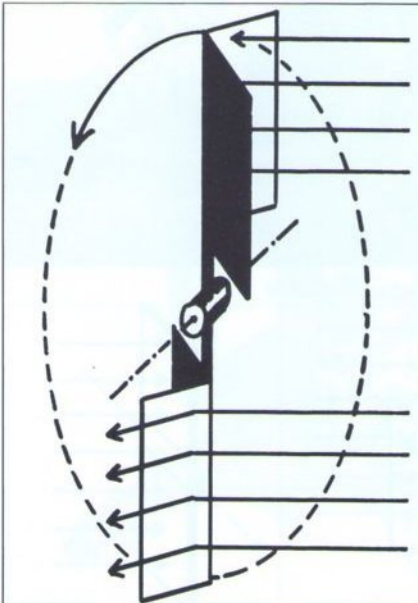


Abb. 14 Hohlschaufeln

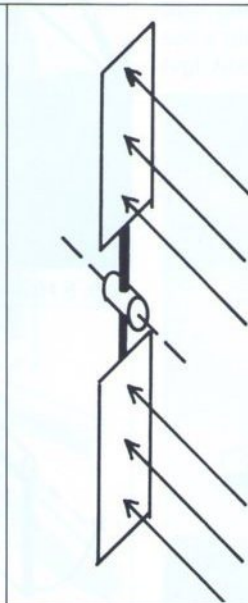


Abb. 15 Keine Drehung

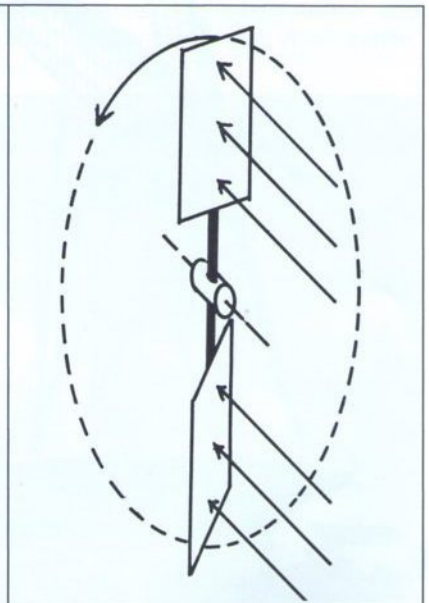


Abb. 16 Flügel verdreht

4.3 Windräder mit horizontaler Achse

Wesentlich einfacher lassen sich Windräder für axiale Luftströmungen konstruieren; für Luftströmungen also, deren Richtung parallel zur Drehachse verläuft.

Bei rechtwinklig zum Wind ausgerichteten Flügeln (Abb. 15) kann zunächst keine Drehbewegung erfolgen, weil der Winddruck beide Flügel in Richtung der Achse mit gleicher Kraft zu verschieben sucht. Ordnet man die Flügel jedoch etwa im Winkel von 30 Grad in derselben Richtung verdreht zur Achse an (Abb. 16), so stellt sich eine kräftige und gleichmäßige Drehbewegung in der Richtung ein, in die die Rückseiten der Flügel weisen.

Die Erklärung hierfür ist in folgendem Sachverhalt zu sehen:

Beim Auftreffen der bewegten Luft auf einen schräg gestellten Flügel gleitet ein Teil der Strömung ab und staut sich an der vorderen Fläche. Hier entsteht ein Überdruck, während sich an der hinteren Fläche aufgrund der relativen Luftverdünnung ein Unterdruck einstellt. (Abb. 17-20).

Somit wirkt auf die Vorderseite (dem Wind zugewandte Seite) ein größerer Druck als auf die Rückseite (Abb. 18). Wäre der schräg gestellte Flügel völlig frei beweglich, so würde er dem Gebiet des Überdrucks ausweichen und sich in das Gebiet der relativen Luftverdünnung bewegen. Der Flügel würde also schräg zur Windrichtung ausweichen (genauer: in Richtung des Pfeils – Abb. 19, dieser Pfeil steht senkrecht zur Flügelfläche).

Da der Flügel aber wegen der Lagerung so nicht ausweichen kann, ergibt sich folgendes: Die auf den Flügel wirkende Kraft läßt sich zerlegen in zwei Komponenten (Abb. 20): Eine Komponente wirkt in Richtung der Welle, sie wirkt als Druck auf das Lager der Welle. Die andere Komponente dreht den Flügel quer zur Windrichtung.

Bei zwei oder mehr um denselben Winkel und in derselben Richtung verdrehten Flügeln addieren sich die Kräfte, so daß das Windrad insgesamt von einer größeren Kraft angetrieben wird.

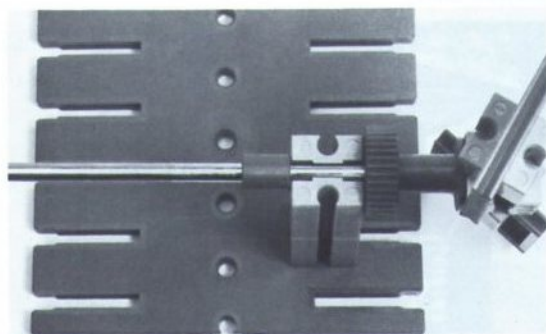


Abb. 17 Flügel direkt von oben gesehen

Den Winkel, um den die Flügel gegenüber der Drehachse verdreht sind, bezeichnet man als Anstellwinkel. Seine Größe im Blick auf eine optimale Wirkung hängt von der Form ab. Bei Modellen mit ebenen Flächen ist ein Anstellwinkel von etwa 30 Grad am günstigsten. Die Leistung eines Windrades hängt somit ab von der Größe des Anstellwinkels, der Größe der Flächen der Flügel und der Größe der Lagerreibung.

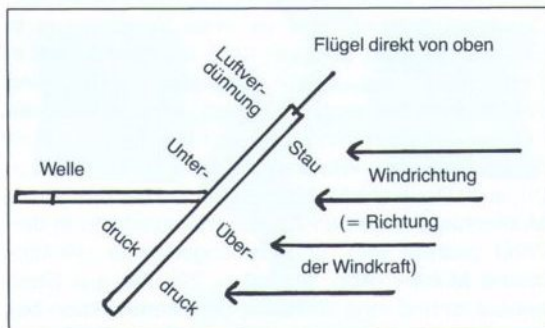


Abb. 18 Wirkung des Windes, darg. an dem Flügel aus Abb. 17

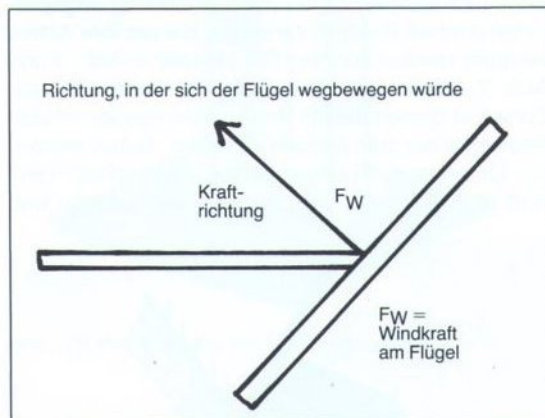


Abb. 19 Richtung der am Flügel wirkenden Kraft

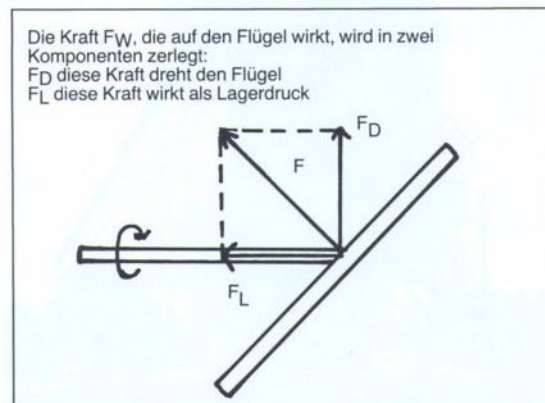


Abb. 20 Kräftezerlegung, nur F_D bewirkt Drehung

5. Geschichte des Windrads

Von den beiden unterschiedlichen Bauformen – Windrad mit waagrechter Achse und Windturbine mit senkrechter Achse – ist die erste vermutlich früher bekannt gewesen. Heron von Alexandrien soll schon um 110 zum Antrieb einer Pumpe für eine Orgel ein Windrad verwendet haben.

Daß Windräder zum Mahlen von Getreide schon vor dem Jahr 1000 existierten, wird vermutet, ist jedoch nicht belegt. Vor den Kreuzzügen war die Windmühle nur bei den Persern und den Arabern nachgewiesen. Urkunden belegen, daß es erste Windmühlen in England um 1320, in Italien 1332, in Holland 1341, in Deutschland um 1390 gab. Nach 1400 sind Windmühlen bekannt, bei denen versucht wird, die Flügel nach dem Wind auszurichten. Es entstehen die beiden Typen »Bockwindmühle« (Abb. 3, 4, 5 u. 21), auch Deutsche Mühle genannt, bei der das ganze Mühlenhaus um einen Zapfen (Königsstock) in den Wind gedreht wird, und die sogenannte »Holländische Mühle« (Abb. 6, 7, 8 u. 22), die aus Stein gebaut ist und eine drehbare Dachkonstruktion besitzt. Damit wird jeweils erreicht, daß die Windflügel in möglichst wirkungsvoller Weise vom Wind durchlaufen werden. Die vier hölzernen Flügel sind mit Segeltuch bespannt oder mit jalousieartig angeordneten dünnen Brettern versehen, die um ihre Achse verdreht werden können. Die Modelle in Abb. 3 und Abb. 7 zeigen das Bauprinzip der beiden Typen. Zunächst dienen die mit Windrädern ausgestatteten Bauwerke nur zum Mahlen von Korn, später werden sie für andere Arbeitsvorgänge eingerichtet. 1562 wird ein Hebezeug zum Fördern von Gestein und



Abb. 21 Bockwindmühle

Wasser erwähnt, 1592 ein Sägewerk, 1648 Pumpwerke, 1722 Zuckerpressen in Westindien. Sie alle behielten den Namen »Mühlen«, wenngleich sie mit »mahlen« nichts zu tun hatten. Es entstanden schließlich Papiermühlen, Pochmühlen, Knochenmühlen, Pulvermühlen, Walkmühlen, Schleifmühlen, Schöpfmühlen, Hammermühlen u. a., hauptsächlich in Holz von Zimmerleuten errichtete Arbeitsmaschinen.

Windturbinen sind als Maschinen zum Schöpfen von Wasser und Mahlen von Korn seit etwa 1450 bekannt.

Die folgenden Abbildungen zeigen Funktionsmodelle von drei verschiedenen historischen Konstruktions-typen, die jeweils dazu abgebildet sind (Abb. 23-28).



Abb. 22 Holländische Mühle, drehbare Dachkonstruktion

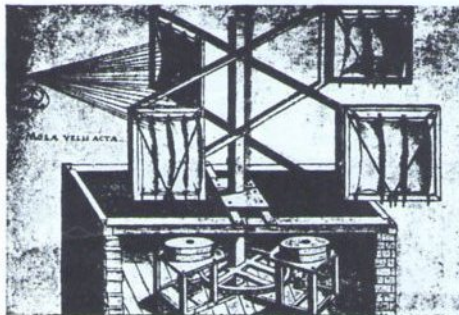


Abb. 23 Historisches Windrad mit Klappschaufeln

Windturbine mit Klappschaufeln (Abb. 23 u. 24)

Die Schaufeln sind in senkrechten Scharnieren in einem Rahmen aufgehängt. Bei einem Luftstrom aus der Richtung des Betrachters wird die linke Schaufel gegen einen Anschlag am Rahmen gedrückt, während sich die drei übrigen Schaufeln parallel zur Windrichtung einstellen können. Damit bietet nur die linke Fläche dem Wind einen Widerstand, so daß das Rad auf der linken Seite eine Schubkraft erfährt, die es im Uhrzeigersinn bewegt. Hat es sich um 90 Grad gedreht, klappt die ursprünglich links stehende Schaufel durch den Winddruck nach hinten, so daß sie keinen Widerstand mehr bietet. Die ursprünglich vorn stehende Schaufel hat sich inzwischen an den Anschlag angelegt und stellt ihre gesamte Fläche dem Wind entgegen, wodurch die Drehbewegung fortgesetzt wird.

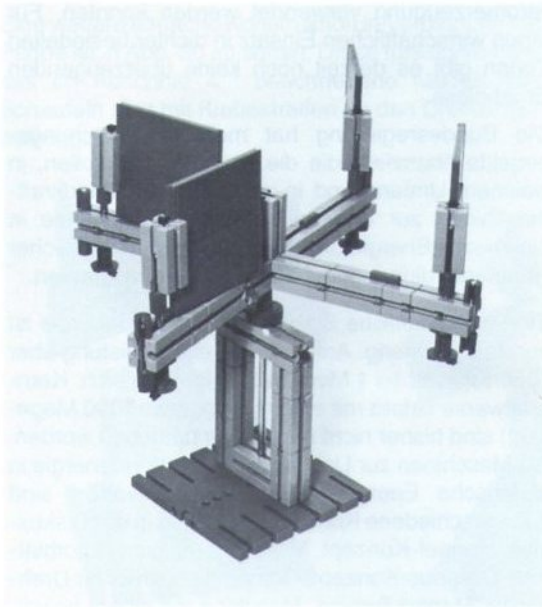


Abb. 24 Windturbine mit Klappschaufeln

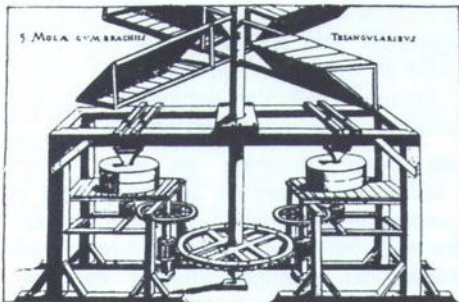


Abb. 25 Historische Windturbine mit Hohl-schaufeln

Windturbine mit Hohl-schaufeln (Abb. 25 u. 26)

Die Abbildung zeigt eine Windturbine mit spitzen Hohl-schaufeln. Bei einer Luftströmung von vorn staut sich die Luft in der linken Schaufel, während die rechte aufgrund der spitz zulaufenden Flächen keinen großen Widerstand bietet. Dadurch erfolgt eine Drehung im Uhrzeigersinn.

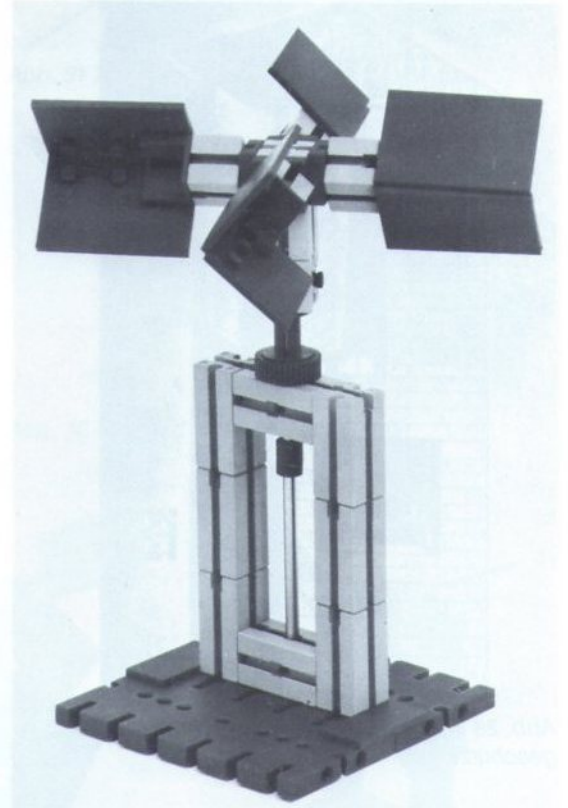


Abb. 26 Windturbine mit Hohl-schaufeln

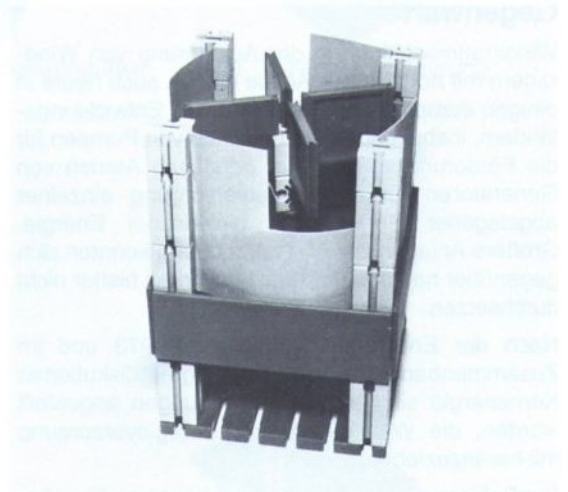


Abb. 27 Windturbine mit Windleitflächen

Windturbine mit Windleitflächen (Abb. 27 u. 28)

Die Abb. 28 stellt eine Windturbine dar, bei der die dem Wind entgegenlaufenden Schaufeln durch Mauern am Turm geschützt sind, während die mit dem Wind laufenden durch entsprechende Aussparungen dem Winddruck ausgesetzt sind.

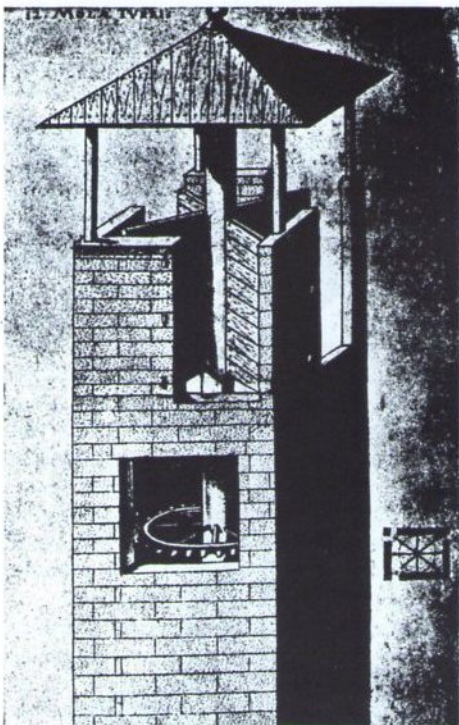


Abb. 28 Windturbine, eine Seite durch Mauer geschützt

6. Windkraftmaschinen in der Gegenwart

Windkraftmaschinen in der Ausführung von Windrädern mit horizontaler Achse gibt es auch heute in einigen europäischen Staaten und in Entwicklungsländern, insbesondere zum Antrieb von Pumpen für die Förderung von Wasser oder zum Antrieb von Generatoren für die Selbstversorgung einzelner abgelegener Gehöfte mit elektrischer Energie. Größere Anlagen zur Stromerzeugung konnten sich gegenüber herkömmlichen Kraftwerken bisher nicht durchsetzen.

Nach der Energiekrise im Herbst 1973 und im Zusammenhang mit der gegenwärtig viel diskutierten Kernenergie sind jedoch Überlegungen angestellt worden, die Windenergie zur Energieversorgung mit heranzuziehen.

Die Befürworter der Windenergie halten es für möglich, durch den Bau von Windkraftmaschinen zum

Antrieb von Generatoren (Windenergiekonverter) auf einen weiteren Ausbau der Kernenergie zu Gunsten einer umweltfreundlicheren und ungefährlicheren Energiegewinnung verzichten zu können.

In der Tat enthält die bewegte Luft eine große Menge Energie. Ein Problem bei der Nutzung ist jedoch, daß mittlere Windgeschwindigkeiten von mehr als 5 m/sec, die zum Betrieb solcher Anlagen günstig wären, im wesentlichen nur an der Küste und in den Mittelgebirgen auftreten und diese Hauptwindgebiete nicht mit den Zonen dichter Besiedlung und damit hohen Energiebedarfs zusammenfallen.

Zwar hat man nachweisen können, daß Windkraftanlagen in schwach besiedelten Gebieten mit weit auseinanderliegenden Verbrauchern bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa 4 m/sec im Jahresdurchschnitt durchaus wirtschaftlich für die Stromerzeugung verwendet werden könnten. Für einen wirtschaftlichen Einsatz in dichter besiedelten Zonen gibt es derzeit noch keine überzeugenden Ergebnisse.

Die Bundesregierung hat mehrere Forschungsprojekte finanziert, die die Frage klären sollen, in welchem Umfang und in welcher Form Windkraftmaschinen zur Umwandlung der Windenergie in elektrische Energie unter Beachtung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen eingesetzt werden könnten.

Eine wirtschaftliche Bewertung der Windenergie ist zur Zeit schwierig. Anlagen von einer Leistung über 1000 Kilowatt (= 1 Megawatt; zum Vergleich: Kernkraftwerke liefern mit einem Block etwa 1000 Megawatt) sind bisher nicht erfolgreich betrieben worden. Als Maschinen zur Umwandlung der Windenergie in elektrische Energie (Windenergiekonverter) sind z.Z. verschiedene Konstruktionstypen in der Diskussion: Honnef-Konzept, Maschine mit acht Rotorblättern; Darrieus-Konzept, Rotor mit senkrechter Drehachse; Mantel-Turbine, Maschine mit einem gewaltigen trichterförmigen Mantel, in dessen Verengung der Rotor liegt;

Hütter-Konzept, Schnellaufmaschine mit nur zwei Rotorblättern.

Im Laufe des Jahres 1979 wird mit dem Bau einer großen Versuchsanlage begonnen werden, die Ende 1980 fertiggestellt sein soll. Von ihrer Leistungsfähigkeit wird es abhängen, ob überhaupt und in welchem Umfang Windkraftmaschinen künftig zur Stromerzeugung mitherangezogen werden.

Wenn sich diese Maschine als wirtschaftlich erweisen sollte, so werden wir in der Zukunft in unserer Landschaft gigantische »Windmühlen« antreffen: Um z. B. mit Wind 3 Megawatt nach dem Hütter-Konzept zu erzeugen, bedarf es einer Maschine mit einem Rotor von 110 m Durchmesser, dessen Drehachse in 70 m Höhe liegt.

7. Möglichkeiten im Modellbau

Mit fischertechnik-Bauelementen können beide Bauarten – das axial angetriebene Windrad und die radial angetriebene Turbine – gebaut werden.

7.1 Windturbinen

Eine sehr einfache Bauform einer Windturbine zeigt die Abb. 29.

Wird eine Seite des Rads z. B. von einem Staubsauger angeblasen, so dreht sich das Rad. Dies entspricht jedoch nicht der Funktion einer Windturbine, sondern eher der einer Wasserturbine. Die Windturbine muß auch laufen, wenn sie zentral angeblasen wird. Dies ist bei diesem Modell nicht der Fall. Es wird jedoch wie bei den historischen Modellen dadurch ermöglicht, daß man die eine Seite des Windrads durch eine Verkleidung schützt (Abb. 27).

Eine weitere einfache Konstruktion in Verbindung mit Pappe ist in Abb. 30 zu sehen. Diese funktioniert wie das im Abschnitt 4.2 beschriebene Modell. Die Schaufeln sind mit Klebestreifen an den Dreharmen befestigt.

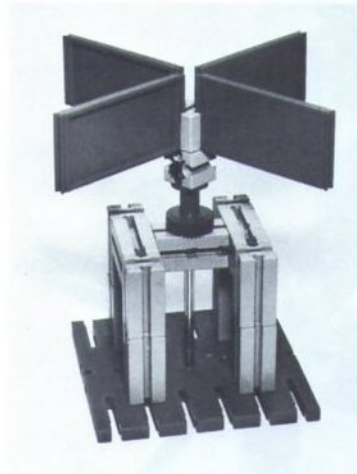


Abb. 29 Modell Windturbine

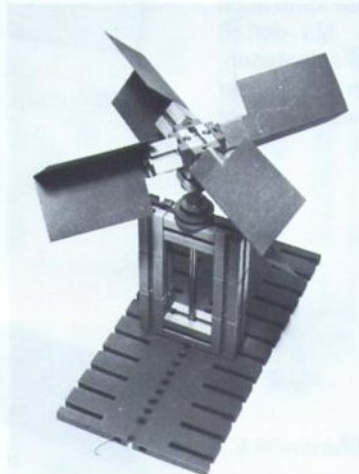


Abb. 30 Windrad-Hohl-schaufeln

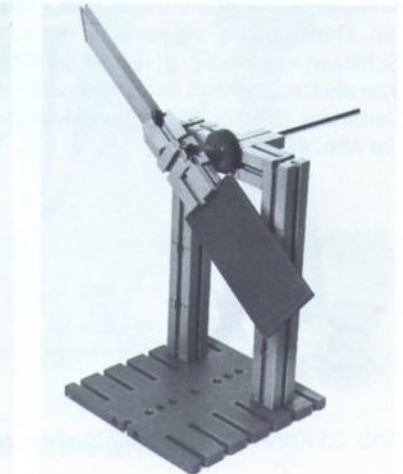


Abb. 32 Windrad-Lagerung

7.2 Windräder

Windräder mit axialem Antrieb sind mit den Bauelementen des Lernbaukastens ebenfalls gut darstellbar. Wegen der schräg zu stellenden Flügel erscheinen die Achsenkreuze auf den ersten Blick etwas kompliziert. Um Drehgelenke zu erhalten, müssen die Bausteine 15 mit einem oder mit zwei roten, runden Zapfen verwendet werden.

Zur Montage auf der Achse verwendet man die Seiltrommel oder die Drehscheibe.

Abb. 31 zeigt ein einfaches, zweiflügliges Windrad: auf dem mittleren Baustein 15 sind zwei Bausteine 15 mit einem runden Zapfen mit Flachbausteinen 30x60 als Flügel befestigt.

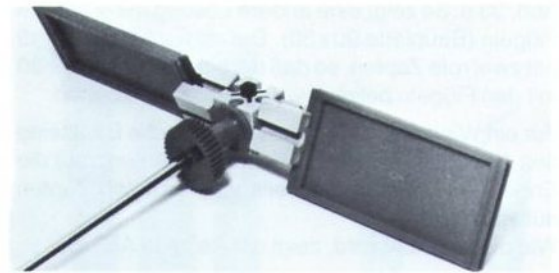


Abb. 31 Zweiflügliges Windrad



Abb. 33 Windrad mit größeren Flügeln



Abb. 34 Windrad

Abb. 33 u. 34 zeigt eine andere Lösung mit größeren Flügeln (Bauplatte 90x30). Der mittlere Baustein 15 hat zwei rote Zapfen, so daß die beiden Bausteine 30 mit den Flügeln beliebig verstellt werden können.

Für ein Windrad mit 4 Flügeln müssen die Bausteine des Achsenkreuzes so angeordnet werden, daß die Enden der vier Arme jeweils einen runden Zapfen aufweisen.

Wie dies erreicht wird, zeigt die Reihe in Abb. 35.

Es werden dabei zwei Steine mit einem und zwei Steine mit zwei runden (roten) Zapfen verwendet.

An diesem Kreuz können nur die vier möglichen Ausführungen von Flügeln (Abb. 36) angesetzt werden. Die Abb. 37 zeigt zwei komplette, vierflügelige Windräder. Für das Modell mit den größeren Flügeln sind Platten aus zwei Kästen erforderlich.

Das Flügelkreuz kann etwas kleiner gehalten werden, wenn man die in den neueren Baukästen enthaltenen Bausteine 5 in der Weise einsetzt, wie es die Abb. 38 u. 39 zeigen. Man braucht für ein vierflügeliges Rad dann jedoch vier Bausteine 15 mit einem runden Zapfen (aus zwei Baukästen).

Anstelle der Seiltrommel und der Kreuze kann auch die Drehscheibe verwendet werden. Mit den 6 Schlitzen kann sie 2, 3, 4 oder 6 Flügel aufnehmen. Wie die Bausteine 15 mit runden Zapfen mit Hilfe der Verbinder 15 an der Scheibe befestigt werden, zeigt die Abb. 40.

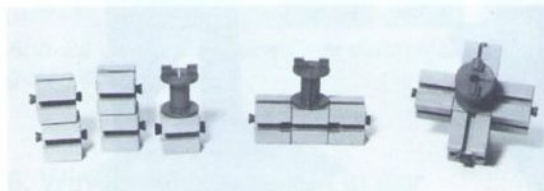


Abb. 35 Konstruktion des Flügelkreuzes

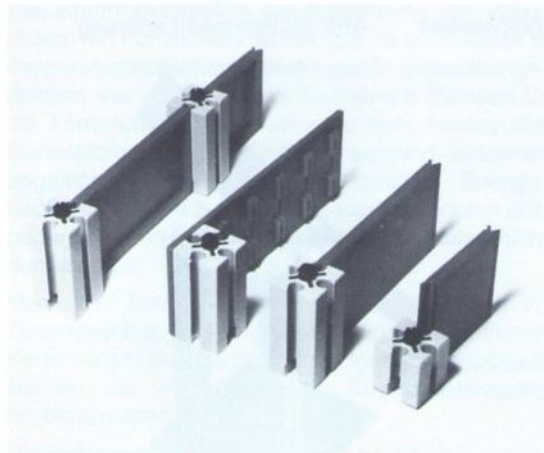


Abb. 36 Verschiedene Flügel

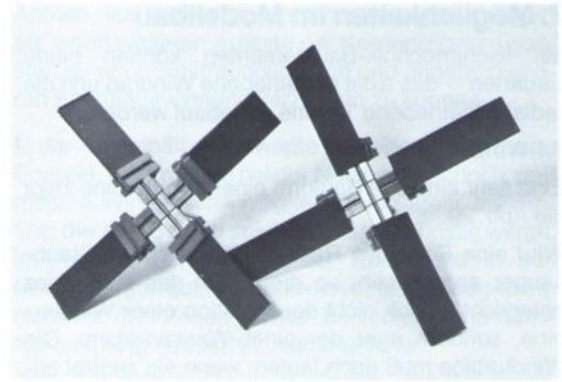


Abb. 37 je vier Flügel drehbar

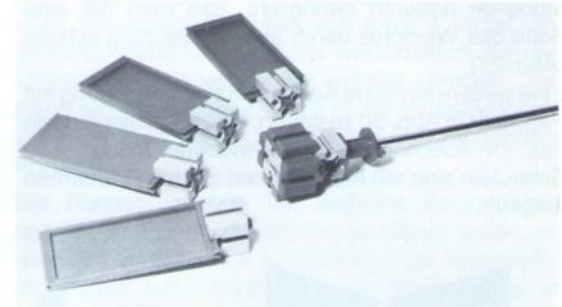


Abb. 38 Aufbau eines Flügelkreuzes

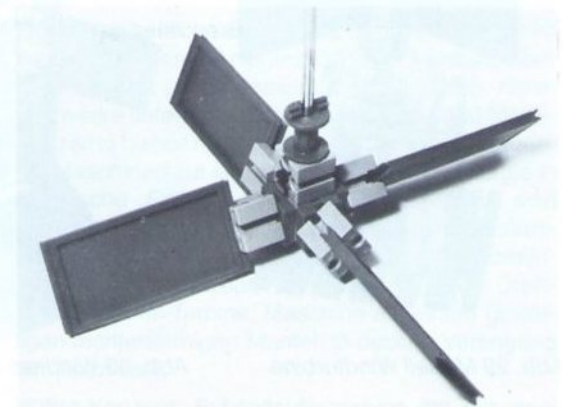


Abb. 39 Flügelrad (vgl. Abb. 38) zusammengesetzt



Abb. 40 Flügelrad mit Drehscheibe

Die bereits vorgestellten Flügel können hier in gleicher Weise befestigt und beliebig schräg gestellt werden.

Eine andere Lösung zeigt die Abb. 41. Hier werden Winkelsteine eingesetzt, um die Schrägstellung zu erreichen. Damit läßt sich ein sehr stabiles drei-, vier- oder sechsflügeliges Rad aufbauen (Abb. 42).

Wichtig für einen leichten Lauf der Windräder ist außer der Schrägstellung und Größe der Flügelflächen eine geringe Lagerreibung. Hierzu ist ein stabiles Gestell mit exakt fluchtenden Lagern erforderlich. Abb. 43 zeigt Lagerböcke, die eine stabile Lagerung ohne Verkanten ermöglichen. Da der Wind das Rad gegen das Gestell drückt, ist es günstig, z. B. eine Klemmbuchse oder besser eine Seilrolle quasi als Gleitlager zwischen Gestell und Flügelkreuz auf die Welle zu schieben (Abb. 44).



Abb. 43 Stabile Lagerböcke



Abb. 41 Flügelrad m. Drehscheibe u. Winkelsteinen

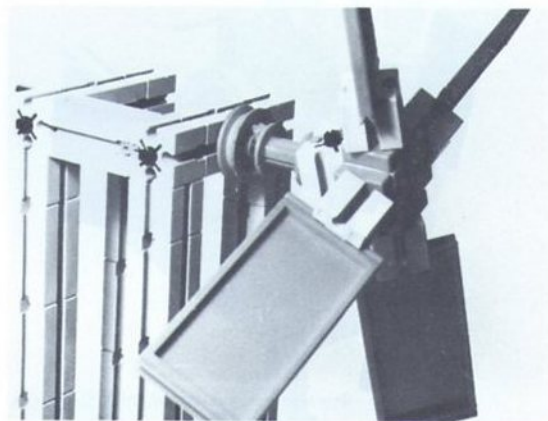


Abb. 44 Seilrolle als »Gleitlager«

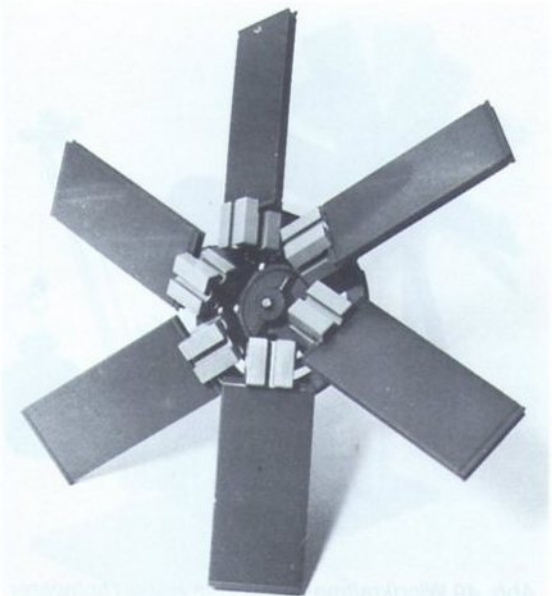


Abb. 42 Flügelrad mit sechs Flügeln

7.3 Windräder mit Steuerflosse

Modelle, die ein selbsttätiges Einschwenken des Windrads rechtwinklig zum Wind bei wechselnder Windrichtung veranschaulichen, zeigen die Abb. 45 u. 46. Sie sind beide mit einem zweiflügligen Windrad ausgestattet und können mit den Bauteilen eines Baukastens gebaut werden. Wichtig dabei ist, daß der Drehpunkt des Gestells zusammen mit den Flügeln und der Flosse so gelegt ist, daß sich bei einer Unterstützung an dieser Stelle der gesamte obere Teil des Modells im Gleichgewicht befindet und nicht kopf- oder hecklastig ist, weil sonst die Reibung am Drehzapfen zu groß wäre für ein selbsttätiges Einpendeln in den Wind.

Will man ein vierflügliges Windrad wie in Abb. 37 einsetzen, dann muß der Hebelarm mit der Schwanzflosse durch den Anbau von weiteren Bauplatten oder Bausteinen beschwert werden.



Abb. 45 Windrad mit Steuerflosse



Abb. 46 Windrad mit Steuerflosse

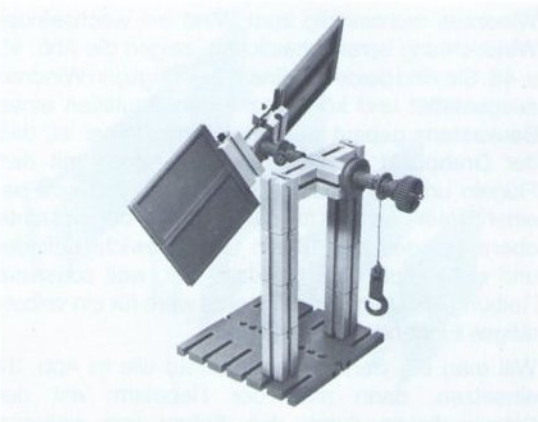


Abb. 47 Windrad mit einfacher Seilwinde

7.4 Modelle von Windkraftmaschinen

Windkraft-Hebezeug (Abb. 47)

Auf der Welle des zweiflügligen Windrads ist eine Seiltrommel montiert, mit der beim Drehen des Windrads ein Hubseil hochgezogen werden kann.

Windkraft-Hebezeug mit vierflügligem Windrad (Abb. 48)

Aufgrund einer Zahnradübersetzung ins Langsame im Verhältnis 4:1 dreht sich die Seiltrommel viermal langsamer als die Windradwelle; dadurch wird die Drehkraft der Seiltrommelwelle viermal größer als die der Windradwelle.

Windkraftmaschine zum Heben schwerer Lasten (Abb. 49)

Die Drehbewegung des sechsflügligen Windrads wird durch ein Stufengetriebe mit einer Übersetzung ins Langsame im Verhältnis 16:1 auf die Seiltrommelwelle übertragen. Die Kraft, mit der sich diese Welle dreht, ist 16 mal größer als die der Windradwelle.

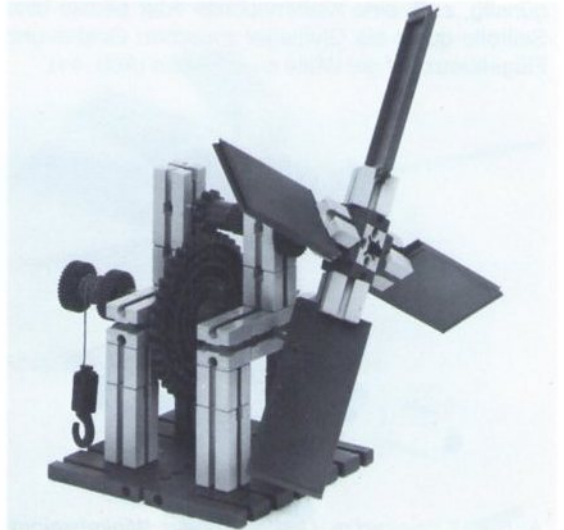


Abb. 48 Windkraft-Hebezeug

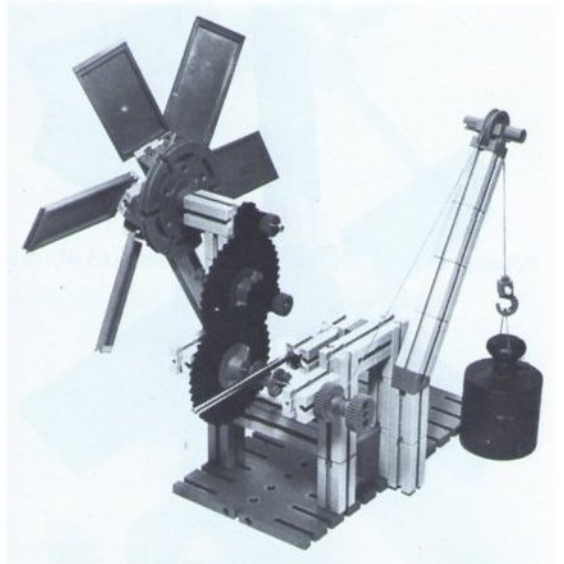


Abb. 49 Windkraftmaschine zum Heben schwerer Lasten

Zum Absenken des Hakens kann die Seiltrommelwelle mit dem großen Zahnrad nach rechts verschoben (ausgerückt) werden, so daß sie frei gedreht werden kann.

Windkraft-Sägemaschine (Abb. 50)

Die Drehbewegung des vierflügligen Windrads wird mit einer Übersetzung ins Langsame im Verhältnis 4:1 auf ein Zahnrad Z 40 übertragen, das als Kurbelscheibe dient. Die Drehbewegung dieser Kurbelscheibe wird durch eine exzentrisch gelagerte Stange (Pleuel) in eine hin- und hergehende Schubbewegung verwandelt.

Windkraft-Pumpwerk (Abb. 51)

Die Drehbewegung des sechsflügligen Windrads wird wie bei Abb. 50 in eine Schubbewegung verwandelt.

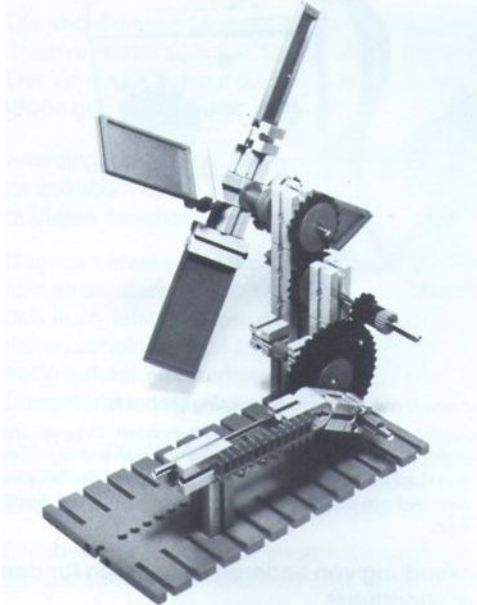


Abb. 50 Windkraft-Sägemaschine

Windkraft-Hammerwerk (Abb. 52)

Die Drehbewegung des Windrads wird mit einer Übersetzung ins Langsame im Verhältnis von 4:1 auf eine Nockenscheibe übertragen, die einen Hammer hebt und senkt.

Windmühle mit Mahlsteinen (Abb. 53)

Die Drehbewegung der horizontalen Windradwelle wird durch Kegelräder vertikal nach unten geleitet und mit Hilfe eines Zahnrads Z 10 auf ein Zahnrad Z 40 übertragen. Die Mahlsteine sind durch zwei Drehscheiben dargestellt, wobei die untere feststeht, die obere mit dem Zahnrad Z 40 verbunden ist, und sich daher im Vergleich zur Windradwelle viermal langsamer dreht.

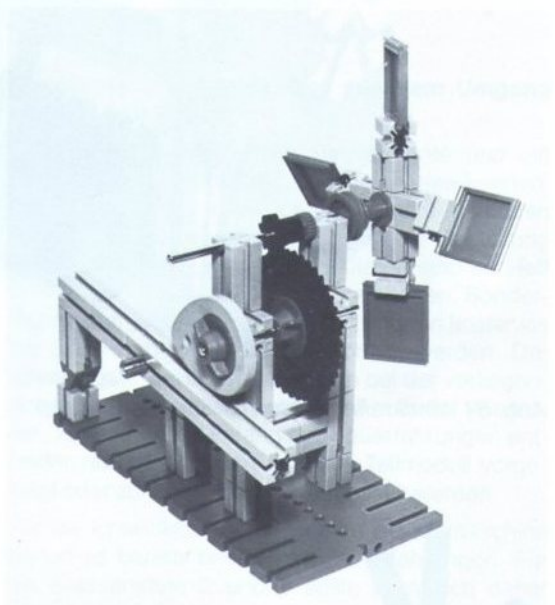


Abb. 52 Windkraft-Hammerwerk

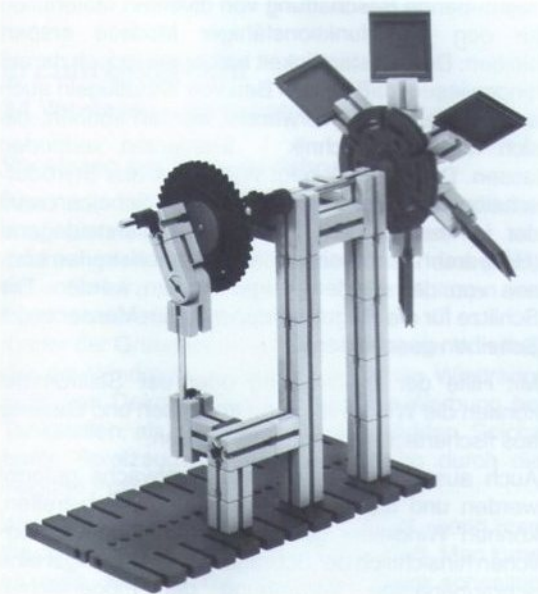


Abb. 51 Windkraft-Pumpwerk



Abb. 53 Windmühle mit »Mahlsteinen«

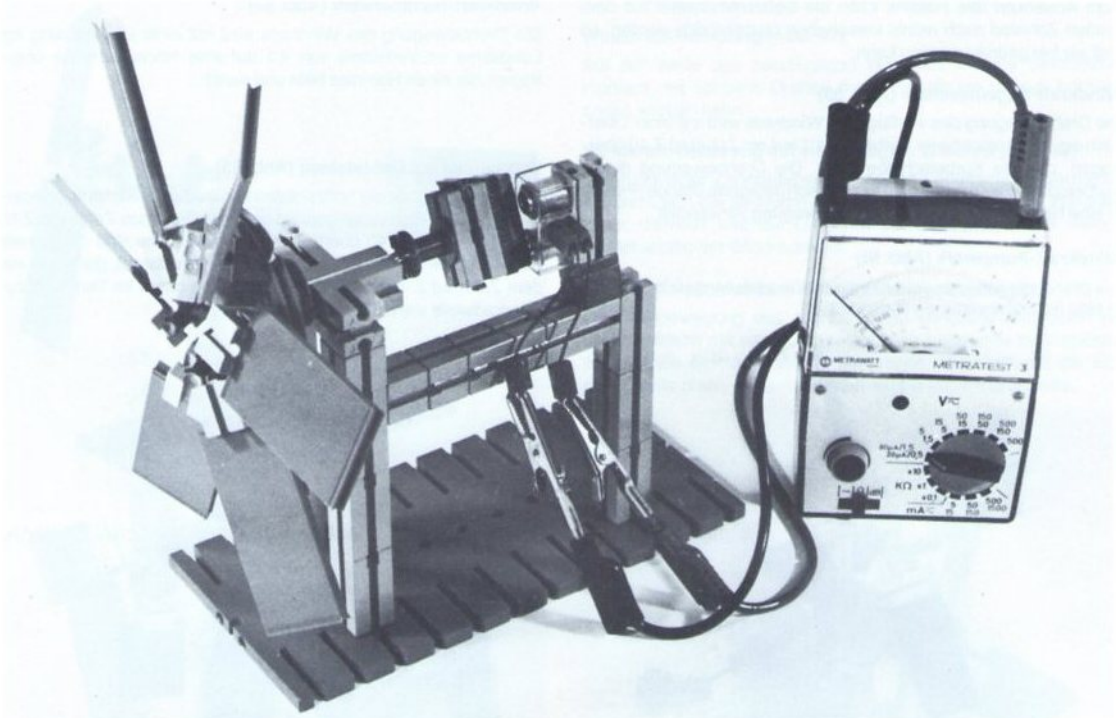


Abb. 54 Windkraftmaschine für Stromerzeugung

Windkraftmaschine für Stromerzeugung (Abb. 54)

Der Generator besteht aus einer feststehenden Doppelspule (fischertechnik-Elektromagnet) und einem Permanentmagneten, der mit hoher Geschwindigkeit in geringem Abstand zu den Spulenkernen rotiert. Bei günstiger Luftströmung wird etwa 0,1 Volt Spannung erzeugt.

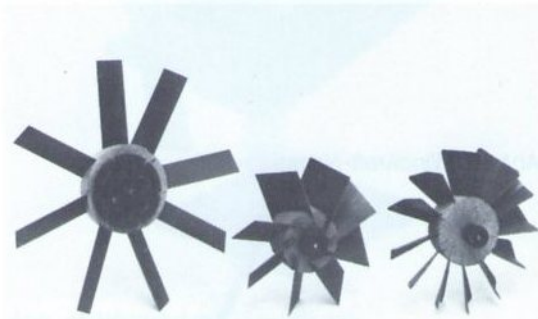


Abb. 55 Windräder aus Styrodurscheiben

7.5 Verwendung von anderen Materialien für den Bau der Windflügel

Mit dem Einsatz des Baukastens soll dem Lehrer die zeitraubende Beschaffung von diversen Materialien für den Bau funktionsfähiger Modelle erspart bleiben. Der Vollständigkeit halber sei jedoch darauf hingewiesen, daß für den Bau von Windflügeln auch andere Materialien verwendet werden können, die sich mit fischertechnik – Elementen verbinden lassen. Die Abb. 55 zeigt Windräder aus Styrodurscheiben und Polystyrolstreifen. Die Scheiben muß der Lehrer mit dem Styropor-Kreisschneidegerät (Hitzedraht) vorbereiten; die Kunststoffstreifen können von den Kindern zugeschnitten werden. Die Schlitze für die Flügel werden mit dem Messer in die Scheiben geschnitten.



Abb. 56 Flügel aus Alu-Blech

Mit Hilfe der Drehscheibe oder der Seiltrommel können die Windräder dann in Achsen und Gestelle aus fischertechnik eingesetzt werden.

Auch aus Scheiben, die aus Knetwachs geformt werden und darin eingesetzten Alu-Blechstreifen, können Windräder gebaut werden. Diese ermöglichen hinsichtlich der Schrägstellung der Flügel eine schraubenartige Verdrehung der Flügelflächen (Abb. 56).

7.6 Arbeitsmaterial – Antrieb der Modelle

Mit den Lernbaukästen können gut funktionierende Modelle gebaut werden, so daß keine weiteren Baumaterialien erforderlich sind (vgl. jedoch Abschnitt 7.5).

Zur Erzeugung von Wind eignen sich am besten mehrere, an verschiedenen Stellen aufgestellte Tischventilatoren, die die Schüler z.T. sicher selbst mitbringen können. Damit haben sie dann die Möglichkeit, ihre Modelle rasch an einem freien Platz erproben zu können, ohne daß unnötige Wartezeiten oder gar Streitigkeiten entstehen.

Die abgebildeten Modelle lassen sich alle mit einem Tischventilator üblicher Größe (Abb. 65) antreiben. Der Ventilator bewegt die Luft in einer für die Modellgröße günstigen Front.

Allerdings muß der Lehrer mit Hilfe von Verlängerungskabeln und Tischsteckdosen für einen zweckmäßigen Anschluß ans Netz sorgen.

Dagegen erzeugt ein Staubsauger durch das Abluftrohr einen stark gebündelten Luftstrom, der bewirkt, daß auch falsch konstruierte Windräder zu funktionieren scheinen, weil u. U. die Schubkräfte nur einseitig auf das Rad wirken wie bei einer Wasser- oder Dampfturbine (vgl. S. 8 Windturbinen).

Die Wirkung ist dann der Situation in der Wirklichkeit angemessen, wenn der Staubsauger in größerer Entfernung vom Windrad aufgestellt wird.

Staubsauger eignen sich wegen des stark gebündelten Luftstroms am Abluftrohr und wegen der lauten Geräusche für Unterrichtszwecke weniger gut.

8. Zum Unterricht

8.1 Vorwissen – Vorkenntnisse

Vorwissen aus Umwelterfahrung

Wind und strömendes Wasser sind anschauliche, erlebnisstarke Naturkräfte. Sie spielen in der Erfahrungswelt und Spielwelt der Kinder eine große Rolle. So ist z. B. das Windrad in allen Kulturen und Epochen ein beliebtes Spielzeug.

Kinder der Grundschule wissen, daß es der Wind ist, der die Windräder antreibt. Sie kennen Windräder z. B. von Dekorationen und von der Werbung bei Tankstellen, als Spielzeug von Jahrmärkten. Solche bunte Spielzeugwindräder lassen sich durch die »eigene Puste« in Bewegung versetzen.

Wind zum Antreiben wird auch erzeugt, wenn man mit dem Windrad »gegen den Wind« läuft. Man kann es auch ans Fahrrad montieren. Beim schnellen Fahren dreht es dann der »Fahrtwind«. Beim

schnellen Drehen um die eigene Körperachse wird das Windrad auch bewegt, sofern es »richtig« (d. h. hier gegen den Wind) gehalten wird. In Gärten sind manchmal Windräder zu sehen, die sich durch die Windfahne (Steuerflosse) selbsttätig in den Wind stellen. Wetterfahnen (z. B. auf Kirchen) zeigen die Windrichtung an, weil der Wind einen Druck auf die Flosse ausübt und dadurch die Wetterfahne dreht. Von Bildern, von Berichten im Fernsehen oder von Urlaubsreisen kennen sie manchmal auch historische Windmühlen. Wind ist nicht nur eine natürlich vorkommende Luftbewegung, Wind kann auch durch Fächer, Ventilator, Föhn oder Staubsauger erzeugt werden.

Erforderliche Vorkenntnisse aus dem Umgang mit dem Lernbaukasten

Die Schüler sollten einige Bauelemente und die Verbindungstechniken der Grundelemente kennen; also z. B. bereits Wägelchen mit leicht laufenden Rädern gebaut haben. Anregungen zur Gestaltung des Erstumgangs mit den Baukästen sind im Heft 3/76 Forum technische Bildung enthalten. Sonderdrucke stehen zur Verfügung und können kostenlos bei den Fischer-Werken angefordert werden. Der schwierigste Teil der Konstruktion bei der vorliegenden Unterrichtseinheit, das Flügelkreuz der Windräder, kann je nach Umfang der Bauverfahren entweder nur beschrieben oder als Teilmodell vorgezeigt oder zum Nachbauen ausgestellt werden.

Für die Entwicklung einer kleinen Arbeitsmaschine bedarf es bereits umfassenderer Erfahrungen. Für die Klassenstufe 2 und 3 sollte man sich daher darauf beschränken, lediglich eine Seiltrommel mit Schnur und Haken unmittelbar auf die Windradwelle zu setzen.

Sind nach vorangegangenen anderen Arbeiten mit dem Lernbaukasten größere Erfahrungen vorhanden, wie sie z. B. nach dem Bau von Fahrzeugen mit Lenkung, diversen Maschinchen mit Kurbelantrieb oder einfachen Kränen vorliegen, so können durchaus bewegungsumformende oder kraftübertragende Maschinenelemente angebaut werden, und z. B. übersetzte Seilwinden, Hammerwerke, Pumpmaschinen u. a. (vgl. Abb. 50 ff) konstruiert werden.

8.2 Entwicklung der Aufgabe

Auf seine Erlebnisse und anschaulichen Erfahrungen gestützt soll der Schüler lernen, wie sich der Mensch die Naturkraft des Windes durch technische Erfindungen zunutze gemacht hat. Damit diese Einsicht kreativ entwickelt werden kann, erscheint es günstig, in einem Gespräch vor dem eigentlichen Arbeitsauftrag von Fragestellungen auszugehen, wie sie damals den Erfindern von Windkraftmaschinen auch vorgelegen haben.

Bekannt war – und ist es auch den Kindern – daß Wind zur Fortbewegung (Segelboote, Schiffe, Segelwagen) dienlich sein kann. Da eine Reihe von Arbeitsvorgängen durch eine Drehbewegung ausgeführt werden kann (damals z. B. das Mahlen von Korn mit sich aufeinander drehenden Steinen oder das Hochziehen eines Schöpfeimers mit einem Haspelrad), war von Interesse, zu untersuchen, ob eine geradlinig fortschreitende Luftströmung nicht in eine kontinuierliche Drehbewegung umgewandelt werden könnte, um eine Kraft zu erhalten, mit der z. B. Mühlsteine bewegt und Schöpfeimer gehoben werden könnten.

Diese Problemstellung ist auch auf das Unterrichtsvorhaben übertragbar. Da jedoch Mühlsteine oder Schöpfeimer und die im Zusammenhang damit erforderlichen Arbeitsabläufe den Kindern heute weitgehend unbekannt sein werden, sollte bei der Aufgabenstellung von anderen, den Kindern einleuchtenderen Problemstellungen ausgegangen werden.

Hier kann folgende Überlegung helfen: Drehbewegungen sind an vielen Geräten und Maschinen zu beobachten:

Im Haushalt: beim Mixer, Plattenspieler, bei der Brotschneidemaschine, Waschmaschine, Wäscheschleuder, Kaffeemühle.

In der Werkstatt: beim Bohren mit der Handbohrmaschine oder der elektrischen Bohrmaschine, bei der Schleifmaschine für Werkzeuge, Messer, Scheren . . . , bei der Kreissäge.

Auf Jahrmärkten: Karussell . . .

Auf Baustellen: Betonmischer, Seiltrommeln bei Kränen, Seilwinden; Fördermaschinen (Bergwerk).

Drehbewegungen werden also sehr häufig benötigt, um die Arbeit zu verrichten und zu erleichtern. Es ist deshalb sinnvoll nach einer Möglichkeit zu suchen, die Kraft des Windes zu nutzen und sie zur Erzeugung einer Drehbewegung zu verwenden.

8.3 Vorschläge für Anfangssituationen (Klasse 2-3)

Ihr wißt, daß die Menschen viele Dinge erfunden haben, um sich das Leben bequemer und die Arbeit leichter zu machen.

Nennt Beispiele für solche Erfindungen!

Heute gibt es viele Maschinen, die dem Menschen die Arbeit abnehmen, z. B.:

Sägemaschine, Kaffeemühle, Staubsauger, Bagger, Kräne, Lastautos.

Um die Maschinen anzutreiben, braucht man etwas, was Kraft erzeugt, z.B. Automotor, Strom . . .

Früher hatte man noch keine Motoren und keinen Strom; trotzdem hatten die Menschen schon Maschinen, z. B. große Mühlen.

Wißt ihr, wie diese angetrieben wurden?

Vom Wasser und vom Wind.

Wie das z. B. mit dem Wind vor sich ging, sollt ihr nun erfahren.

Der Lehrer zeigt ein Windrad (Kinderspielzeug) vor. Die Schüler werden aufgefordert, zu berichten, was sie darüber wissen:

Wo findet man solche Windräder?

Was kann man tun, daß sich das Windrad dreht?

– In den Wind halten, mit Ventilator oder der eigenen »Puste« anblasen, in der Hand halten und mit ausgestrecktem Arm laufen oder sich damit schnell drehen –

Wo findet man noch Windräder? – vgl. Vorwissen.

Anmerkung:

Diese Möglichkeiten des Antreibens sind dann auch die Prüfverfahren. Zumindest sollten sich die selbst gebauten Windräder durch eine dieser Möglichkeiten antreiben lassen.

Mit einem solchen Spielzeugwindrad kann man natürlich nichts Großes in Bewegung setzen. Dazu müßte man festeres Material verwenden, wie z. B. die Teile aus eurem Baukasten.

Vorschläge für Anfangssituationen (Klasse 4)

Wir haben schon einmal über den elektrischen Strom gesprochen. Ihr wißt daher noch, daß es verschiedene Stromquellen gibt, z. B. Batterien, Akkus, Dynamos am Fahrrad und riesige Dynamos in Kraftwerken, die man Generatoren nennt und die den elektrischen Strom für unsere Fabriken und Wohnungen erzeugen. Das funktioniert ähnlich wie beim Fahrraddynamo.

(Ein Fahrrad mit Dynamo demonstrieren)

Der Dynamo hat ein Rädchen, das schnell gedreht werden muß, damit Strom erzeugt wird. Ebenso ist es bei einem großen Generator.

Die Techniker versuchen auf alle möglichen Weisen, mit Maschinen diese Drehbewegung zu erzeugen, um die Generatoren anzutreiben, z. B.

mit Motoren, wie wir sie bei den Traktoren und Lastwagen haben;

mit Wasserdampf, der ein Schaufelrad antreibt, mit Wasser, das mit hohem Druck auf ein Turbinenrad gelenkt wird.

Weil viele dieser Maschinen gefährliche Abgase und Schmutz verursachen, untersucht man heute, ob man nicht mit Wind Drehbewegungen erzeugen könnte, um Generatoren für die Stromversorgung anzutreiben.

Tatsächlich kann der Wind große Kräfte erzeugen, wie das ja von den Segelschiffen her bekannt ist. Das Problem ist nur, wie man diese Kräfte in Drehbewegungen umwandeln kann.

Dies Problem sollt ihr heute selbst zu lösen versuchen.

Anmerkung:

Um die Schüler auf den Arbeitsauftrag weiter vorzubereiten, ist im Anschluß an das Gespräch das Windrad in Betrieb zu nehmen. Das Anblasen geschieht am zweckmäßigsten mit dem Ventilator («Damit ich nicht ständig blasen muß, benutze ich den Ventilator»). Bei dieser Demonstration ist insbesondere zu klären, woher der Wind kommen muß, damit das Windrad »am besten« läuft (von vorn; Windräder, die Turbinen ähnlich sehen, sind für diese Demonstration nicht geeignet, da sie sich auch beim Anblasen aus andern Richtungen drehen. – vgl. Sachinformation –). Durch eine Skizze kann dies auch verdeutlicht und festgehalten werden.

»Was kann (muß) man tun, damit sich das Windrad am besten dreht?«

Die Behandlung dieser weitergehenden Frage wird meist nicht in dieser Vorbesprechung erfolgen, sondern erst später bei der Phase »Überprüfen/Auswerten-Verbessern«. Dann erst haben die Schüler die nötigen Erfahrungen, um auf diese Fragestellung eingehen zu können.

Nach dieser Vorbereitung können die Arbeitsaufträge gegeben werden.

Alternativ-Vorschlag zur Anfangssituation

Das Gespräch über Windräder zur Aktivierung des Vorwissens kann auch dadurch ausgelöst werden, daß den Schülern durch Projektion Bilder von Windmühlen gezeigt werden. Sie werden aufgefordert, zu erzählen, was sie von Windmühlen und Windrädern wissen.

8.4 Arbeitsaufträge

1. Baut ein Windrad mit zwei oder mehr Flügeln und setzt es auf eine Achse.
2. Baut ein stabiles Gestell für Windrad und Achse und sorgt dafür, daß sich das Windrad darin leicht drehen kann.
3. Haltet das Modell schließlich in den Luftstrom eines Ventilators und beobachtet, was geschieht.
4. Wenn sich das Windrad nicht oder zu wenig dreht, dann versucht, die Ursache (den Grund) zu finden und euer Modell zu verbessern.

8.5 Zur praktischen Arbeit

8.5.1 Konstruktion des Flügelrads

Sofern genügend Zeit zur Verfügung steht, kann man die Kinder zunächst frei planen und bauen lassen. Als Hilfen kann auf die Möglichkeiten verwiesen werden, Drehscheiben, Seiltrommeln und Flachbausteine zu verwenden.

In einer solchen ersten Phase wird es wahrscheinlich keinem Kind gelingen, ein funktionsfähiges Windrad zu bauen. Die Schrägstellung der Flügel wird, wenn sie von den Kindern überhaupt bewußt angestrebt wird, meist nur mit Hilfe der Winkelbausteine versucht.

Bei der Erprobung zeigt sich dann, daß die Modelle nicht oder nur bei einseitigem Anblasen funktionieren. Wenn die Schüler nicht von selbst vermuten oder erkennen, daß die Flügel schräg stehen müssen, so kann mit Hilfe eines einfachen Experiments die entstandene Ratlosigkeit sicher teilweise beseitigt werden.

Der Lehrer stellt z. B. ein Modell wie in Abb. 32 vor, dessen Flügel jedoch alle in einer Ebene senkrecht zur Windrichtung verdreht sind. Beim Anblasen dreht sich das Rad nicht. Ähnlich verhält es sich mit einem Segelwagen, den der Lehrer aus Bauelementen wie in Abb. 57 aufbauen kann. Als Segel dient der Kastendeckel. Wenn der Deckel rechtwinklig zur Windrichtung gestellt ist, bewegt sich der Wagen nicht, allenfalls fällt er um.

Bei dem Versuch wird der Kastendeckel mit einem der vier Flügel gleichgesetzt; es ist daraus zu ersehen, daß der Wind nur einen Druck gegen den Flügel ausübt, ohne ihn zu bewegen.

Stellt man nun den Deckel schräg gegen den Wind, (Abb. 58), so fährt der Wagen erstaunlicherweise quer zur Windrichtung davon.

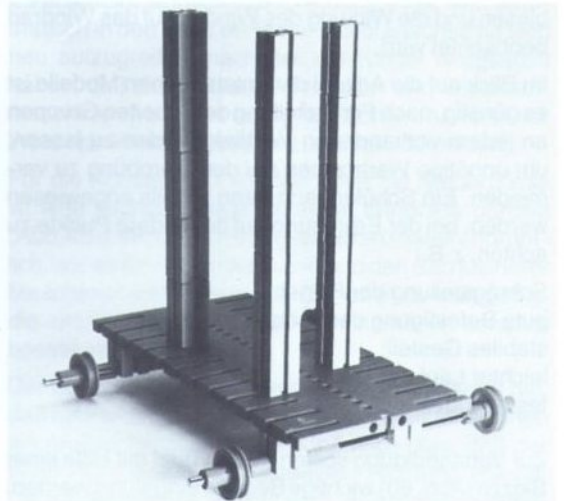


Abb. 57 Segelwagen zur Verdeutlichung der Windkraft und der Kraftrichtung

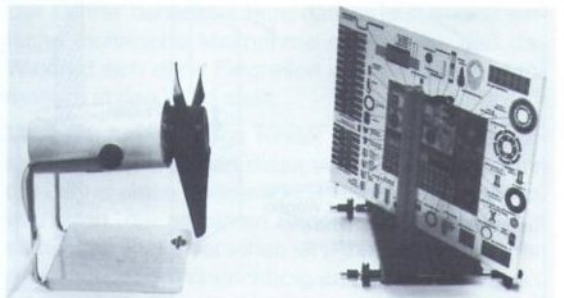


Abb. 58 Segelwagen mit »Segel« (Deckel des Baukastens)

Es dürfte nicht sehr schwierig sein, diese Erfahrung nun auf die Stellung der Windflügel zu übertragen, die sich nach der Seite weg drehen müssen, um eine Drehbewegung zu erhalten.

Mit einer geeigneten Skizze (Abb. 59) ist dieser Zusammenhang leicht zu verdeutlichen.

Sobald nun ein Flügel an dem Windradmodell schräg gestellt wird, beginnt es, sich zu drehen; um so stärker, je mehr Flügel in derselben Richtung verdreht werden.

Nach dieser ersten Bauphase (und wenn hierfür keine Zeit zur Verfügung steht, gleich zu Beginn der praktischen Arbeit) kann der Lehrer zeigen, wie die Flügelkreuze am besten gebaut werden, so daß an den Enden runde Zapfen vorhanden sind (Abb. 38/39), ohne daß er die Notwendigkeit hierfür gleich preisgeben muß. Die Schüler haben dann mit dem Anbringen der Flügel und dem Bau des Gestells genügend Probleme selbständig zu lösen.

Zur Prüfsituation

Die Erprobung geschieht am zweckmäßigsten in der Weise, daß das Windrad von einem Ventilator angeblasen und die Wirkung des Windes auf das Windrad beobachtet wird.

Im Blick auf die Anzahl der entstandenen Modelle ist es günstig, nach Fertigstellung der Arbeiten Gruppen an jedem vorhandenen Ventilator bilden zu lassen, um unnötige Wartezeiten bei der Erprobung zu vermeiden. Ein Schüler kann dann jeweils angewiesen werden, bei der Erprobung auf besondere Punkte zu achten, z. B.:

- Schrägstellung der Flügel;
- gute Befestigung der Achse bzw. Welle;
- stabiles Gestell;
- leichter Lauf der Welle;
- feste Flügel;

Zur Verständigung sollten an der Tafel mit Hilfe einer Skizze (Abb. 60) wichtige Begriffe eingeführt werden:

Flügel, Flügelrad, Nabe, Welle, Lager, Gestell, Schrägstellung (Anstellwinkel).

Besonderes Augenmerk ist bei der Erprobung darauf zu legen, ob die Schrägstellung der Flügel richtungsgleich erfolgt ist. Bei manchen Modellen werden die Flügel zwar verdreht, aber nicht richtungsgleich stehen, wodurch sich die Windkraft-Wirkung teilweise aufhebt. Die Kontrolle erfolgt in der Weise, daß alle Flügel nacheinander in dieselbe Stellung, z. B. Flügelende nach oben, gebracht werden und dabei untersucht wird, ob jeder Flügel in derselben Richtung verdreht ist, also z. B. jeder im Uhrzeigersinn oder jeder entgegengesetzt.

8.5.2 Bau einer Windkraftmaschine

Vorrichtung mit Trommel und Hubseil zum Anheben eines Gewichts.

Nun habt ihr die Bewegung des Winds mit Hilfe des Windrads in eine Drehbewegung verwandelt. Was könnten wir nun damit machen, was für eine kleine Maschine, die durch eine Drehung angetrieben wird, könnten wir nun bauen?

Man könnte z. B. eine Fadenrolle auf die Achse stecken, und den Wind den Faden aufrollen lassen. Wenn wir etwas an den Faden hängen, könnten wir dieses vielleicht beim Aufrollen anheben.

(Zeichnung wie Abb. 61)

Probiert das einmal! Verwendet anstelle einer Fadenrolle diese Seiltrommel.

Erweiterung für die 4. Klasse:

Damit die Trommel sich nicht so schnell dreht, kann man ein Zahnradgetriebe einbauen:

Auf die Welle des Windrads wird ein kleines Zahnrad gesetzt.

Dann bauen wir eine zweite Welle mit einem großen Zahnrad ein, das in das kleine greifen soll. (Skizze Abb. 62).

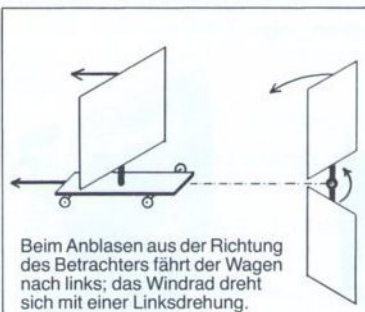


Abb. 59 Skizze zur Verdeutlichung der Krafrichtung

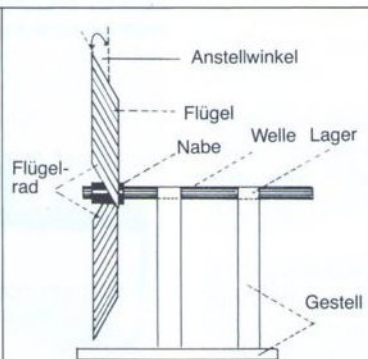


Abb. 60 Wichtige Begriffe

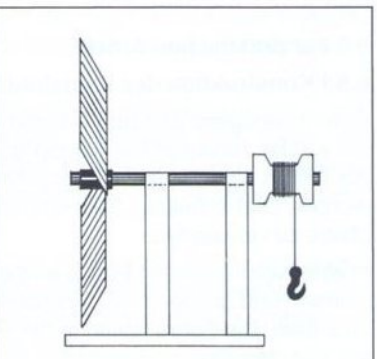


Abb. 61 Windkraft-Hebezeug

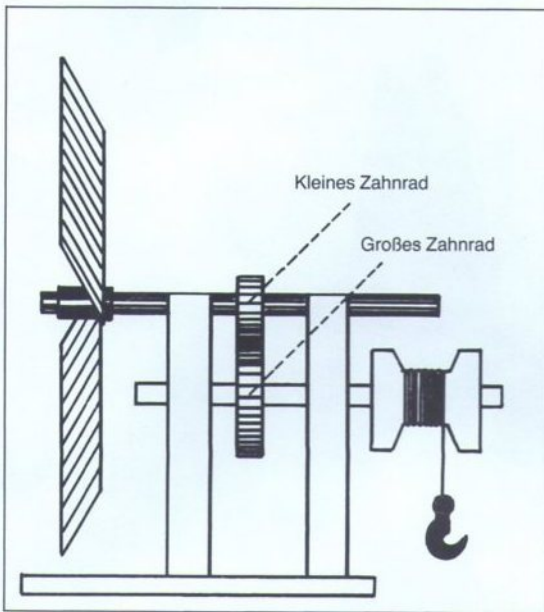


Abb. 62 Windkraft-Hebezeug mit Übersetzung ins Langsame

Wenn wir auf diese Welle die Seiltrommel setzen, dreht sie sich langsamer als vorher; außerdem kann die Maschine nun ein schwereres Gewicht anheben.

Weiterführung mit erfahreneren Schülern:

Anstelle der Seiltrommel können wir eine Kurvenscheibe (vorzeigen!) einsetzen und einen Baustein mit einem Zapfen beweglich daran befestigen, daraus können wir eine Stampfmaschine, eine Säge oder eine Pumpe konstruieren (Abb. 50 u. 51).

Wir können über die Nockenscheibe auch einen Balken legen, der an einem Ende beweglich gelagert ist. Wenn sich das Windrad dreht, hebt und senkt sich der Balken. Damit erhalten wir ein Hammerwerk (Abb. 52).

Jetzt könnt ihr euch vorstellen, wie durch Wind Strom erzeugt werden kann; man braucht nur einen Dynamo mit der Welle des Windrads anzutreiben. Für unser Windrad geht ein Fahrraddynamo zu schwer, aber mit einem größeren Windrad könnte man den Dynamo gut antreiben.

8.5.3 Bau eines Windrads mit Steuerflosse

Es erscheint sinnvoll, die Erfindung einer sich automatisch in den Wind stellende Windradachse für sich neu aufzugreifen, nachdem die Kinder festgestellt haben, daß die gebauten Windräder und Windkraftmaschinen nur dann richtig funktionieren, wenn der Wind das Windrad parallel zur Achse durchläuft.

Für die Konstruktion von Modellen mit Steuerflosse ist eine leichtere Bauform eines Windrads günstig (Abb. 45 u. 46) und ein völlig anderes Gestell erforderlich, wie es für die Vorversuche und den Bau kleinerer Maschinen erforderlich war. Daher ist es unergiebig, die ursprünglichen Modelle umzubauen, sondern besser, neu zu beginnen.

Der Lehrer weist in der Anfangssituation darauf hin, daß für den Betrieb der kennengelernten Maschinen ein großes Problem besteht, nämlich dies, daß der Wind nicht immer aus derselben Richtung kommt. Die Kinder werden vorschlagen, daß man das Windrad dann eben entsprechend schwenken können sollte, um die Flügel günstig in den Wind zu bringen.

Der Lehrer behauptet nun, daß es durch eine einfache technische Maßnahme möglich ist, daß das Windrad sich ohne Eingreifen des Menschen automatisch in den Wind stellt.

Vielleicht haben einige Kinder schon konkrete Vorstellungen und tragen diese vor. Wenn nicht, kann der Lehrer einen zweiseitigen Hebel als Denkanstoß vorzeigen, der an einem Ende mit einer senkrecht stehenden Platte versehen ist (Abb. 64). Wenn man diesen quer zur Windrichtung an den Ventilator hält, schwenkt die Platte nach hinten und stellt den Hebel in Richtung des Ventilators, also parallel zur Windrichtung ein.

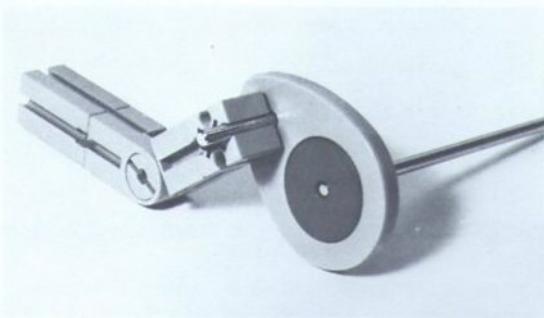


Abb. 63 Kurvenscheibe mit Bauelementen

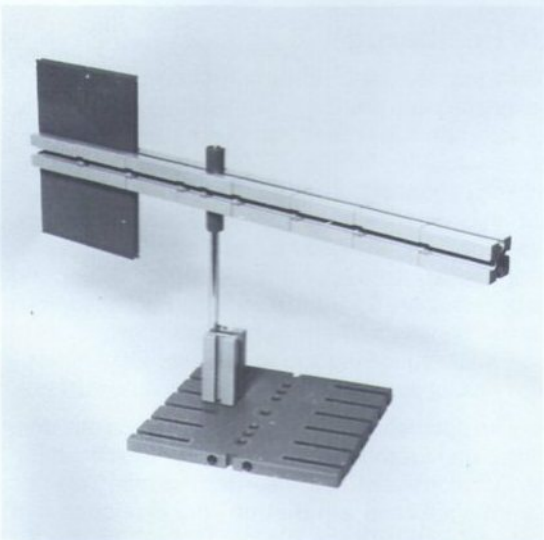


Abb. 64 Balken mit Steuerflosse

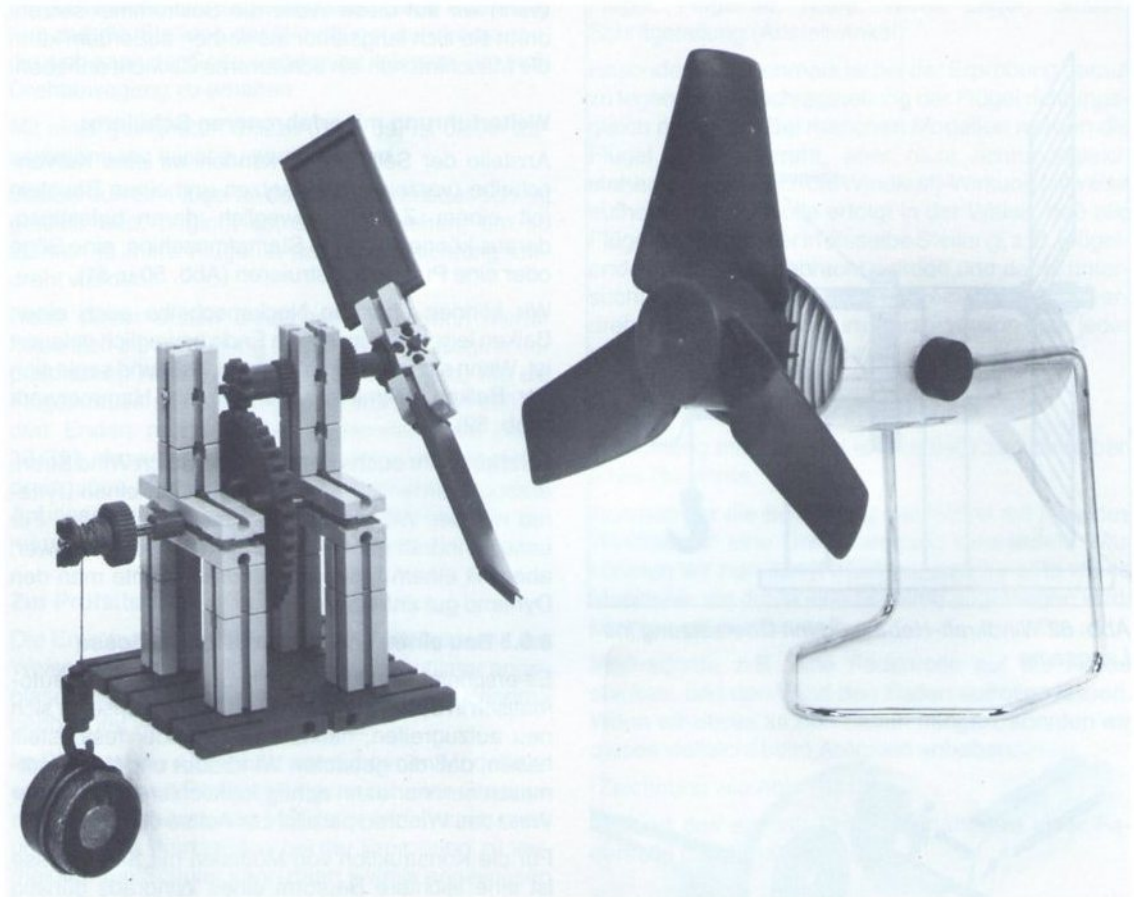


Abb. 65 Versuchsanordnung zur Erprobung der Windräder, der Windturbinen und der Windkraftmaschinen

Die Kinder sollen nun einen zweiseitigen Hebel bauen, der an einem Ende ein Windrad, am anderen eine Flosse trägt, und an der Stelle, an der er sich beim Unterstützen mit einem Finger nahezu im Gleichgewicht befindet, soll er auf einer senkrechten Säule drehbar gelagert werden.

9. Zur Auswertung

Erklärung für die Erzeugung einer Drehbewegung bei einem Windrad mit schräggestellten Flügeln (eventuell für Niederschrift).

Die einfachste Erklärung:

Drückt man mit dem Finger oder mit einem Bleistift von vorn gegen einen schräggestellten Flügel, so wird er nach der Seite weggedreht. Dasselbe ist der Fall, wenn der Wind gegen den schräggestellten Flügel drückt.

Eine genauere Erklärung:

An einem Modell wie in Abb. 58 kann man erkennen: Wenn der Wind auf eine schräggestellte Fläche auftrifft, dann muß diese nach der Seite ausweichen. Für eine Windflügelfläche gilt dasselbe, nur kann sie

nicht seitlich ausweichen, da sie an der Drehachse festgehalten wird. Beim Ausweichen beschreibt sie daher einen Kreis.

10. Realbezug

Das Vorstellen von Windkraftmaschinen aus der Vergangenheit und der Gegenwart stellt den Bezug zur technischen Wirklichkeit her. Durch das Vergleichen der entwickelten Modelle mit Gebilden aus der Wirklichkeit begegnet dem Schüler das Gebilde »Windrad« in einer anderen Weise (z. B. Foto, Zeichnung). Die neue Darstellungsform und die andere Erscheinungsweise reizen ihn, Ähnlichkeiten zu suchen und zu beschreiben. So werden wichtige Fachausdrücke erneut benötigt. Wesentliche Funktionsmerkmale sind wiederzufinden (schräg gestellte Flügel, beliebige Anzahl der Flügel, axiale Windrichtung u.a.m.).

So wird dadurch, daß er seine Erfahrungen aus dem Bauen und Erproben des Modells zur Beschreibung der Funktionsweise des realen technischen Gebildes heranziehen kann, **ein Beitrag zum Erreichen des Ziels geleistet: Dinge aus der Umwelt besser zu erfassen und zu durchschauen.**