

# Die Wind- und Wassermotoren.

Von Ingenieur H. Blücher, Leipzig.

## A. Die Windmotoren.

### I. Einleitung.

Als Windmotoren bezeichnet man Vorrichtungen zur Ausnutzung der Windenergie, d. h. der wagerecht über die Erdoberfläche hinwegstreichenden Luftströmungen.

Der Wind ist eine Kraftquelle, die kostenlos ausnutzbar ist, aber den Nachteil hat, weder ununterbrochen noch in gleicher Stärke ständig zur Verfügung zu stehen. Deshalb wird die Windenergie — mindestens seit Erfindung der Dampfmaschine — bei weitem nicht so hoch geschätzt, wie sie es verdient. Erst in den letzten Jahrzehnten beginnt man wieder mehr Nachdruck auf die motorische Ausnutzung des Windes zu legen: man erforscht immer genauer die Zahl der durchschnittlichen Windtage; man macht genaue Aufzeichnungen über die Häufigkeit verschiedener Windstärken, und man hat endlich den Bau der Windmotoren wesentlich gefördert.

Die als *Wind* bezeichnete Luftbewegung wird durch ungleiche Erwärmung verschiedener Teile der Atmosphäre hervorgerufen. Wo die Luft sich erwärmt — also vor allem um den Äquator — wird sie spezifisch leichter und steigt auf, während sich zum Ausgleich des Luftdrucks dafür kältere Luftströme von den Polen aus dicht über der Erdoberfläche nach dem Äquator hin bewegen. Hoch über der Erdoberfläche muß zum Ausgleich dafür natürlich eine umgekehrte Strömung entstehen, die warme Luft zu den Polen hinführt, wo sie sich wieder abkühlt, zu Boden sinkt und aufs neue nach wärmeren Gegenden strömt. Diese Winde strömen nun aber in Wirklichkeit nicht andauernd von den Polen zum Äquator, sondern werden durch die west-östliche Achsendrehung der Erde aus ihrer Richtung abgelenkt. Die Luft nimmt an der Erddrehung teil, aber da diese an den Polen viel geringer ist als am Äquator, so muß der vom Pol kommende, mit geringer Umdrehungsgeschwindigkeit ausgestattete Wind bei seinem Vordringen zum Äquator immer mehr gegen die Erde zurückbleiben, also den Äquator erst an einem weiter westlich gelegenen Punkte erreichen. Umgekehrt werden die vom Äquator mit großer Umdrehungsgeschwindigkeit kommenden Winde gegen die Pole hin der Erde gegenüber voreilen, also von Südwest nach Nordost strömen. So erklärt es sich, daß die als *Passate* bekannten regelmäßigen Hauptwinde in der Richtung Nordost und Südwest von den Polen zum Äquator strömen und von ihm ausgehen. Auf der nördlichen Halbkugel bringt der vom Pol kommende Nordostwind schwere, kalte und trockene Luft, die auch während seiner weiteren Drehung nach Osten anhält. Beim Zusammentreffen mit dem von Süden kommenden Luftstrom entsteht eine südöstliche Richtung, die gewöhnlich feuchtes Wetter bringt. Allmählich dreht sich der Wind immer mehr nach Süden, bis endlich der vom Äquator kommende Südwest- und Westwind wieder warmes, nasses Wetter verursacht. Wird der vom Nordpol kommende Strom wieder stärker, so drückt er die Windrichtung nach Süden: es entsteht Nordwestwind, der dann in Nordwind übergeht und durch die Erddrehung zum Nordostwind wird. Diese Drehung des Windes wiederholt

sich in ständigem Wechsel. In Deutschland ist die Windrichtung vorherrschend westlich, wird aber im Frühjahr und Sommer mehr nach Norden, im Herbst mehr nach Süden abgelenkt.

Außer den genannten Hauptwinden gibt es noch lokale Winde. So weht an der Meeresküste der Wind am Tage meistens von der See, des Nachts vom Lande her. Im Gebirge strömen die Winde am Tage in den Tälern aufwärts, nachts dagegen abwärts. Alles dies wird bedingt durch die ungleiche Erwärmung und Abkühlung der Luft über Wasser, Land, Gebirge. Daher erhebt sich früh und abends beim Wechsel der Temperatur fast stets ein mehr oder weniger starker Luftzug.

Da die Temperaturen täglich schwanken, so sind auch ganz windstille Tage eine Seltenheit, namentlich in unseren gemäßigten Zonen. Aber trotzdem läßt sich nicht an jedem Tage ein Windmotor treiben. Hierzu muß der Wind eben eine gewisse Stärke haben, doch hat die Vervollkommnung der Windmotoren dahin geführt, daß man jetzt, moderne Motoren vorausgesetzt, schon Windstärken ausnutzen kann, die früher hierfür bei weitem zu gering gewesen wären. Nach langjährigen Beobachtungen genügt etwa an 270—300 Tagen jedes Jahres die Windstärke, um modern konstruierte Windmotoren in Betrieb zu setzen.

Die Kraft des Windes folgert direkt aus der zu messenden Windgeschwindigkeit. Man bezeichnet die Windgeschwindigkeit in Sekundenmetern, so daß ein Wind von 4 Sekundenmetern ein solcher ist, der in 1 Sekunde 4 m zurücklegt. Die Kraft des Windes zeigt sich in dem *Winddruck*, d. h. in dem Druck, mit dem der Wind gegen einen feststehenden Körper stößt. Der Winddruck (N) wächst im Quadrat zur Windgeschwindigkeit ( $v$ ), und es gilt die Gleichung  $N = v^2 \cdot 0,12248$  kg pro Quadratmeter.

Für die Schätzung des Windes bedient man sich noch immer meistens der *Beaufort-Skala*. Ihre Beziehungen zur Windgeschwindigkeit, zum Winddruck und zu den eine ungefähre Schätzung der Windstärke ermöglichenden Begleiterscheinungen enthält folgende Tabelle.

Windskala nach Beaufort	Windgeschwindigkeit pro Sekunde in Metern	Bezeichnung der Stärke	Wirkung	Winddruck in Kilogramm pro Quadratmeter $v^2 \cdot 0,12248$	Vergleich der Schnelligkeit
0	0—1	still	Kaum merkbar	—	Fussgänger
—	2	sehr schwach	Blätter flattern	0,49	
1	3	schwach	Zweige biegen	1,10	Reiter im Trab
		„		1,96	
—	5	mittel	Äste biegen	3,06	Reiter im Galopp
2	6	lebhaft	Äste biegen	4,40	
—	7	kräftig	Bäume schwanken	6,00	Rennpferd
3	8	„		7,84	
4	10	stark	Laub reisst ab	12,25	Personenzug
5	13	sehr stark		20,70	
6	15	Sturmwind	Zweige brechen	27,50	Eilzug
7	18	„	Äste splintern	40	
8	21	Sturm	„	54	Schnellzug
9	25	„	Bäume brechen	76	
10	29	starker Sturm	Häuser stürzen	103	Briefftaube
11	34	Orkan	Verheerend	141	
12	40	„		196	—

Die lebendige Kraft des Windes (N), ausgeübt auf die sich drehende Flügelfläche (F), wächst, entsprechend dem Gesetze der Beschleunigung, in der dritten Potenz zur Windgeschwindigkeit ( $v$ ), so daß die Gleichung besteht:  $N = F \cdot v^3 \cdot k$ , worin  $k$  ein Erfahrungskoeffizient ist.

Nach der Statistik ergibt sich, daß ein Wind

von mindestens	3—4	Sekundenmetern	an ca.	250—300	Tagen
„	„	5	„	170—180	„
„	„	6	„	110—120	„
„	„	7	„	60—70	„

jährlich im Binnenlande weht, und zwar je nach der örtlichen Lage durchschnittlich 6—10 Stunden täglich. An den Küsten und auf Höhen kann man mit etwas mehr Tagen für stärkeren Wind rechnen. Als mittlere Jahresgeschwindigkeit des Windes kann mindestens 4,6 m angesetzt werden, und diese Geschwindigkeit genügt, um einen modernen Windmotor zu treiben.

## II. Arten von Windmotoren.

Fast ausschließlich benutzt man Windräder, die senkrecht stehen, also sich um eine waagrechte oder doch nur wenig von der Horizontalen verschiedene Achse drehen. Man kann unterscheiden die Windräder mit *offenen* und diejenigen mit *geschlossenen Windfängen*.

### 1. Windmotoren mit offenen Windfängen.

Bei diesen Windmotoren besteht das Windrad nur aus einer beschränkten Anzahl (meist 4—6) von Flügeln, zwischen denen sich weite freie Zwischenräume befinden.

a) **Windmühlen.** Die gewöhnlichen Windmühlen, wie sie meistens zum Mahlen von Getreide Verwendung finden, werden wegen ihrer Billigkeit noch auf lange hinaus einen typischen Faktor der Flachlandschaft bilden, obwohl die Windmühle einen ziemlich unvollkommenen Motor darstellt.

Man unterscheidet die *deutsche Windmühle* oder *Bockwindmühle* von der *holländischen Windmühle* oder *Turmwindmühle*. Diese Unterschiede beziehen sich auf die Art und Weise, wie die Flügel des Windrades gegen den Wind gestellt werden. Denn diese Einstellung der Flügel, derart, daß der Wind von vorn rechtwinklig zur Flügelfläche auf sie trifft, ist notwendig, um den Winddruck richtig auszunutzen.

Bei der *deutschen Windmühle* (Fig. 1) ruht das ganze, kastenförmige Mühlengebäude drehbar auf einem Balkenbock. Nach hinten ragt aus dem Gebäude ein langer Balken, der *Stert*, heraus, der von Hand oder (seltener) mit Zugtieren als Hebel bewegt wird und so die Drehung des Mühlengebäudes ermöglicht: Der Eichenholzständer 1 (*Hausbaum*), der durch Balken 2, 3, 4 verstrebt ist und als Tragkörper des ganzen Gebäudes dient, endet in einem Zapfen, um den das Gebäude durch den Stert 5 (in der Figur abgebrochen gezeichnet) gedreht werden kann. Die Windmühlenflügel 6, von denen meist vier vorhanden sind (in dem Schnitt der Figur sind natürlich nur zwei sichtbar), wirken auf die Windradwelle 7; die weitere Energieübertragung geschieht mittels eines Kammrades auf die senkrechte Welle, die den Mühlstein direkt antreibt.

Bei der *holländischen Windmühle* ist der Bau turmartig, massiv und unbeweglich. Nur das Dach, die sogenannte *Haube*, läßt sich drehen. Bei den einfachen derartigen Mühlen wird die Drehung ebenfalls von Hand ausgeführt, mittels eines von der Haube ausgehenden Hebels, der entweder so weit nach unten reicht, daß er dort erfaßt werden kann, oder aber mit einem Strick verbunden ist, an dem man zieht, um die Drehung zu bewirken.

Vielfach trägt die holländische Windmühle aber auch Vorrichtungen, durch die ihre Flügel *selbsttätig* gegen den Wind gedreht werden. Die Haube einer holländischen Windmühle mit selbsttätiger Einstellung des Windrades zeigt Fig. 2: Die Windmühlenflügel 1 sind der Platzersparnis halber nur zum Teil dargestellt. Auf der entgegengesetzten Seite der drehbaren Haube 2 ist ein kleines Windrad 3 angeordnet, dessen Windflächen zu denen der großen Mühlenflügel senkrecht gerichtet sind. Windrad 3 ist lediglich dazu da, die drehbare Haube bzw. die großen Mühlenflügel selbsttätig in die richtige Stellung zu bringen. Nimmt nämlich der Wind

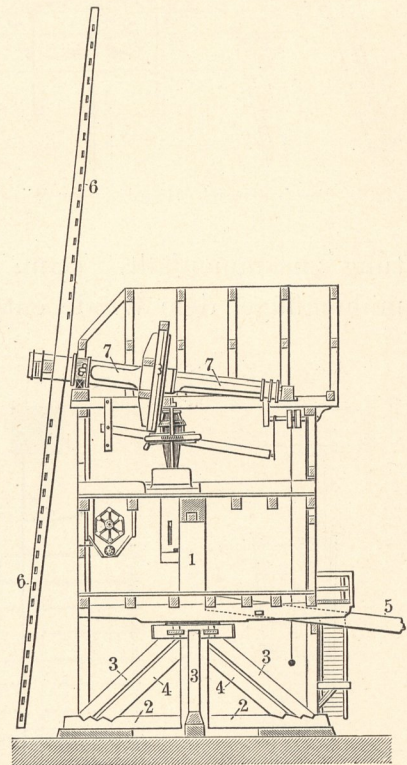


Fig. 1. Bockwindmühle.