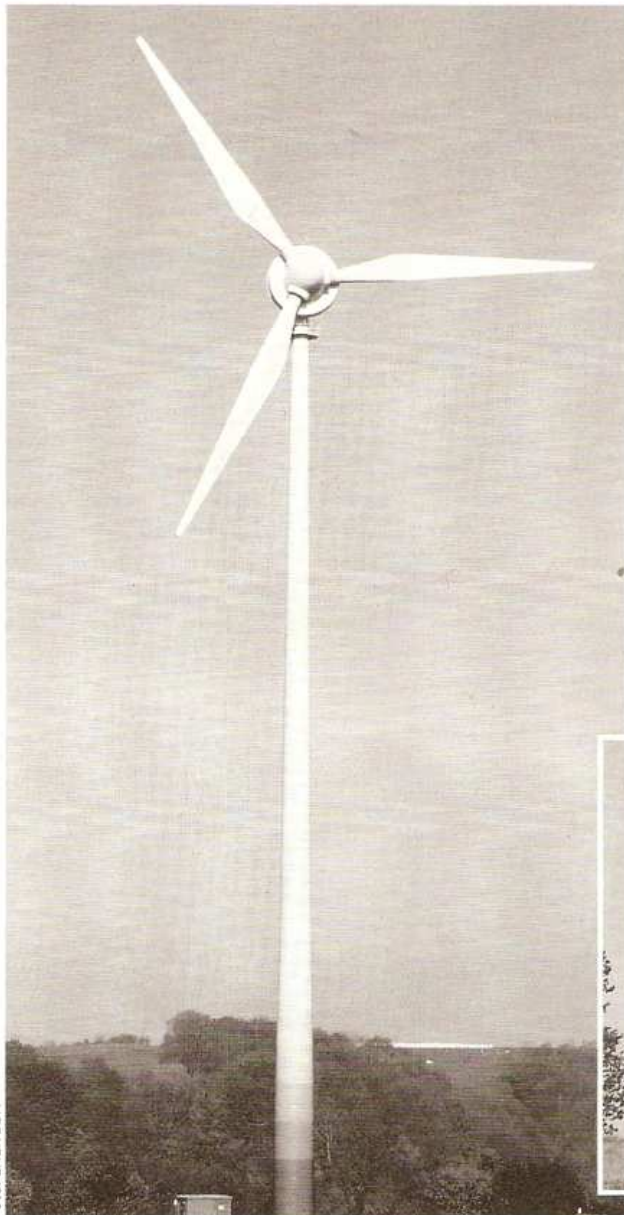


Beilage zu *natur*, München, Oktober 1998

# Windenergie entlastet die Umwelt

Bisher schon 12.000 Arbeitsplätze beim „Windweltmeister“ Deutschland. Naturschutzverbände fordern zügigen Ausbau

Einsatz erneuerbarer Energien (Teil 2)



1. Moderne Windkraftanlage wie diese Enercon E-40 gehören zur Spitzentechnologie. Der optische Eingriff ist abzuwägen mit der Gewinnung von umweltfreundlichem Windstrom, ohne daß Abgase und Stäube entstehen oder Freileitungen notwendig würden.

2. Die Entwicklung der fast 2000 Jahre genutzten Windmühlen kam zu Ende des 20. Jahrhunderts einen großen Schritt voran. Strombedarf und Umweltbewußtsein ließen sich mit dieser Technik gut vereinbaren.

Die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung ist heute in Deutschland nicht so unumstritten, wie es die Überschrift darstellt. Von 'optischer Verschmutzung' der Landschaft ('Verspargelung') ist die Rede oder erhöhtem Störpotential bei der Raumordnung. Die große Entlastung der Umwelt durch Vermeidung erheblicher Kohlenstoff-Emissionen und von Leitungen auf abgelegenen Standorten wird dagegen kaum berücksichtigt. Auch hat sich gegen die 110 kV-Hochspannungsleitungen, die Europa kreuz und quer durchziehen, kaum eine vergleichbare Kritik geregt, obwohl sie jeweils etwa 37 Meter hohe und breite Hindernisse darstellen, die ungleich mehr Raum beanspruchen, an denen immer wieder zahlreiche Vögel verunglücken, von der Landschaftsverhandlung ganz abgesehen (Abb. 10/11). Trotz der Maximalgewinne



Foto: ENERCON

Foto: F. Stern



haben die Energieversorgungsunternehmen (EVU) nur wenig getan, um die Mehrzahl der Trassen mit naturverträglichen Erdkabeln auszurüsten.

Windenergieanlagen (WEA) sind zu anderen Technologien eine gute Alternative oder Ergänzung, sofern die Vorgaben des Naturschutzes und der Bauleitplanung beachtet werden. Geeignete Hilfen sind die Vorgaben der Landes-/Kreisraumordnungspläne, der Landschaftsrahmenpläne der Landkreise und kreisfreien Städte und (wie im Landkreis Wesermarsch/Brake U.w. vorhanden) Windhöflichkeitkarten ('Wo weht der meiste Wind?') sowie Abwägungs- und Planungshilfen in Umweltverträglichkeitsstudien (UVS/UVP) zur Festlegung von Standort-Varianten ('Welche Auswirkungen haben Windenergieanlagen z.B. ästhetisch, wahrnehmungspsychologisch?' [37]). Das Deutsche Windener-

gie-Institut (DEWI) in Wilhelmshaven, der Bundesverband WindEnergie (BWE) und mehrere Herstellerfirmen haben entsprechende Leitfäden und Literaturlisten herausgegeben ([Literaturstellen Nr.:] 20, 21, 50, 54, 55, 71a, 76). Grundsätzlich auszunehmen sind Nationalparke, Naturschutzgebiete und Naturdenkmäler, aber auch Senken und Flußniederungen. Eine flächenhafte Zersiedlung oder zaunartige Anlagen an Deichen sollten ebenso vermieden werden wie die Errichtung auf exponierten Höhenlagen.

Die Gewinnung von Windenergie auf geeigneten Standorten bei einem Höchstmaß an Planungstransparenz und Bürgerbeteiligung ist ein Fortschritt bei der Bekämpfung von Luftverschmutzung und der Schonung fossiler Energieträger. Der Ausstieg aus der Atomindustrie wird erleichtert; dies ist notwendig, weil langzeitstrahlende Emissionen und Atommüll bevölkerungsgenetisch und wirtschaftlich mit hohen Risiken verbunden sind. Für die Windenergiewirtschaft ist das nächste Etappenziel ein Marktanteil von bundesweit 10% - wie im windreichen Bundesland Schleswig-Holstein mit

11,5% schon heute überschritten. Dafür sprach sich vor Jahren auch schon das Bundesforschungsministerium aus (Minister Riesenhuber, 1992). In Dänemark wird bis zum Jahre 2030 eine 50%ige Windstrom-Versorgung angestrebt. Das Europaparlament fordert eine Anhebung erneuerbarer Energien - einschließlich der Windenergie - bis 2010 um das Doppelte.

Es ist hier nicht beabsichtigt, unrealistische Ausbaudimensionen von Windparks vorzustellen, vielmehr ist ein integriertes Konzept im Verbund mit anderen Energien notwendig. Das sind neben den fossilen Energieträgern vor allem Solarenergie, Geothermie und Produkte der Wasserstoff-Technologie. Hinzu kommen bessere Nutzungs- und Einsparungskonzepte, wozu auch Blockheizkraftwerke und moderne Dämmstoffe gehören.

Zum besseren Verständnis wird ein geschichtlicher Rückblick zur Entwicklung der Windkraft-Technologie vorangestellt (Teil A). Dann folgen physikalische und technische Details sowie Aspekte des Natur- und Umweltschutzes, die auch für den Unterricht interessant sind (Teil B).



3. Windpark Bassens,  
Tele-Eindruck in Gondelhöhe,  
AN Bremen

Fotos: H. D. Habbe

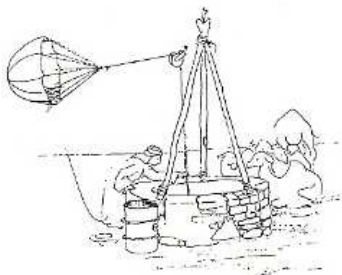


4. Windpark  
Bassens nördlich von  
Wilhelmshaven  
(Wangerland), AN Bremen



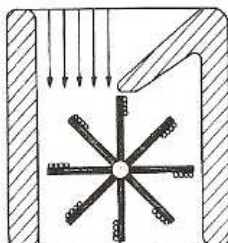
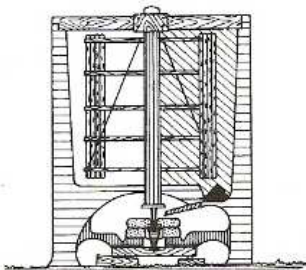
## A. Zur Geschichte der Windenergie-Nutzung

Unserem Thema werden wir nicht gerecht, wenn nicht darauf verwiesen würde, daß nahezu alle bedeutsamen geschichtlichen Ereignisse mit Energieproblemen zu tun gehabt hätten, sei es zum Wassers schöpfen, zum Bewässern, Getreidemahlen oder zur Bodenbearbeitung, sei es zur Gewinnung von Erzen oder zur Errichtung von Bauwerken. Ohne Energie bliebe das Rad der Weltgeschichte stehen (70). Denn jede aktive Bewegung ist von Energie abhängig. Dazu gehören die zahlreichen Varianten der Fortbewegung, aber auch die Resultate sonstiger intensiver Arbeit.



5. Wasserhebevorrichtung. Durch die Widerstandskraft eines Schirms wird Wasser eimerweise aus einem Brunnen heraufgezogen. (Aus: 07)

6. Persische Horizontalwindmühle in Seitenansicht und Aufsicht. (Aus: 07)

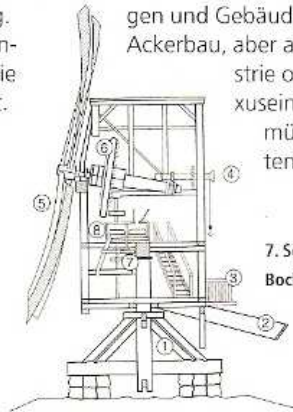


Beispiele sind die ägyptischen Pyramiden, die chinesische Mauer oder die Anlagen der Inkas und Azteken in Mittel- und Südamerika, aber auch alle Kriegshandlungen.

### Energieversorgung aus Sklaverei

Auch die Sklaverei und Zwangsarbeit lieferten jene Energie aus Muskelkraft, die für zahlreiche Tätigkeiten benötigt wurde. Das betraf über Jahrtausende die schwere körperliche Arbeit im Steinbruch, beim Bau von Straßen und

Kanälen, Dämmen, Wasserleitungen und Gebäuden, im Berg- oder Ackerbau, aber auch die Kriegsindustrie oder historische Luxuseinrichtungen wie die mühsam zu unterhaltene Bodenheizung



7. Schnitt durch eine Bockwindmühle. (Aus: 07)

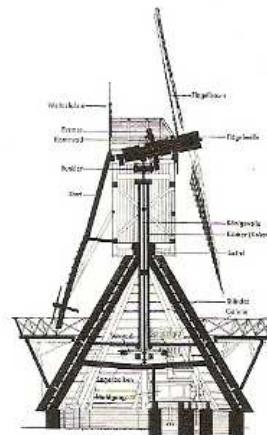
- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1. Bockgerüst   | 5. Flügelbaum |
| 2. Flügelsäulen | 6. Kammern    |
| 3. Trepp        | 7. Getriebe   |
| 4. Saugstrang   | 8. Mählgang   |

8. Kokerwindmühle im Museumsdorf Cloppenburg. (Aus: 84)

römischer Dampfbäder. Zur Blütezeit Athens waren in den benachbarten Silberbergwerken bis zu 400.000 Sklaven beschäftigt. In Delos (Ägäis) wurden täglich bis zu 10.000 Sklaven vermittelt, deren Muskelkraft neben derjenigen der Haustiere gefragt war. Noch bis zum 11. Jahrhundert war Regensburg ein Hauptumschlagplatz des Sklavenhandels. Die Energie aus Muskularbeit wurde entlastet durch Rollen, Hebel, schiefe Ebenen und Flaschenzüge, um die Jahrhundertwende auch erstmals durch elektrisch angetriebene Maschinen.

### Windmühlen seit fast 2000 Jahren

Während große Wasserräder in der arabischen Kultur bereits 4000 Jahre bekannt sind, weiß man das von der Windnutzung lediglich im Zusammenhang mit der traditionellen Besegelung von Schiffen, die wohl zunächst nur eine Hilfsbesegelung zur Unterstützung der Ruderer darstellte (09). Der antike Fernhandel und die Entdeckungsreisen hätten ohne Windkraft sicherlich einen anderen Verlauf genom-



men, ebenso wie die Entstehung des britischen Empire (1, 25 u.a.).

Etwa 4.000-3.000 v.Chr. gab es im arabischen Raum bereits windgetriebene Pumpeinrichtungen zum Schöpfen von Wasser, die nur die Widerstandskraft fallschirmartig ausnutzten (Abb. 5). Die ersten Hinweise auf Windmühlen gibt es aus dem persisch-afghanischen Grenzgebiet Seistan. Es handelte sich z.B. 644 n.Chr. um Horizontalwindmühlen, die sich aber gegen das Vertikalprinzip der klassischen Windmühlen nicht durchsetzen konnten (25; Abb. 6).

Als Vorform der aufgebockten Windmühlen wurden auf Rhodos und Zypern ähnliche Mühlen ohne drehbares Gehäuse gebaut. Sie standen stets in der Hauptwindrichtung.

9. Kappenwindmühle (Galerieholländer) im Museumsdorf Cloppenburg. (Aus: 84)



Im mittel- und nordeuropäischen Raum wird im Jahre 1180, also Jahrhunderte später, erstmals eine Windmühle zuverlässig beurkundet. Es handelt sich um eine **Bockwindmühle** (Ständermühle, Kastenmühle; Abb. 7) in der nordwestfranzösischen Normandie; Normannen hatten diese Technik wohl nach ihren Kreuzzügen aus dem Mittelmeerraum mitgebracht. Ihren Namen verdankt sie dem starren 'Bock', dem Unterbau der Mühle, der meist aus schweren Eichenbohlen gefertigt war. Der jeweiligen Windrichtung folgend mußte die gesamte Mühle gedreht werden. Von Frankreich aus erfolgte eine rasche Ausbreitung - zuerst nach England, dann über Flandern nach Deutschland, Holland und anderen europäischen Ländern. Sie trugen dazu bei, die Bevölkerung mit Mehl und anderen gemahlenen bzw. geschlagenen Lebensmitteln zu versorgen, Tiefland und Niederungen zu entwässern oder Wasser aus Überschwemmungen zurückzubefördern. In Ostfriesland wurde 1424 von einer ersten Windmühle bei Esens berichtet (40). Eine Sondermarke der Deutschen Post aus 1997 bildet eine schleswig-holsteinische Schöpfwindmühle ab.

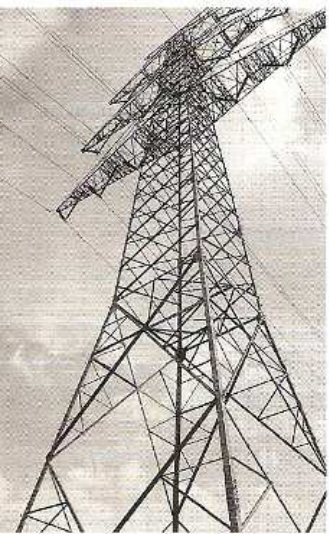
Große wirtschaftliche Bedeutung erlangten die Mühlen im 17. und 18. Jahrhundert. Der friesische meeresnahe Bereich gehörte ebenso dazu wie die genossenschaftlichen Bauernmühlen auf dem Hunsrück. Bekannt ist auch die bis heute erhaltene Windmühle am Schloß Sanssouci (Potsdam). Mehrheitlich handelt es sich um Holländermühlen mit Windwerk, Windrose und Galerie. Von der Galerie aus wurde mit dem 'Steert' (einer langen Stange) nur die Kappe gedreht. Bei den niedrigeren 'Erdholländern' (Bockwindmühlen) geschah das vom Boden aus (Beispiele: Westerscheps [67]; Peheim [39], Winsen/ Aller). Der Unterbau war oft aus Klinker-Mauerwerk. Nach OTTENJANN (87) handelt es sich zunächst vornehmlich um Wipp- oder **Kokerwindmühlen** (Abb. 13, z.B. Riepster Leegmoor ca. 1700), die im 15. Jh. anfangs nur der Entwässerung dienten. Dann wurden zunehmend **Kappenwindmühlen** (Abb. 8) gebaut nach dem Vorbild des Niederländers Jan Adrianz Leegwater (gest. 1605) - je nach Standort und Bauart heißen sie Turmwindmühlen, Achtkantwindmühlen, Galerieholländer oder Wallmühlen. Vereinzelt wurden ab 1592 auch Paitrockwindmühlen (Name nach dem weit abstehenden Faltenrock der nach Holland eingewanderten Pfälzer Frauen) als zunächst Säge- und dann Getreidewindmühlen gebaut; die ganze Mühle dreht sich auf

einem großen Rollring (Beispiel: Rode-wald im Kreis Neustadt am Rübenberge).

Das Mühlrecht vergaben Könige, Landesfürsten, Reichsstädte und Klöster bis zur Einführung der Gewerbefreiheit (1854); bis dahin gab es den Mühlenbann, wonach Bauern gezwungen wurden, ihr Getreide in bestimmten Mühlen mahlen zu lassen. Viele Bauern umgingen diese Pflicht durch abgabefreie eigene Kleinmühlen (Göpel), die per Hand oder von Tieren angetrieben wurden. In kleinen Mengen produzierten sie damit für den Hausgebrauch z.B. Mehl, Schrot, Graupen, Grütze, Öl, Lohe und Karm (Rahm), manchmal auch Farben und Papier (87,94).

Der Bestand an Windmühlen im 18. Jh. wird auf 200.000 geschätzt (04). Allein in Deutschland wurden 1882 etwa 19.000 Windmühlen gezählt; andere sprechen um das Jahr 1900 allein für das Gebiet des heutigen Niedersachsen sogar von 32.000 Windmühlen.

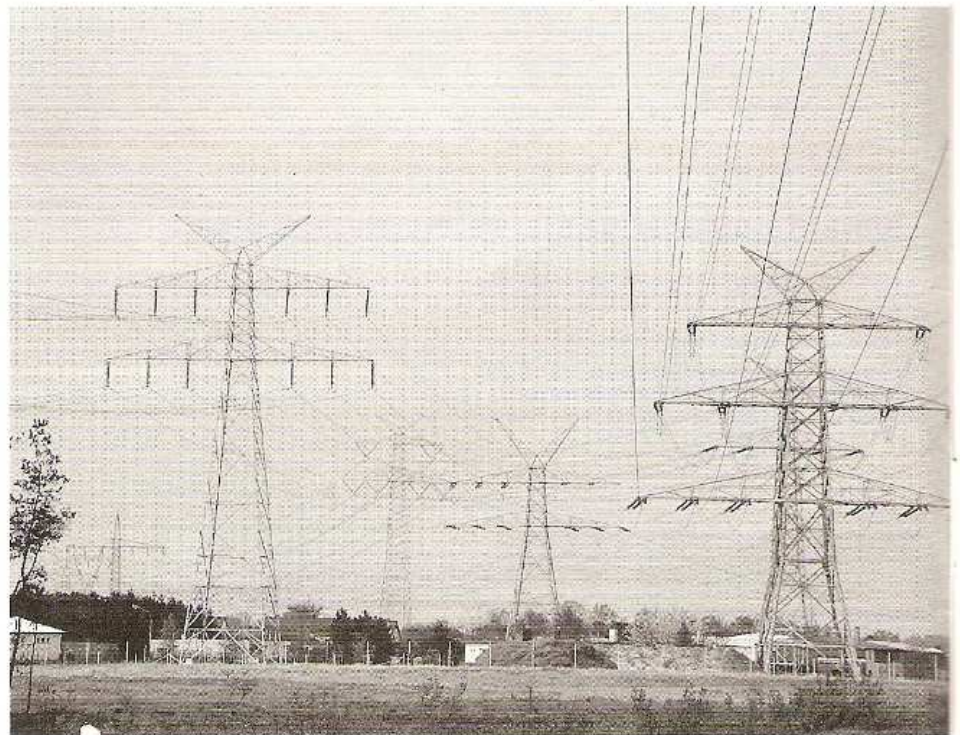
Während die Erfindung der Dampfmaschine durch J. Watt (1769) noch keine Auswirkungen auf den Bestand der Windmühlen hatte, kam die Wende mit der Erfindung des Elektromotors durch Werner von Siemens (1866). Nunmehr konnte der Energie durch Leitungen zur Mobilität verholfen werden. Elektrischer Strom bestimmt seither unser Leben. Elektrizität ist inzwischen die am meisten verbreitete Transportform für Energie.



10. Blick in die Metallbarriere eines 110 kV-Mastes. Im Unterschied zu einer Windkraftanlage handelt es sich hier nicht nur um eine vertikale Anlage, sondern zusätzlich um ein horizontales Mehrkabel-Verbundsystem in der Fläche. Es stellt einen ökologisch bedenklichen Eingriff dar.

Fotos: R. Akkermann

11. Hochspannungsleitungen versperren weite Teile des Landes mit Mast- und Drahtkorridoren. Sofern kein felsiger Untergrund vorhanden ist, sollten sie durch Erdverkabelungen ersetzt werden. Nachts fliegende Vögel verunglücken häufig durch Mast- und Leitungskollisionen.





Ohne elektrische Kraft ist uns heute ein Leben kaum vorstellbar.

Die kostspielige Wartung der Windmühlen und die umständliche Windmühlerei führte überwiegend zu deren Aufgabe (84/86). Für kleine Mühlen wurden sogar Stilllegungsprämien gezahlt (07). Nur wenige wie die Rutteler Mühle (Gem. Zetel / Friesland), erbaut 1865, sind noch voll in Betrieb. Ersetzt wurden zumeist nur die Kappe und Flügel. In den dreißiger Jahren wurden viele Mühlen auf Dieselantrieb und später auf Elektrizität umgestellt. Nun hatte man die Wahl und verzichtete mehr und mehr auf die Windenergie. Als erstes entfernte man aus Sicherheitsgründen die Flügel. Die Balken fielen oft holzfressenden Käferlarven zum Opfer. Bestenfalls kam es zu einer Nutzungsänderung als Museum (Esens), Lager oder Wohnhaus (5-stöckiger Turm in Ostochtersum). Vielerorts zeugen die Windtürme nur noch als Ruinen von den vergangenen Zeiten (40/41; Osterfeine, Vechta und viele andere) oder die Mühlen wurden wie in Neurhede (Ems) komplett abgerissen (95). Der Gesamtbestand der heute noch einigermaßen erhaltenen Windmühlen beträgt in der Bundesrepublik knapp 400, in Holland etwa 1.000 und in Belgien 160. Viele davon werden von Gemeinden (Varel) oder Vereinen (Larrelt, Logabirum, Neustadtgödens) als Wahrzeichen oder Blickfang, Museum (z.B. Peldemühle Esens, Burlage), Restaurant, Cafe, Teestube (Johannimühle Fulcum) oder Demonstrationsobjekt und Attraktivität für Touristen erhalten (Moorsee; 40/41). So beanspruchen die Mühlen in Varel, Hage, Aurich und Norden als vier- bis fünfstöckige Galerieholländer die größte Standhöhe (Varel 1847-1965 in Betrieb: 39 m), andere wie jene in Bagband, Borkum, Norderney, Scharrel und Westerscheps, die Zwillingmühlen in Greetsiel oder der kleine strombetriebene Modell-Nachbau an der Bundesstraße 210 in Schortens sollen durch ihre Präsenz auch auf die Tradition oder die Örtlichkeit aufmerksam machen.

#### Windenergie zur Stromerzeugung / Begriffe

Für moderne Anlagen, die dem Wind Energie nutzbar entziehen, hat sich im deutschen Sprachraum noch keine Bezeichnung endgültig durchgesetzt. Gebräuchlich sind die Begriffe: Windkraftanlagen, Windenergieanlagen, Windenergiekonverter, Windräder und Wind-

mühlen. Die Bezeichnung 'Windkraftanlage' ist aus physikalischer Sicht falsch, denn der Luftströmung wird nicht Kraft, sondern Energie entnommen (07). Die Begriffe 'Windenergiekonverter' und 'Windenergieanlage' dürften somit die Wirkungsweise der Anlagen am besten beschreiben.

Die ersten Versuche, mit Hilfe der Windenergie elektrischen Strom zu erzeugen, unternahm wohl Tüftler in den USA. Sie ließen am Ende des 19. Jh. elektrische 'Dynamos' mit ihren an sich zum Wasserpumpen bestimmten Windturbinen antreiben. Systematisch wurde das dann in Dänemark erprobt. In Deutschland fertigten Firmen wie Köster & Hercules vor dem 1. Weltkrieg die ersten Windturbinen in amerikanischer Lizenz.

Während sich zur Zeit des Deutschen Reiches die Anstrengungen um Treibstoff- und Energieunabhängigkeit auf die kostengünstigen Primärenergieträger Kohle und Öl konzentrierten, setzte in den siebziger Jahren ein Umdenken ein (26). Mit der ersten Ölpreiskrise wurde jedem die hohe Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten offensichtlich. Der CLUB OF ROME und andere Gremien forderten 1972 und später eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien zur Stromerzeugung. (13/24/52/81/100)

#### GROWIAN - ein dubioser Großanlagentest

Das Bundesforschungsministerium vergab 1977 an M.A.N.-Neue-Technologie den Auftrag, baureife Unterlagen für ein 3-Megawatt-Windkraftwerk zu erstellen. Das führte 1983 zur Errichtung der GROSSWindANlage 'GROWIAN' (Abb. 12). In der gut dreijährigen Erprobungsphase speiste GROWIAN (nur) 80 Megawattstunden (MWh) in das Netz. Die 100 m hohe Mühle mit zwei 50 m langen Flügeln, die technisch nie in den Griff zu kriegen war, hat 'dem Ansehen der Windenergie schwer geschadet' (DIE ZEIT): mal liefen die Bremsen heiß, mal gab es Risse in der Nabe, mal platzten Flügelblätter. Dann wieder wurden 'rätselhaft Turbulenzen' registriert. Von Oktober 1983 bis Juni 1985 drehten sich die Flügel lediglich 180 Stunden, an 25.000 Stunden standen sie still. Rund 100 Millionen Mark, die Hälfte der in den letzten zehn Jahren für Windenergie insgesamt aufgewendeten Forschungsmittel, sind in der Holsteiner Marsch versickert. Derartig gigantische Fehlinvesti-



Foto: R. Akkermann

12. Die Großwindanlage GROWIAN bei der Demontage, eine Fehlkonstruktion von MAN im Auftrag der RWE. Links: Mast zur Messung der Windgeschwindigkeiten

tionen lassen sich nicht mehr mit laufendem Forschungsbedarf erklären. Zufrieden mit dem Ergebnis konnten allenfalls die Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) sein, einer der Betreiber: Der stark im Atomgeschäft engagierte Konzern wollte, wie ein Vorstandsmitglied der Presse anvertraute, ohnehin nur "beweisen, daß es nicht geht." (17).

Im Herbst 1986 kam es zur Stilllegung und Demontage der Anlage, deren Größe sich als zu diesem Zeitpunkt technisch noch unbeherrschbar herausgestellt hatte (47). In diese Zeit fiel die Gründung der ersten Firmen auf deutschem Boden. Aus der Erfahrung mit GROWIAN lernend begannen sie ab 1985 mit dem Bau und dem Verkauf kleinerer Windenergieanlagen in Serie, um sie sukzessive weiterzuentwickeln (Abb. 18).



## B. Moderne Nutzung von Windenergie und Arbeitsplätze

Angesichts der drohenden Klimaveränderungen kann langfristig nur eine Energiewirtschaft Bestand haben, die nahezu ausschließlich auf regenerativen Energiequellen basiert, also auch auf Windenergie. Deshalb muß der Anteil der regenerativen Energiequellen am gesamtwirtschaftlichen Energieträgermix systematisch ausgebaut werden. Damit können bis zum Jahre 2005 die Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Emissionen um 25% gegenüber den 1990-Emissionen reduziert werden, also um etwa das Doppelte der PROGNOS-Vorhersage (89). Durch diese Energiewende könnten viele zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden. Die Energiedienstleistungsunternehmen hätten dann vornehmlich für warme und helle Räume zu sorgen (nicht für Höchstumsätze), indem sie auch für die Wärmedämmung effiziente, nutzungs- und tageslichtabhängig gesteuerte Beleuchtungsanlagen und für die Förderung erneuerbarer Energieträger zuständig sein würden. Der Ausbau der Windenergie ist dabei unverzichtbar. (85)

Werbeflächen des Bundesverbandes Windenergie e.V. (15/16) bringen die Vorteile der Windenergie auf den Punkt (siehe Argumente auf S. 9).

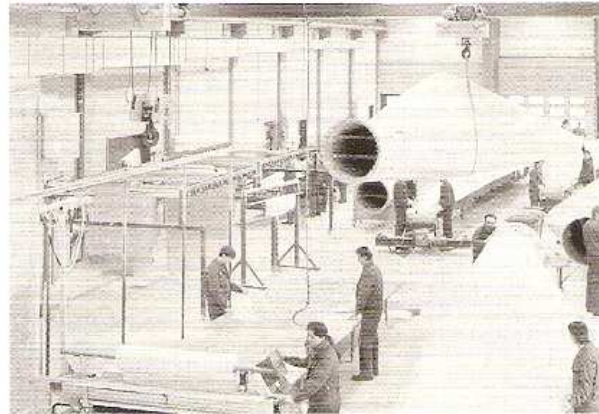
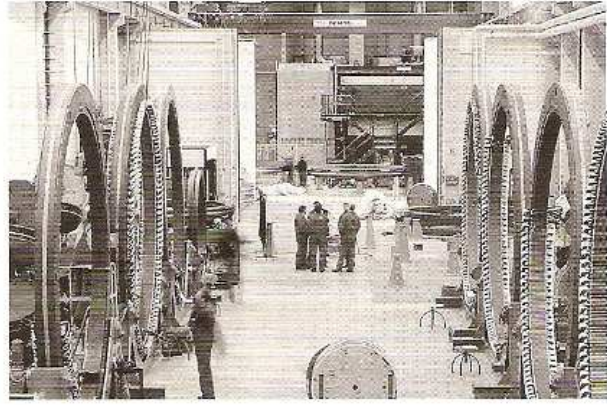
### Der heutige Markt für Windenergieanlagen

Die Windenergiebranche hat sich mittlerweile als innovativer, zukunftsorientierter Industriezweig der High-Tech-Branche etabliert. Der bundesweite Umsatz der Windbranche stieg im Jahr 1997 auf 1,26 Mrd. DM (69). In der deutschen Windbranche sind innerhalb weniger Jahre rund 10.500 direkte und indirekte Arbeitsplätze geschaffen worden, weitere 1.500 Arbeitsplätze sind im Ausland, hauptsächlich in Dänemark, durch den deutschen Markt entstanden (45). \* Die Tendenz ist weiter steigend. Nach dänischen Untersuchungen werden zur Produktion und Installation von einem Megawatt Windenergieleistung rund 25 Arbeitskräfte benötigt (78).

In ihrem aktuellen "Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan" für den Bereich der erneuerbaren Energien plant die Europäische Union die derzeit europaweit installierte Windenergieleistung von ca. 5.000

### 13. Einblick in die Produktion und Montage von Windkraftanlagen.

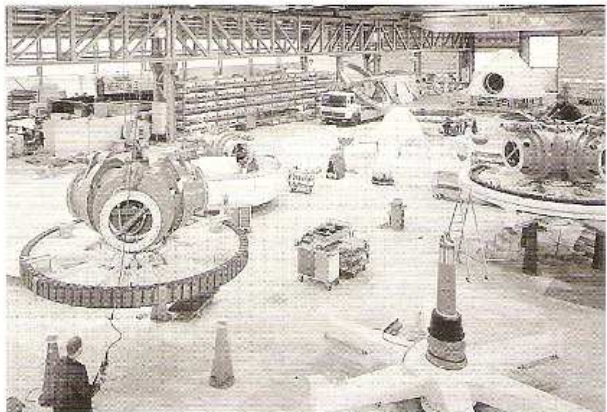
(a) Generatorfertigung



(b) Rotorblatt-Produktion.

FOTOS: ENERCON

(c) Mechanik-Halle, zu sehen sind Rotoren mit Naben



Megawatt um das 8-fache auf 40.000 Megawatt bis zum Jahre 2010 zu erhöhen (53).

Der europäische Windenergie-Verband (EWEA) schätzt, daß bis zum Jahr 2010 im Windenergiesektor zwischen 190.000 und 320.000 Arbeitsplätze geschaffen werden, wenn eine Windenergiekapazität von 40 Gigawatt (GW) installiert wird. (62)

*\* Für die Verdienste um die Entwicklung dieser zukunftsweisenden Technologie wurde der Unternehmensgründer des führenden deutschen Windenergieanlagen-Herstellers ENERCON Aurich, Dipl.-Ing. Aloys Wöbben, neben zahlreichen internationalen Auszeichnungen 1997 in Berlin durch den Bundespräsidenten mit dem Bundesverdienstkreuz ausgezeichnet.*

*Eine Studie der Europäischen Sonnenenergievereinigung Eurosolar belegt, daß durch den konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien auf das Dreifache bis zum Jahr 2010 in Europa sogar zwei Millionen neue Arbeitsplätze entstehen können - davon allein 140.000 in der Windindustrie. (15)*

### Windweltmeister Deutschland

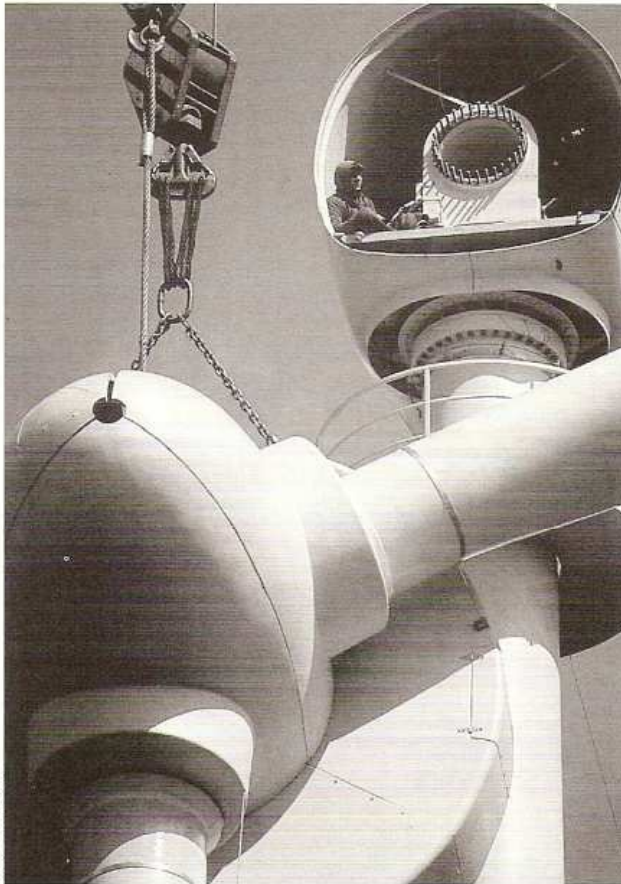
Mit Stand Ende 1997 sind in der Bundesrepublik Deutschland 5.176 Windenergieanlagen mit einer Anschlußleistung von 2.079 Megawatt installiert. In Bezug auf die installierte Leistung hat Deutschland die traditionellen Wind-





Foto: Tacke

(d) Rotor der Tacke-1,5-Megawatt-Klasse vor der Montage



(e) Aufbau einer ENERCON-40

Foto: ENERCON

(f) Aufbau einer ENERCON-66



Foto: ENERCON

energie-Länder USA und Dänemark überrundet (Tab. 4).

Die Marktanteile der Anbieter können den Grafiken der Abb. 23 entnommen

werden. Während der Anteil von Windenergieanlagen kleiner und mittlerer Leistung ständig abnimmt, sind die Windenergieanlagen mit einer installierten

Leistung zwischen 400 kW und 750 kW zur beherrschenden Größenklasse geworden. Die Nachfrage nach der Leistungsklasse über 750 kW wird hingegen immer größer und dürfte die zukünftige Marktentwicklung bestimmen. (90; Tab. 1/2)

In einem durchschnittlich windreichen Jahr können die Ende 1997 installierten Anlagen rund vier Milliarden Kilowattstunden (kWh) sauberen Strom produzieren. Dies entspricht:

- dem Stromverbrauch von 1,2 Millionen durchschnittlichen Haushalten (Jahresverbrauch 3.400 kWh)
- oder dem Stromverbrauch von zwei Millionen stromsparenden Haushalten (Jahresverbrauch 2.000 kWh/a) - oder
- der Jahresproduktion von zwei Steinkohlekraftwerken je 460 Megawatt.

Gegenüber der Stromerzeugung mit Steinkohle werden jährlich vier Millionen Tonnen des klimagiftigen Kohlendioxid vermieden. (51)

### Anteil des potentiellen Energieertrags aus Windenergieanlagen am Nettostromverbrauch norddeutscher Bundesländer (in Gigawattstunden)

| Bundesland               | Nettostromverbrauch 1994, GWh | geschätzter Jahresenergieertrag, GWh | Anteil am Nettostromverbrauch, % |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Schleswig - Holstein     | 12.316                        | 1.413                                | 11,5                             |
| Niedersachsen            | 46.198                        | 1.143                                | 2,5                              |
| Mecklenburg - Vorpommern | 5.217                         | 255                                  | 4,9                              |

Tab. 1: Anteil des potentiellen Energieertrags aus Windenergieanlagen (WEA) am Nettostromverbrauch norddeutscher Bundesländer. (Aus: 90)



## Anteil von Windenergieanlagen (WEA) unterschiedlicher Leistungsklassen (Megawatt) am geschätzten Jahresenergieertrag (Gigawattstunden)

| Anlagengröße   | WEA  | %    | MW       | %    | GWh  | %    |
|----------------|------|------|----------|------|------|------|
| 5 - 80 kW      | 742  | 14,3 | 43,001   | 2,0  | 52   | 1,3  |
| 80,1 - 200 kW  | 604  | 11,6 | 91,904   | 4,4  | 165  | 4,2  |
| 200,1 - 400 kW | 842  | 16,2 | 223,968  | 10,8 | 449  | 11,4 |
| 400,1 - 750 kW | 2846 | 54,8 | 1540,080 | 74,0 | 2975 | 75,2 |
| über 750 kW    | 159  | 3,1  | 182,600  | 8,8  | 313  | 7,9  |

Tab. 2: Anteil von Windenergieanlagen unterschiedlicher Leistungsklassen am geschätzten Jahresenergieertrag in Deutschland. (Aus: 90)

### Potentiale der Windenergienutzung

Der jährliche Stromverbrauch in Deutschland beträgt heute rund 450 Milliarden Kilowattstunden, wovon zur Zeit lediglich ein Prozent aus Windenergie gedeckt wird. Dennoch trägt die Windenergie in einigen Regionen schon beträchtlich zur Stromerzeugung bei. In Schleswig-Holstein wurden 1997 bereits 11,5% des Strombedarfs durch Windenergie gedeckt, im Landkreis Nordfriesland beträgt der Anteil sogar etwa 70%.

In Bezug auf das mögliche Windenergiepotential gibt es unterschiedliche Berechnungen, die zu Ergebnissen von 256 Mrd. kWh (23) bis zu 365 Mrd. kWh (72) kommen. In keinem ökologischen Energieszenario wird jedoch die vollständige Ausschöpfung des Windenergiepotentials gefordert. Der tatsächlich zu realisierende Ausbau wird aus Gründen z.B. der Raumordnung und des Naturschutzes geringer sein als das technische Potential. Ein Ausbauszenario könnte folgendes Bild haben: Es gelingt, den Stromverbrauch entgegen dem Trend auf einem Niveau von 450 Mrd. kWh/a zu stabilisieren. Davon könnten in einem Mix mit anderen regenerativen Energien ein Drittel bzw. 150 Mrd. kWh/a aus Windenergie gewonnen werden. Denkbar sind 50% auf dem Festland und 50% offshore. Anlagen auf dem Festland sollen eine durchschnittliche Leistung von 1,5 Megawatt und 2.000 Volllaststunden erreichen, Anlagen im Off-shore-Bereich (Abb. 25) dagegen eine Leistung von 5 Megawatt und 3.000 Volllaststunden. Demnach könnten 25.000 Anlagen auf dem Festland und 5.000 Anlagen vor der Küste errichtet werden. (42)

Eine EU-Studie zur Potentialschätzung von Offshore-Windenergieanlagen zeigt, daß schon Standorte bis zu einer Wassertiefe von 10 m in einem 10 km-Offshore-Gebiet die Hälfte des EU-Jahres-

stromverbrauchs von gut 17.000 Terawattstunden (TWh) bereitstellen könnten (64). Auch hier sind die auf Seite 1 genannten Vorgaben zu beachten.

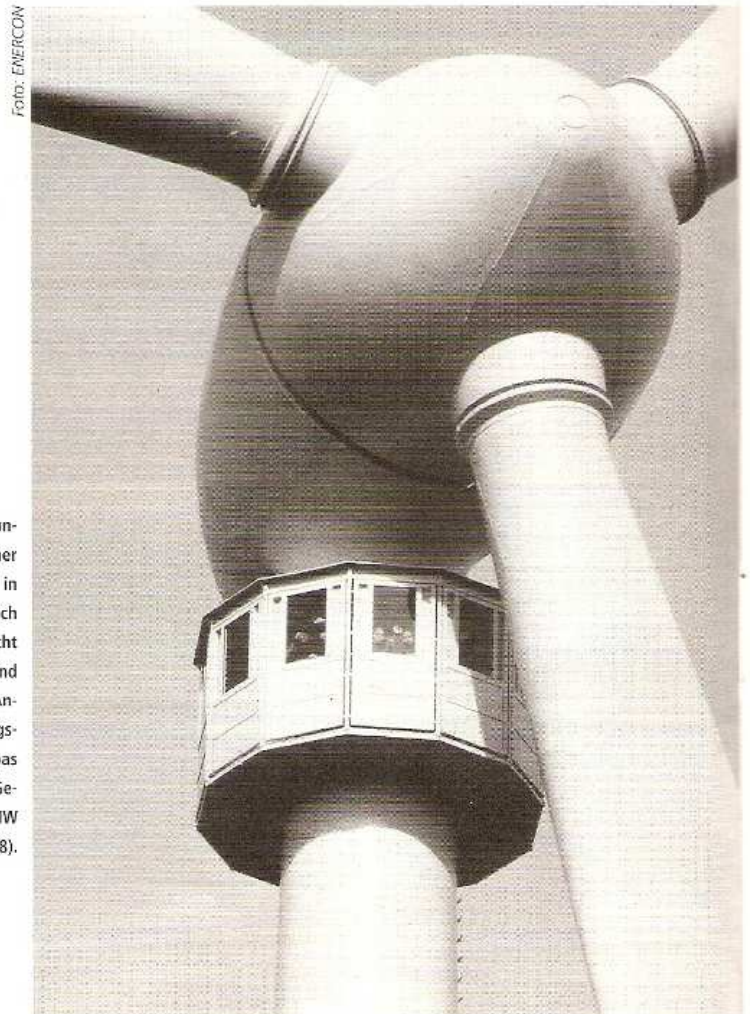
### Das rechtliche Umfeld

Mit der Verabschiedung des Stromeinspeisegesetzes vom 01.01.1991 trug der Bundestag dem Wettbewerbsnachteil der regenerativen Energien Rechnung, den diese aus dem alleinigen Stromerzeugungs-, -durchleitungs- und -verteilungsrecht der großen Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu erleiden haben. Gemäß § 2 in Verbindung mit § 3 des Stromeinspeisungsgesetzes (StrEG) sind

die Stromversorgungsunternehmen dazu verpflichtet, den Lieferanten von aus Windenergie erzeugtem Strom eine kostengerechte Vergütung von zur Zeit 16,79 Pf/kWh zu zahlen.

Im Rahmen der Novellierung des StrEG und Energiewirtschaftsgesetzes im Jahre 1998 wurde die Aufnahmeverpflichtung der Stromversorger für Strom aus regenerativen Energien jedoch auf 5 bzw. 10% des in ihrem Versorgungsgebiet erzeugten Stromes begrenzt. Doch nach wie vor steht das StrEG im Kreuzfeuer der Kritik, insbesondere derjenigen Stromversorger, in deren Versorgungsgebiet der meiste Windstrom erzeugt wird.

14. Ein Aussichtsrondell unterhalb der Gondel einer ENERCON-66 / 1,5 MW in Westerholt/Holtriem nördlich von Aurich ermöglicht Touristen eine weit ins Land reichende Fernsicht. Die Anlage gehört zum leistungsstärksten Windpark Europas aus 35 WKA mit einer Gesamtleistung von 52,5 MW (eingeweiht 1998).





# Gründe für die Nutzung von Windenergie

- **Windenergie ist schadstofffrei, schützt Luft, Boden, Wasser, Gesundheit**

**Sie verursacht bei ihrer Nutzung**

- keine Abgase
- keine Abwässer
- keine radioaktiven Abfälle
- keine Aschen und Filterstäube
- keine Allergene, die Asthmatiker (Atemwegserkrankte) gefährden

- **Windenergie ist unerschöpflich**

Sie wird unbegrenzt und kostenlos angeboten, während die endlichen Ressourcen Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran immer knapper und teurer werden.

Der Dt. Bundestag hielt schon 1990 rd. 70% der Gesamtenergie aus erneuerbaren Quellen bis 2050 für realisierbar

- **Windenergie ist sicher**

- Sie ist eine heimische Energie
- Mehr Nutzung macht weniger abhängig von Konflikten um fossile Energievorräte
- Der Windstrom kann problemlos in das europaweite Stromnetz eingespeist werden
- Teure Polizeieinsätze wie bei Atomanlagen erübrigen sich Windmühlen können nach beendeter Betriebszeit abgeschraubt und recycelt werden
- Eine Mißbrauchskontrolle (zumal ununterbrochen wie bei Atomanlagen) ist nicht erforderlich
- Windenergieanlagen sind konfliktarm und leisten einen wirkungsvollen Beitrag zum internationalen Frieden

- **Windenergie wird gern gesehen (15,27,51)**

- Laut Emnid-Umfrage I/97 sehen 88% der Bevölkerung Windenergieanlagen als positive Bauwerke an
- In der Gemeinde Wangerland (Friesland) ergab eine Umfrage 1997 eine 95%ige Zustimmung
- Naturschutzverbände, Gewerkschaften, Bauernverband und Kirchen haben sich übereinstimmend für die ökologischen Vorzüge

der Windkraft ausgesprochen

- Sie verbessert die Lebensqualität global

- **Windenergie schützt Klima und Landschaft**

- Jede Kilowattstunde Windstrom vermeidet gegenüber der Stromerzeugung aus Kohle rd. 1 Kilogramm Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), dessen Zunahme für die Erwärmung der Erde verantwortlich ist. Einsparungen an Abgasen: 1998 = 2%, 2005 = 6%, langfristig 56% der von der Bundesregierung angestrebten CO<sub>2</sub>-Reduzierung

- Jede Kilowattstunde (kWh) Windstrom spart über 3 kWh schadstoffträchtiger konventioneller Primärenergie ein

- Braunkohleabbau benötigt für 150 Mrd kWh 700 km<sup>2</sup> Fläche, Windkraft bei gleicher Stromerzeugung nur 1/28 davon (25 km<sup>2</sup>); Garzweiler II (NRW) erbringt in 40 Jahren 30 Mrd kWh/a, dezentral erbrächte Windkraft mit 288 Mrd kWh die knapp 10fache Windstrommenge für mehrere Generationen

- **Windenergiegewinnung durch Spitzentechnologie**

- Neue Technologie in Maschinenbau und Elektrotechnik machen installierte Leistungen von 1.500 Kilowatt pro Anlage bei 99%iger Zuverlässigkeit möglich
- Die Windenergie-Ausbeute von 40-45% ist vergleichsweise hoch
- Windleistungen sind lt. Wetterdaten vorhersagbar und gegenüber Vorlieferanten kostengünstiger
- Die deutsche Kraftwerks-Überkapazität liegt bei 40%, der 20%ige Anteil der Atomkraftwerke ließe sich somit ohne technische Nachteile problemlos abschalten
- 1 Windkraftwerk von 1,5 Megawatt (MW) erzeugt 3,5 Millionen kWh - genug für 1.000 Haushalte
- In weniger als 6 Monaten hat diese Anlage diejenige Energie erzeugt, die für seine Herstellung, Unterhaltung und Entsorgung notwendig ist

- In 20 Jahren läßt sich 40-85mal soviel Energie gewinnen wie für ihre Errichtung, ihren Betrieb und ihre Entsorgung verbraucht wird (konventionelle Kraftwerke nur 0,3-0,4 fach!)

- **Der jährliche Stromverbrauch in Deutschland beträgt heute etwa 450 Milliarden kWh**

- Das Windpotential liegt bundesweit bei 350 Mrd kWh, davon wird z.Zt. lediglich 1% genutzt
- Der Volkswirtschaftliche Nutzen jeder eingespeisten kWh = 31 Pf/kWh (dagegen bei Kohle /Kernenergie = -20/-45 Pf/kWh); energiebedingte Umwelt-/Gesundheitsschäden, z.B. der Atemwege, werden größtenteils aus dem Staatshaushalt bezahlt
- EVU erhalten 29-45 Pf/kWh, private nur 16,79 Pf/kWh, damit haben EVU an Windstrom 1998 rd. 300 Mio DM verdient

- **Deutsche Windenergie-Technologie gehört zur internationalen Spitzengruppe**

- Die Vermarktung ist (trotz vieler Hindernisse) stark expansiv und entsprechend dauerhaft arbeitsplatz-wirksam
- In den vergangenen Jahren wurden bei einem Strommarktanteil von 1% 12.000 Arbeitsplätze geschaffen
- Für Atomstrom mit 40% Marktanteil werden 40.000 Menschen beschäftigt, für Steinkohlestrom (20%) 80.000. Die Windindustrie hat somit den vierfachen Arbeitsplatzeffekt
- Sie sorgt für neue Perspektiven in strukturschwachen Gebieten, verhindert Kaufkraftabfluß durch Stromimporte, fördert Gewerbesteuern, landwirtschaftliche Betriebe und den Außenbereich (z.B. Aussiedlerhöfe, Dorfgemeinschaften, Kläranlagen)
- Die Großindustrie (z.B. Preussen Elektra) sieht die Erfolge und begann 1997 mit ENERCON (Aurich) zu kooperieren, die amerikanische ENRON übernahm die Fa. Tacke (Salzbergen/Nds.).