

Diese fordern ähnlich wie bei der Steinkohle- eine bundesweite Umlagerung der Kosten für Windstrom.

Die teilweise massiven Kampagnen der Stromversorgungsunternehmen gegen die Windenergie dürften betriebswirtschaftliche Gründe haben. Die Stromversorgungsunternehmen können den für 16,79 Pf/kWh angekauften Windstrom teurer wieder verkaufen, wie ein Blick auf die Stromrechnung zeigt. Dennoch sind sie am Ankauf von Windstrom nicht interessiert, da sie über massive Überkapazitäten verfügen und ihren Strom in i.d.R. bereits abgeschriebenen Kraftwerken noch billiger produzieren können. Zum anderen stellt für sie als (noch) gesetzlich geschützte Monopolunternehmen das Erscheinen von Mitbietern eine ungewöhnliche Situation dar, die sich durch die anstehende Liberalisierung der Energiemärkte weiter verschärfen dürfte.

Der physikalische Hintergrund

Windenergieanlagen setzen die Bewegungsenergie des Windes in eine Drehbewegung um. Mittels dieser Drehbewegung kann ein Generator zur Stromproduktion betrieben werden. Eine Windenergieanlage entzieht dem Wind Energie. Die im Wind enthaltene Energie ist stark von der jeweiligen Windgeschwindigkeit abhängig. Die Windenergie folgt der Grundbeziehung der kinetischen Energie (Bewegungsenergie):

$$E_{kin} = 1/2 \times m \times v^2$$

(E_{kin} = Betrag der kinetischen Energie, m = Masse, v = Geschwindigkeit)

Der Rotor einer modernen Windenergieanlage überstreicht eine Kreisfläche. Die Masse der Luft, die diese Fläche durchströmt, ist in einem zylinderförmigen Luftvolumen enthalten, das pro Sekunde die Kreisfläche des Rotors passiert (Abb. 15). Sie setzt sich somit aus der Dichte der Luft ($\rho = p$, ca. 1,22 kg/m³); sie nimmt pro 1.000 m Höhe über NN um ca. 10% ab, der vom Rotor überstrichenen Kreisfläche (A in m²) und der Windgeschwindigkeit (v in m/s) zusammen.

$$m = p \times A \times v$$

Setzt man die zweite in die erste Gleichung ein, ergibt sich die Energie des Windes aus der Beziehung:

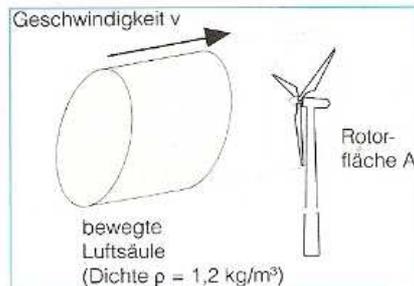
$$E_{kin} = 1/2 \times p \times A \times v \times v^2 \text{ bzw.}$$

$$E_{kin} = 1/2 \times p \times A \times v^3 \text{ (Watt)}$$

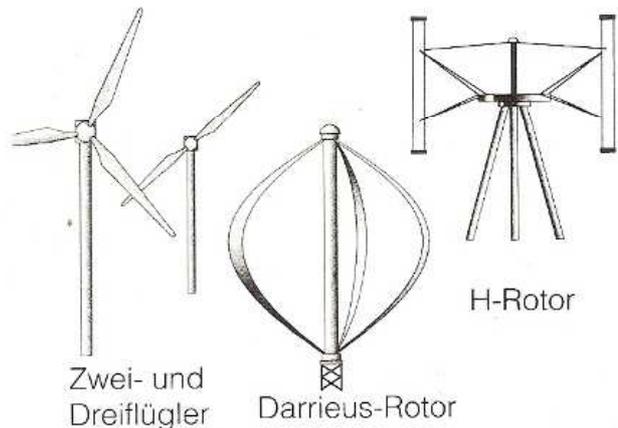
Die Windgeschwindigkeit geht mit der 3. Potenz in die Gleichung ein. Die Verdoppelung der augenblicklichen Wind-

geschwindigkeit führt zu einer Steigerung der Leistung des Windes um das 8-fache. Die Erhöhung der Windgeschwindigkeit von 5 m/s auf 6 m/s erhöht die Leistung des Windes um ca. 80% (Abb. 21).

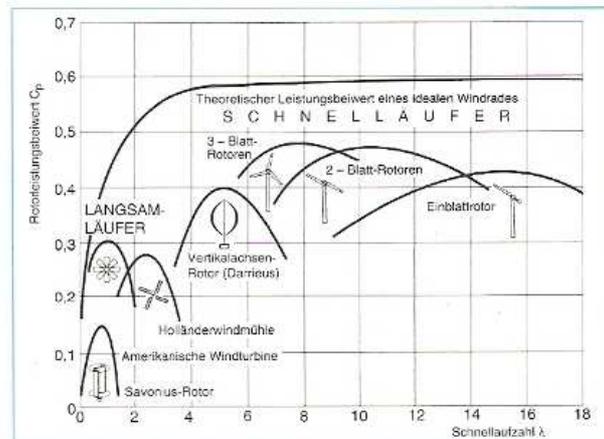
Die vom Wind durchströmte Fläche ist bei Windenergieanlagen durch die vom Rotor überstrichene Fläche bestimmt. Die Verdoppelung der Rotorblattlänge führt zu einer Verdoppelung des Rotorkreisradius und damit zu einer Vervierfachung der auszubewertenden Windleistung. Damit kann über die Länge der Rotorblätter Einfluß auf die nutzbare Leistung des Windes genommen werden. Mit steigender Blattlänge wachsen jedoch die statischen und dynamischen



15. Windenergie als Bewegungsenergie von Luftmassen (Aus: 04)



16. Bauformen von Windrotoren (Aus: 04)



17. Leistungskennlinien verschiedener Rotorbauarten (Aus: 92)

Belastungen an, was in der Auslegung der Strukturen der Flügel zu berücksichtigen ist. (Abb. 17)

Wie auch bei anderen Energiequellen kann die im Medium, dem Wind, enthaltene Energie nicht vollständig in elektrische Energie umgesetzt werden (bei dem Prozeß der Stromerzeugung durch die Verbrennung herkömmlicher Energieträger gehen beispielsweise mehr als 2/3 der in den eingesetzten Energieträgern enthaltenen Energie ungenutzt verloren). Die Rotorblätter moderner Windkraftanlagen haben aerodynamische Profile ähnlich denen von Flugzeugen. Diese Profile bewirken im üblichen Betriebsbereich größtenteils Auftriebskräfte, die zum Teil in Drehrichtung des Rotors wirken. Damit können dem Wind theoretisch knapp 60% (sog. Betz-Faktor) seiner Leistung entzogen werden. Dieser Wert wird als Leistungsbeiwert c_p bezeichnet. Der Gesamtwirkungsgrad ($C_p \times \eta$) liegt deutlich niedriger, da alle in einer Anlage verwendeten Komponenten zu den Leistungsverlusten beitragen. Die zur Zeit erreichbaren $c_p \times \eta$ -Werte liegen bei ca. 40-45% der Windleistung. (20)



18. Entwicklung von Windenergieanlagen, aufgezeigt an verschiedenen Versionen der Fa. ENERCON: (a) Prototyp der E-12 (30 kW)

Foto: ENERCON

Bauweisen moderner Windenergieanlagen

Die Geschichte der Windenergieanlagen-Entwicklung hat unterschiedlichste Formen von Windenergieanlagen und Anlagenkonzepten hervorgebracht. So gab es Anlagen mit vertikaler und horizontaler Achse, Anlagen mit einer Flügelanzahl von 1 bis 4 und mehr Flügeln, Lee- und Luv-Läufer. (Abb. 17)

Die Rotorblätter

Aus Gründen der Aerodynamik, Statik, der Materialeffizienz, des Windenergieertrages, der Optik und Geräuschentwicklung werden die heutigen Windenergieanlagen fast ausschließlich mit Dreiblattrotoren als Luv-Läufer gebaut (der Rotor dreht – in Windrichtung gesehen – vor dem Turm). Die Rotorblätter moderner Windenergieanlagen entsprechen moderner Luftfahrttechnik und sind nach aerodynamischen Gesichtspunkten gebaut (Abb. 16/17). Die Drehung des Rotors entsteht nicht mehr nur nach dem Widerstandsprinzip, wie bei den früheren Windmühlen, sondern auch durch aerodynamische Auftriebs-

kräfte, die an den Flügelprofilen wirken.

Die Leistung einer Windenergieanlage ist abhängig von der jeweiligen Windgeschwindigkeit. Daher läßt sich die Leistung der Anlage sinnvoll nur bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit angeben. Die sogenannte Nennleistung wird in der Regel bei Werten zwischen 10 und 13 m/s erreicht. (Tab. 3, Abb. 21)

Weil die Leistung aber mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ansteigt, ist die Nennleistung gleichzeitig auch die Höchstleistung. Denn hätte beispielsweise eine Windenergieanlage bei 10 m/s eine Leistung von 200 kW, dann wäre ihre Leistung bei 20 m/s schon achtmal so groß, also 1600 kW (= 1,6 Megawatt). Diese hohe Leistung könnten aber weder der Generator noch die anderen Teile der Anlage verkraften. Aus diesem Grunde muß die Leistung begrenzt (abgeregelt) werden.

Leistungsbegrenzung

Zur Drehzahl- und/oder Leistungsbegrenzung gibt es zwei prinzipielle Regulationsarten, die beide auf aerodynamischen Prinzipien beruhen:

- Bei kleineren Anlagen (Rotordurchmesser bis etwa 20 m) erfolgt in der Regel die Drehzahlbegrenzung durch den aerodynamischen *Stall-Effekt* (engl. to stall: abrutschen, überziehen). Das bedeutet, daß die Rotorblätter so gestaltet bzw. montiert werden, daß die Luftströmung entlang den Rotorblättern ab einer bestimmten Windgeschwindigkeit in zunehmendem Maße abreißt (92). Durch diesen Strömungsabriß wird der wirkende Auftrieb verringert und der Widerstand erhöht sich, wodurch die Leistung oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit abfällt. Die Vorteile der Stall-Regelung liegen in dem einfachen, kostengünstigen Aufbau. Die Nachteile sind in hohen aerodynamischen und mechanischen Belastungen der Anlagenkomponenten, der Notwendigkeit einer zuverlässigen Betriebsbremse sowie des schlechten windbedingten Anlaufs der Anlage nach einem Stillstand zu sehen.
- Bei größeren Anlagen werden die Blätter um ihre Längsachse gedreht, um die Leistung abzuregeln. Die aktive Blattverstellung oder *Pitch-Regelung* (engl. pitch: Neigung/Schrägung) beeinflusst durch Änderung des Blattstellwinkels den Auftrieb am Blatt. Oberhalb der Nennleistung wird die Leistungsaufnahme durch die Blattverstellung auf die Nennleistung geregelt. Bei diesem Bauprinzip können die Rotorblätter kontinuierlich optimal zum Wind ausgerichtet werden, wodurch eine tendenziell bessere Windenergieausbeute insbesondere bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten erzielt werden kann. Die Pitch-Regelung ermöglicht ein rein aerodynamisches Anfahren des Rotors ohne Fremdenergie. Die Bremsung der Anlage erfolgt durch das Verdrehen der Flügel ebenfalls rein aerodynamisch, eine gesonderte hydraulische Bremse ist überflüssig. Zwar erfordert die Blattverstellung mehr bewegliche Teile und damit einen höheren mechanischen Aufwand als bei stall-geregelten Anlagen. Doch sind die am Rotor wirkenden Kräfte bei pitch-geregelten Anlagen im allgemeinen geringer als bei stall-geregelten Anlagen. Hierdurch wird die Schubbelastung auf den Turm und das Fundament deutlich verringert, was Materialeinsparungen und Gewichtsreduzierungen in der tragenden Struktur möglich macht.

Das elektrische System

Die Bauweisen heutiger Anlagen sind neben der verwendeten Leistungsregelung durch weitere Kriterien voneinander abgrenzbar. Das elektrische System der Anlagen läßt sich beispielsweise nach dem Generatortyp (Synchron- oder Asynchrongenerator und ihre Abwandlungen) und der Betriebsweise (Inselbetrieb, direkte und indirekte Netzkopplung) unterscheiden:

- Synchrongeneratoren können direkt oder über einen Wechselrichter ans Netz angeschlossen werden, benötigen keinen Blindstrom und haben einen hohen Wirkungsgrad. Bei direkter Netzkopplung ohne Wechselrichter werden alle Leistungsschwankungen der Windkraftanlage ungedämpft übertragen, weshalb Zusatzeinrichtungen zur Erreichung der Netzsynchrosation erforderlich werden.
- Asynchrongeneratoren erlauben eine relativ einfache Netzsynchrosation, sind robust und wartungsarm, belasten das Netz aber mit Blindstrom. Sie sind in der Regel weicher ans Netz zu koppeln als Synchrongeneratoren, haben jedoch einen etwas geringeren Wirkungsgrad.

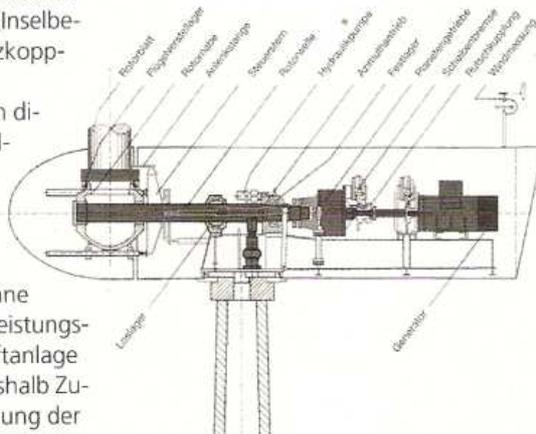
Moderne Windenergieanlagen arbeiten entweder im Inselbereich, mit direkter oder mit indirekter Netzkopplung:

- Im Inselbetrieb finden üblicherweise Synchron- oder Gleichstromgeneratoren Verwendung. Hier hängt die Netz-

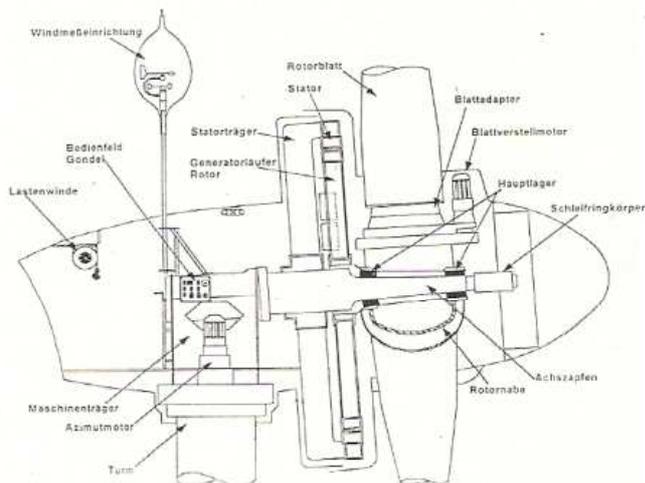
frequenz von der Drehzahl des Rotors ab. Um im Inselbetrieb eine möglichst konstante Frequenz zu erhalten, wird hier eine Drehzahlregelung der Anlage erforderlich. Sofern das Netz die erzeugte Leistung nicht aufnehmen kann, muß die Anlage auf Teillastbetrieb

trieb (Betrieb unterhalb der Nennleistung) geregelt werden können. Zur Abfederung windschwächerer Zeiten ist die Integration von Energiespeichern (Batterie, Warmwasserspeicher etc.) oder anderen Energieerzeugern (Dieselgenerator, Photovoltaik etc.) in das Inselnetz erforderlich.

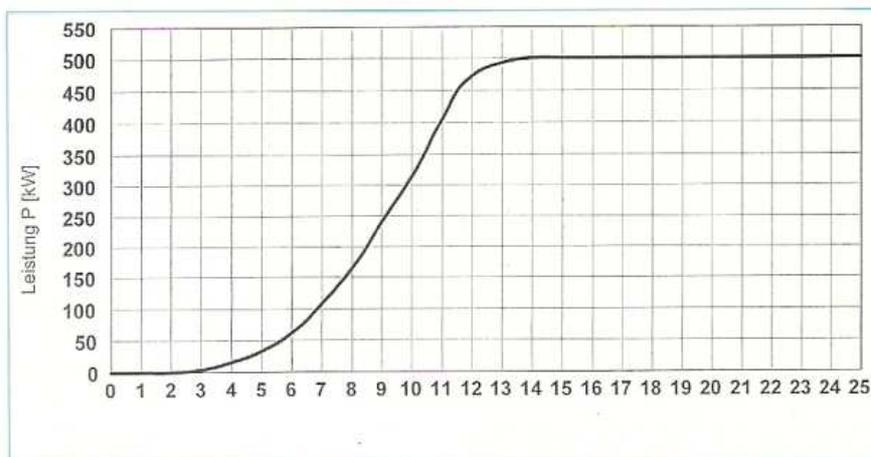
- Im Falle der direkten Netzkopplung muß der Rotor mit nahezu konstanter (Asynchrongenerator) bzw. konstanter (Synchrongenerator) Drehzahl arbeiten und eine Leistungsregelung besitzen. In einem starken Netz (geringer Windenergieanteil) kann die ganze angebotene Leistung aufgenommen werden. In einem schwachen Netz (hoher Windenergieanteil) kann nicht immer die gesamte Leistung aufgenommen werden, weshalb hier eine Regelung auf Teillastbetrieb notwendig ist. (20)



19. Das Maschinenhaus der ENERCON-32 im Querschnitt (Aus: 22)

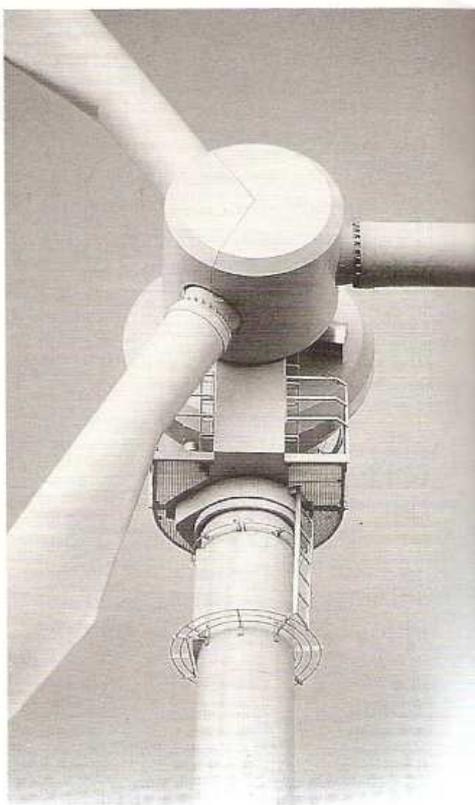


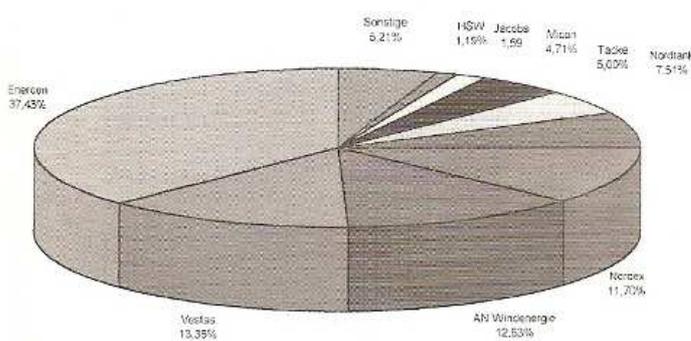
20. Querschnitt durch die Gondel der ENERCON-40 (Aus: 21)



21. Leistungskennlinie einer ENERCON E-40

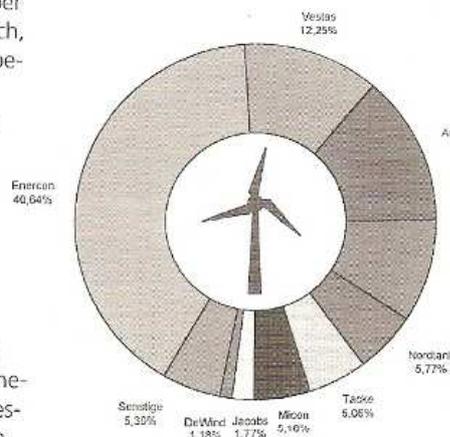
22. Entwicklung von Windenergieanlagen, aufgezeigt an verschiedenen Versionen: (b) ENERCON 30 (200 kW)





23a/b Installierte Leistung und errichtete Anlagen nach Herstellern 1997 (Aus: 71)

- Bei der indirekten Netzkopplung über einen Wechselrichter wird es möglich, Anlagen mit variabler Drehzahl zu betreiben. Der zwischengeschaltete Frequenzrichter formt dabei die unterschiedlichen Frequenzen des durch die variable Drehzahl erzeugten Stroms derart um, daß der Strom problemlos in das Netz eingespeist werden kann. Eine variable Drehzahl bringt den Vorteil mit sich, daß auch die in stärkeren Böen enthaltene kinetische Energie flexibel geerntet und somit eine höhere Windenergieausbeute und ein besserer Wirkungsgrad erreicht werden kann. Zudem vermindern sich die dynamischen Belastungen auf den mechanischen Triebstrang, was sich positiv auf die Lebensdauer der Anlagen auswirken dürfte.



Getriebe

Es gibt Windenergieanlagen mit oder ohne Getriebe. Bei den nach dem traditionellen "dänischen Konzept" gebauten Windenergieanlagen mit Getriebe wird die niedrige Drehzahl des Rotors (zwischen 15/min bei Rotordurchmesser > 100 m und 200/min bei Rotordurchmesser < 8 m) über ein Getriebe auf die hohe Generatorzahl übersetzt. Verwendung finden in der Regel Stirnrad- und Planetengetriebe, die sich in Bezug auf Platzaufwand, Gewicht und Wirkungsgrad unterscheiden. (Abb. 13c, 19, 20)

Neben dem traditionellen "dänischen (Getriebe-)Konzept" hat sich seit dem Jahre 1992 mit der 500 kW starken E-40 (das "E" ist die Abkürzung des Firmennamens "ENERCON", die Zahl beschreibt den Rotordurchmesser von 40 m) ein völlig neues Anlagenkonzept am Markt durchgesetzt, das getriebefreie Konzept des deutschen Herstellers ENERCON in Aurich. Die E-40 als erste

getriebefreie Anlage ihrer Art wurde mittlerweile über 1.300 mal installiert und ist damit die in ihrer Leistungsklasse meistgebaute Windenergieanlage der Welt. (Abb. 1)

Bei dieser drehzahlvariablen Anlage mit aktiver Blattverstellung (Pitch - Regelung) bilden Ringgeneratoren und Rotor eine Einheit ohne Getriebe. Die Rotornabe ist direkt mit dem Generator-Läufer verbunden, so daß der Generator mit derselben Drehzahl rotiert. (Abb. 20)

Fehlen Getriebe und andere schnell-drehende Teile, reduzieren sich der Energieverlust zwischen Rotor und Generator, die Geräuschemission, der mechanische Verschleiß und die Reibungsverluste im Getriebe. Ölwechsel entfallen gänzlich.

Tragendes Element der Konstruktion ist der feststehende Achszapfen, auf dem die Nabe und der Rotor des Ringgenerators drehbar gelagert sind. Der Achszapfen ist fest mit dem Maschinenträger verbunden. Die im Ringgenerator erzeugte Leistung wird dem Stator entnommen und mit Hilfe von Kabeln

durch den Turm nach unten geführt.

Die gesamte Maschinengondel mit Rotor und den mechanischen Komponenten ist auf dem sogenannten Königszapfen gleitend gelagert und wird über Azimutmotoren, die von einer Windfahne auf der Gondel angesteuert werden, in den Wind gedreht. (Abb. 20)

Schwere Scheibenbremsen sind in der obigen Abbildung nicht zu finden. ENERCON-Windenergieanlagen werden ausschließlich aerodynamisch gebremst. Als Bremse dienen drei synchronisierte Blattverstellantriebe, die die Rotorblätter innerhalb weniger Sekunden aus dem Wind drehen und die Anlage sanft bremsen.

Die Anlagensteuerung besteht aus einem im Hause ENERCON entwickelten Mikroprozessorsystem, das sowohl die Sensorik der Anlagenkomponenten, als auch die Daten der Windrichtung und Windgeschwindigkeit abfragt und die Betriebsweise der Anlagen entsprechend den Windverhältnissen anpaßt. Dies geschieht über die Optimierung der entsprechenden Drehzahl und Blattanstellwinkel, die Windnachführung der Gondel und über die Leistungsabgabe des ENERCON-Generators.

Das Netzanbindungssystem wandelt den vom Generator erzeugten Strom entsprechend der Vorgaben des Elektrizitätsunternehmens in einspeisefähigen Wechselstrom um und liefert ihn über einen Transformator an das angeschlossene EVU-Netz. Die Form des eingespeisten Stroms ist sinusförmig und frei von störenden Oberschwingungen. Ein Hochfrequenzfilter sorgt für die Einhaltung der Grenzen bezüglich der Vorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit.

Die Netzeinspeiseeinheit ist über einen Gleichspannungszwischenkreis vom Generator der E-40 entkoppelt. Bildlich gesprochen ist damit der Rotor der Windenergieanlage wie mit einem weichen Gummiband mit dem elektrischen Netz verbunden. Diese elektrische Kupplung erlaubt der Elektronik, niederfrequente Leistungspendelungen auszuregulieren, so daß die Leistung der E-40 von 20 kW bis 500 kW exakt geregelt werden kann und keine für den Netzparallelbetrieb relevanten Flickerkoeffizienten entstehen. Durch diese Kombination der Technik ist ein Netzparallelbetrieb ohne komplizierte Anschlußbedingungen möglich. (21)

Planungsschritte

Die Errichtung einer Windenergieanlage bedarf einer sorgfältigen Planung (21). Die folgenden Planungsschritte ab der ersten Idee entsprechen einem idealtypischen Planungsablauf:

Auswahl des Standortes:

Die Windgüte eines Standortes muß durch Windmessungen, Standortgutachten oder durch die Erfahrungen benachbarter Betreiber festgestellt werden. Nur dort, wo ausreichend Wind weht, kann auch entsprechend viel Strom erzeugt werden. In der Regel sollen es mindestens 5,5 m/s in 30 Metern Höhe als jährlicher Mittelwert sein. Dieser Wert wird tatsächlich an vielen Stellen unseres Landes erreicht und überschritten, insbesondere an den Küsten und in den Mittelgebirgen. Aber auch in weiten Teilen des Flachlandes ist die Nutzung von Wind wirtschaftlich möglich (im Jahre 1996 wurden erstmals mehr Anlagen im Binnenland als an der Küste errichtet).

Eine Isoventen-Karte (oder Windhöf-figkeitskarte; sie zeigt Linien gleicher Windgeschwindigkeit), beispielsweise des Deutschen Wetterdienstes, des DEWI oder eines Landkreises, kann einen ersten Anhalt über die jeweiligen Windgeschwindigkeiten liefern.

Bei der Wahl des Standortes sind zahlreiche andere Faktoren zu beachten, wie z.B.:

- die vorgeschriebenen Grenzabstände zu den Nachbarn
- Aspekte des Natur- und Umweltschutzes (s.u.), der Raumordnung

(Vorrangstandorte bzw. Sonderbauflächen für WKA; Beispiele: 35/66/82)

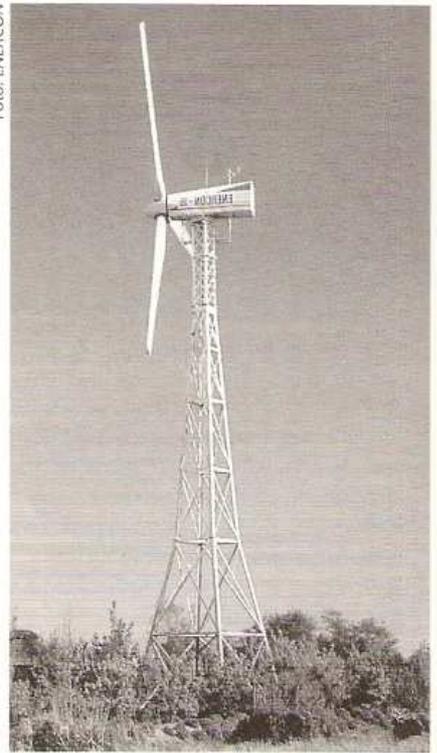
- die Kosten für den Anschluß an das EVU-Netz; der Standort sollte sich in der Nähe eines Umspannwerkes bzw. einer Mittelspannungsleitung befinden
- die Besitzverhältnisse, die Größe und der Baugrund des Grundstückes
- die Schallimmissionen der Anlagen; nach der Technischen Anleitung (TA) Lärm sind bestimmte Schalldruckpegel an den Immissionspunkten (Wohnhäusern) einzuhalten, was den Abstand der Anlagen von Wohnhäusern etc. beeinflusst
- die Zuwegung; die Zuwegung muß für Kran- und Montagefahrzeuge geeignet sein
- Abschattung der Windenergieanlagen; die Anlagen müssen so plaziert werden, daß sie sich nicht gegenseitig den Wind nehmen
- psychologische Aspekte (Turmanstrich, ungerade Zahlen usw., vgl. 37)

Leistungsbeurteilung und Auswahl der Windenergieanlage

Kriterien für die Auswahl der Anlage bzw. des Anlagenherstellers können sein:

- die Leistungskurve der Windenergieanlage; die Leistungskurve zeigt die erzeugte Leistung in Abhängigkeit von der jeweiligen Windgeschwindigkeit
- der prognostizierte jährliche Energieertrag pro m² überstrichener Rotorfläche

Foto: ENERCON



24. Entwicklung von Windenergieanlagen, aufgezeigt an verschiedenen Versionen der Fa. ENERCON: c) E-15 (55 kW), [d) E 40 (500 kW, siehe Abb. 1)]

25. (Rechts) Offshore Windenergieanlage von Nedwind vor der niederländischen Küste, leistungsstarke Anlagen außerhalb des Nationalparks

- die technische Zuverlässigkeit der Anlage
- Größe und Ruf der Herstellerfirma
- Wartungs- und Reparaturdienst
- das Preis-/ Leistungsverhältnis

Tabelle für Windgeschwindigkeiten und Windstärken

Windstärke	m/s	km/h	Auswirkungen
0	0,0- 0,2	1	
1	0,3- 1,5	2- 5	nur am Rauch erkennbar
2	1,6- 3,3	6- 11	Blätter bewegen sich
3	3,4- 5,4	12- 19	dünne Zweige bewegen sich
4	5,5- 7,9	20- 28	dünne Äste bewegen sich
5	8,0- 10,7	29- 38	kleine Bäume bewegen sich
6	10,8- 13,8	39- 49	Pfeifen an Drähten
7	13,9- 17,1	50- 61	Hemmung beim Gehen
8	17,2- 20,7	62- 74	Zweige brechen
9	20,8- 24,4	75- 88	kleine Schäden an Dächern
10	24,5- 28,4	89- 102	entwurzelte Bäume, mittlere Schäden
11	28,5- 32,6	103- 117	schwere Sturmschäden
12	32,7- 36,9	118- 133	an Land äußerst selten, schwere Schäden

Tab. 3: Windgeschwindigkeiten und Windstärken (Aus: 22)

Information der Öffentlichkeit

Die Information der Anwohner sowie der Natur- und Umweltschutzverbände ist meist die Voraussetzung für eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung.

Bauantrag

Zunächst sollte bei der zuständigen Gemeinde oder Stadt nachgefragt werden, ob im Gemeindegebiet im Rahmen eines Regional- oder Flächennutzungsplanes eine Vorrangfläche für Windenergie besteht oder in Planung ist (s. Standortwahl).

Dem Bauantrag sollte zur Planungs erleichterung eine Bauvoranfrage bei der zuständigen Genehmigungsbehörde (Landkreis, Kreisfreie Stadt, bei Großvorhaben: Bezirksregierung) vorausgehen. Im endgültigen Genehmigungsverfahren

Foto: Lex Salverda

werden neben den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen Aspekte des Lärm-, Natur- und Landschaftsschutzes berücksichtigt, Ausgleichsmaßnahmen können auferlegt werden.

Netzanschlußangebot vom zuständigen EVU

Parallel zum Bauantrag sollte beim Regionalversorger, also dem Energieversorgungsunternehmen (EVU) ein konkretes, kostendetailliertes Angebot für den Netzanschluß eingeholt werden.

Finanzierung

Vor dem Gespräch mit der Hausbank hinsichtlich der Finanzierung des Projektes ist zunächst der zur Verfügung stehende Eigenkapitalanteil zu prüfen. Anschließend sollten Fördermöglichkeiten durch Bund und Länder erfragt werden.

Aspekte des Natur- und Umweltschutzes

Die wesentlichen Aspekte des Naturschutzes gehen auf *die Beeinflussung des Landschaftsbildes* und auf *die der Tierwelt* hinaus. Bei Windparks erfolgt die Analyse der Gesamtbelastung, aber auch der kompensativen Entlastung durch Umweltverträglichkeitsstudien (UVS/UVP).

Bürgerkritik und Umweltverträglichkeit

Wie anfänglich erwähnt, handelt es sich bei der Nutzung der Windenergie um eine traditionsreiche Technik. Daß trotzdem seitens einiger Bürger Widerstände und Ängste laut werden, dürfte zum Teil daran liegen, daß es sich bei der kommerziellen Windenergienutzung um eine relativ neue Technologie handelt, über deren Eigenschaften, Verwendung und Verwertung oft nur unzureichende Kenntnisse vorhanden sind. Ein Blick in die Geschichte zeigt, daß derartige Bedenken nicht ohne historische Parallelen sind. Als Benjamin Franklin in Amerika mit dem Blitzableiter eine erste praktische Anwendung für das Phänomen der Elektrizität fand, gab es Widerstände von Bauern und Wissenschaftlern, die Erdbeben, Trockenheit oder Vergiftung des Bodens fürchteten. Ähnliche Ängste äußerten manche ältere österreichische und bayerische Bäuerinnen noch nach dem zweiten Weltkrieg, als endlich auch ihr Gebirgstal oder ihr Bergdorf elektrischen Strom bekam (63). Als sich die Eisenbahn zu ihren Jungfernfahrten anschickte, gab es ebenfalls Wissenschaftler, die davon ausgingen, daß eine Geschwindigkeit von über 40 km/h schädlich für den menschlichen Organismus sein würde. Heute gibt es die Umweltverträglichkeitsstudie, ein

modernes Instrument, um Eingriffe in das vorhandene biologische Inventar abzuwägen, Varianten sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen vorzuschlagen und durchzusprechen (vgl. 48; Publ. d. UVP-Fördervereins 96).

Landschaftsbild und optischer Eindruck

Ohne Frage stellen Windenergieanlagen einen Einfluß auf das Landschaftsbild

dar. Ein Verstecken der Anlagen ist nicht möglich, da sie zumindest aus einer in der Hauptwindrichtung freien Fläche angeströmt werden müssen.

Die Beurteilung der Einflüsse ist zweifellos subjektiv. Von Befürwortern der Windenergie werden Windenergieanlagen als Bereicherung des Landschaftsbildes oder zumindest als nicht störend empfunden, zumal im Bewußtsein, daß es sich um eine abgasfreie Technik handelt. Kritiker sehen in den Windanlagen lediglich Einrichtungen, die das Landschaftsbild durch Präsenz, Höhe und Geräuschemission (zer)stören.

Manche Hersteller bemühen sich deshalb, den Anlagen ein Aussehen zu geben, das von den Anwohnern und Besuchern der Landschaften noch freundlicher empfunden wird. So hat beispielsweise der Hersteller ENERCON den Rortorkopf der E-66 von dem englischen Stardesigner Sir Norman Foster designen lassen. Die Türme werden mit einer Grünabstufung versehen und als Farbe wird ausschließlich ein Grauton verwendet, um Lichtreflexionen an der Anlage zu minimieren.

Daneben ist zu berücksichtigen, daß die Entwicklung größerer, leistungsstärkerer Anlagen weitere Vorteile mit sich bringt. Sie sind zwar auffälliger, dafür entfällt aber die Aufstellung vieler kleinerer Anlagen zugunsten weniger größerer Anlagen. Mit der Zunahme der Größe bzw. Leistung der Anlagen sinkt die Maximaldrehzahl der Rotorblätter deutlich, und die Anlagen bekommen einen optisch ruhigen Lauf.

Das Naturschutzgesetz regelt unter anderem die Beeinträchtigung der Natur durch neue Bauwerke. In diesem Gesetz findet jedoch keine Berücksichtigung, daß Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien auch einen Beitrag zum Naturschutz darstellen (im Gegenteil; eine Baugenehmigung erfolgt in der Regel unter der Auflage von durchzuführenden Ausgleichsmaßnahmen). Diese umweltfreundlichen Anlagen verursachen im Vergleich zur Nutzung herkömmlicher Energieträger (fossiler Brennstoffe, Kernenergie) nur sehr geringe Umweltbelastungen. *Die "Belastungen" liegen in einem geringen Flächenbedarf für Fundament und Zuwegung und im "optischen Eindruck". Solche "Belastungen" stellen bei den herkömmlichen Energieträgern die geringsten Probleme dar, weshalb dieser Bonus der regenerativen Energien auch gesetzlich honoriert werden sollte.*



Vertragsabschluss

Die Aufträge für die Erdarbeiten (Zuwegung), das Fundament, den Elektroanschluß und natürlich für die Anlage selbst sind zu vergeben.

Einweihung

Die Inbetriebnahme sollte mit allen Beteiligten im angemessenen Rahmen gefeiert werden.

Geräuschimmission / Infrasschall

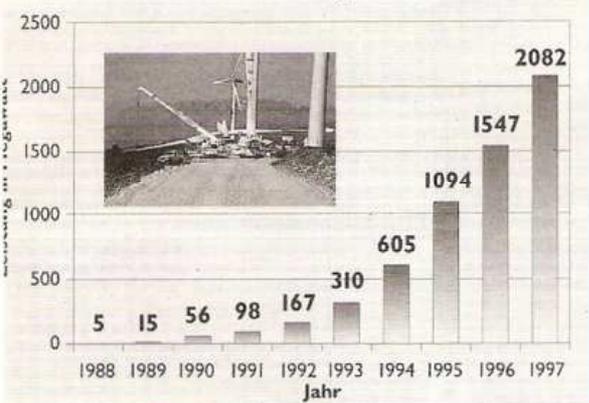
Genau wie andere Maschinen erzeugen Windenergieanlagen Geräusche. Nach dem heutigen Stand der Technik können Windenergieanlagen so gebaut werden, daß von ihnen ausgehende mechanische Geräusche keine Rolle mehr spielen. In Bezug auf die aerodynamischen Geräusche, die durch die Luftumströmung der Blattprofile und des Turmes entstehen, hat es in den vergangenen Jahren intensive Entwicklungen der Hersteller gegeben, die Geräuschentwicklung zu minimieren. So wurde von den älteren geräuschintensiven Gittermasten (ähnlich den 110 kV-Hochspannungsmasten; vgl. Abb. 10/11) Abstand genommen.

Es ist zu erwähnen, daß bei der Errichtung einer Windenergieanlage die nach der Technischen Anleitung Lärm (TA Lärm) vorgeschriebenen Richtwerte einzuhalten sind. Die TA Lärm setzt der Geräuschabstrahlung in der Nähe von Wohngebieten sehr enge Grenzen. Im

Windenergie Weltweit			
USA	1.611 MW	China	146 MW
Kanada	25 MW	Indien	940 MW
Latein - Amerika	44 MW	Sonstige	
Amerika gesamt	1.680 MW	(Korea, Japan, Malaysia,...)	21 MW
Dänemark	1.116 MW	Asien gesamt	1.107 MW
Finnland	12 MW	Australien und Neuseeland	8 MW
Frankreich	13 MW	Nordafrika	
Deutschland	2.081 MW	(Ägypten, Libyen, Marokko,...)	9 MW
Griechenland	29 MW	Mittlerer Osten	
Italien	103 MW	(Jordanien, Syrien, Israel,...)	18 MW
Irland	53 MW	Staaten der	
Niederlande	329 MW	ehemaligen Sowjetunion	19 MW
Portugal	39 MW	Sonstige Staaten	3 MW
Spanien	512 MW	Summe	57 MW
Schweden	122 MW	Weltweit (gerundet)	7.639 MW
Großbritannien	328 MW	Quelle: BTM Consult Aps	
Sonstige		(Stand Ende 1997)	
(Österreich, Belgien,...)	58 MW		
Europa gesamt	4.795 MW		

Tab. 4: Windenergie weltweit zum Stand Ende 1997

Ausbau der Windenergie in Deutschland



26. Die Entwicklung der Windkraftnutzung hat in Deutschland seit 1989 rasant zugenommen (Aus: IWET/DEWI in 15)

einzelnen sind die folgenden Grenzwerte (in Dezibel/Fläche) einzuhalten:

Gewerbegebiet	Tag: 65 dB(A) Nacht: 50 dB(A)
Mischgebiet	Tag: 60 dB(A) Nacht: 45 dB(A)
allgemeines Wohngebiet	Tag: 55 dB(A) Nacht: 40 dB(A)
reines Wohngebiet	Tag: 50 dB(A) Nacht: 35 dB(A)

Das bedeutet beispielsweise für verschiedene Anlagen der 500 kW-Klasse, daß folgende Abstände einzuhalten

sind: zu reinen Wohngebieten ca. 400 m (im Einzelfall mehr), ca. 300 m zu allgemeinen Wohngebieten und ca. 200 m zu Mischgebieten. Es wird bei diesen Grenzwerten allerdings nicht berücksichtigt, daß bei starkem Wind die umgebungsbedingten Nebengeräusche stärker zunehmen. Bei Windgeschwindigkeiten ab 8 m/s sind diese in der Regel so laut, daß die Geräusche der Windenergieanlage völlig überdeckt werden. (30)

Einzelne Windenergiegegner befürchten, daß von Windenergieanlagen gesundheitsschädlicher Infrasschall ausgehe. Diese Behauptung hält einer genaueren Untersuchung jedoch nicht stand. Was ist überhaupt Infrasschall? Infrasschall ist ein Schall, der für das menschliche Ohr zwar nicht hörbar, aber für den menschlichen Körper bei einer bestimmten Frequenz und einem bestimmten Schalldruckpegel wahrnehmbar sein kann. Infrasschall geht von sich bewegenden Gegenständen aus. Der Wind erzeugt zum Beispiel Infrasschall, wenn er um Hausecken weht. Hausfrauen oder Hausmänner sind Infrasschall ausgesetzt, wenn sie vor der Waschmaschine stehen, deren Trommel rotiert, oder sich auf der Fahrt im Innenraum ihres Pkw's befinden. Doch dieser Infrasschall, genau wie der von den marktgängigen Windenergieanlagen erzeugte Infrasschall, tritt nicht in der Frequenz und in dem Schall-

druckpegel auf, der gesundheitsgefährdend sein könnte. (49) Das Infrasschall-Argument dient daher eher dazu, Angst und Abneigung zu schüren, anstatt zu einem tieferen Verständnis der modernen Windenergienutzung beizutragen.

Schattenwurf

Die sich drehenden Rotorblätter bewirken, daß bei Sonne ein sich drehender Schatten erzeugt wird. Der Schlagschatten des drehenden Rotors kann zu einer Belästigung der Anwohner führen (44). Die Art des Schattens hängt dabei von der Entfernung der Anlage, der Windrichtung, dem Sonnenstand und etwaiger Bewölkung ab. Durch die Einhaltung des Bundesimmissionsschutzgesetzes bzw. einschlägiger Gerichtsurteile und der damit verbundenen Abstände relativieren sich die Auswirkungen des Schattenwurfes weiter. Gerichtsurteile geben keine eindeutige Richtung an. Einzelfallentscheidungen fallen -je nach Gesamtumständen- unterschiedlich aus.

Daß es durch den Schattenwurf einer Windenergieanlage nicht zu unangemessenen Belastungen von Anwohnern kommt, kann durch eine sorgfältige Planung vermieden werden. Ferner ist in der Regel die Beibringung eines Schattenwurfgutachtens bei der Beantragung der Baugenehmigung vorgeschrieben.

Tierwelt (vor allem Avifauna)

Die Errichtung von Windenergieanlagen ist von der Einhaltung des Naturschutzgesetzes, des Baugesetzes und des Immissionsschutzgesetzes abhängig. Die Auflagen, die das Naturschutzgesetz macht, sind in der Regel bereits sehr einschränkend. So sind Naturschutzgebiete, Nationalparks und Naturdenkmäler als besonders geschützte Biotope und Wallhecken gegen jegliche Bebauung geschützt. Dies gilt grundsätzlich auch für Landschaftsschutzgebiete. Darüber hinaus ist zu diesen Gebieten in der Regel ein Abstand von mindestens 200 Metern einzuhalten (s.o.).

Bei einem Bau von Windenergieanlagen müssen heute unabhängige Gutachten eingereicht werden, die die Unbedenklichkeit auch auf die Tierwelt, insbesondere auf die Vögel (Avifauna), untersuchen und sicherstellen.

Windenergieanlagen werden dorthin gebaut, wo der erwartete Energieertrag für die nähere Umgebung am höchsten ist und wo die bestehenden Gesetze (Baugesetz, Immissionsschutzgesetz und Naturschutzgesetz) eingehalten werden. Somit ist eine Beeinträchtigung von am Boden lebenden Tieren relativ gering, zumal deren Schutzgebiete wie Hecken, Bäume und Wälder in der Regel nicht berührt werden.

Das Thema "Vogelschlag" ist in unterschiedlichen (vornehmlich dänischen)

Studien im Zusammenhang mit der Gefährdung der Vögel (insbesondere Zugvögel und sonstiger nachtflyender Arten wie Reiher) untersucht worden (46/97/99). Das Ergebnis stimmte dahingehend überein, daß die Zahl der Vögel, die durch eine Kollision mit einer Windenergieanlage zu Tode kommen, vernachlässigbar gering ist.

Was die Beeinträchtigung des Lebensraumes der Vögel anbelangt, so zeigt sich, daß die Vögel durchaus weniger Probleme mit den Anlagen haben als vielfach vermutet. Brutvögel lassen sich von Windenergieanlagen meist nur geringfügig oder gar nicht stören, Zugvögel weichen den Anlagen nach den Erkenntnissen dieser und anderer Studien - auch bei Restlicht- aus. Ganz andere Kollisionsprobleme ergeben sich aus den weiträumig verlaufenden und breit ausladenden Hochspannungstrassen (Abb. 10/11).

Die jetzt kommende Anlagengeneration hat Rotordurchmesser von 40 bis 60 Metern, was aus Energieertragsgründen zu Abständen von 250-500 m zwischen den Anlagen führt. Damit verlieren die Windparks ihre Riegelwirkung, da die Vögel zwischen den Anlagen leichter hindurchfliegen können. Des Weiteren können große Vogelflugrouten bei der Planung von WEA berücksichtigt werden.

de Länder stehen erst am Anfang ihres industriellen Wachstums und werden in den kommenden Jahrzehnten verstärkt als Verbraucher fossiler Brennstoffe auftreten. Zentrale Versorgungsnetze sind häufig nicht vorhanden, so daß dezentrale Stromversorgungssysteme eine wichtige Rolle spielen werden.

Schreibt man den heutigen Energiebedarf fort, so werden die Vorräte an Erdöl und Erdgas in ca. 40 bis 60 Jahren, die Vorräte an Kohle und Uran in ca. 200 Jahren erschöpft sein (GLOBAL 2000; 52). Die Abgasschäden (Gesundheit der Menschen, Waldsterben, Seen- und Grundwasserversauerung, Schäden an Kulturpflanzen, Gebäudeverätzungen) werden aber global erheblich ansteigen. Diesem Problem kann mit der Windenergie-technik im umweltverträglichen Rahmen begegnet werden.

Energiesparen allein wird nicht ausreichen, die aktuellen Umwelt- und sich abzeichnenden Energieprobleme zu lösen. Regenerative Energien wie die Windenergie müssen europa- und weltweit ihren Anteil zur Sicherstellung der Energie- bzw. Stromversorgung leisten.

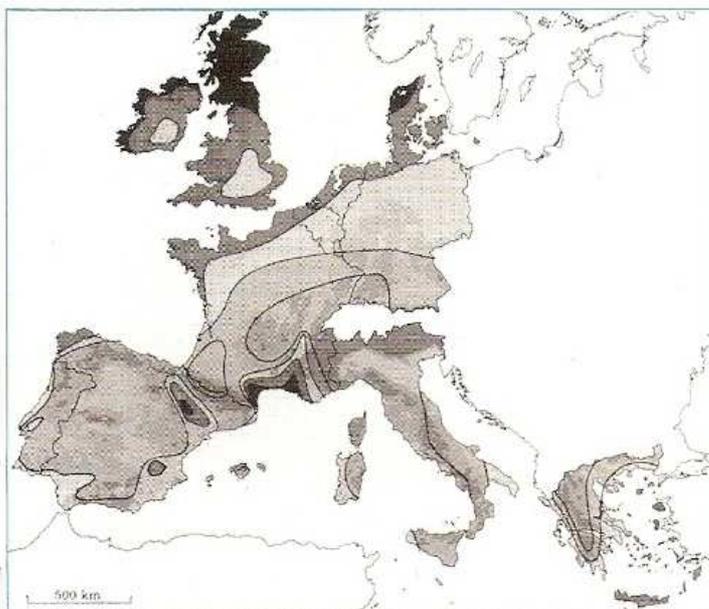
Die Windenergie ist eine saubere und umweltschonende Energieform, die nur minimale Umweltbelastungen mit sich bringt. Mit ihrer Nutzung werden zahlreiche neue Arbeitsplätze geschaffen, zumal unterstützt durch ein großes Exportaufkommen. Dieses Argument ist heute umso bedeutsamer, als Umweltverträglichkeit einen hohen Stellenwert hat, was bei anderen Beschäftigungen nicht der Fall ist. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftwerken, die sich energetisch nicht amortisieren, erzeugt eine moderne Windenergieanlage die Energie, die zu ihrer Herstellung und späteren Entsorgung nötig ist, im Durchschnitt innerhalb von nur 3-6 Monaten (29, 45, 55, 83).

Der Einsatz dezentraler Energieversorgungssysteme in einem Energiemix aus Wind-, Wasser- und Sonnenenergie, Geothermie und Biomasse wäre energetisch ohnehin wesentlich effizienter, da nicht, wie bei den herkömmlichen Energieerzeugungs- und Transportarten, 2/3 der eingesetzten Energie nutzlos verschwendet werden.

Den Argumenten dieses Berichts zugunsten des ausgewogenen weiteren Ausbaus der Windenergie auf den richtigen Standorten darf sich der Gesetzgeber auch weiterhin nicht verschließen.

Fazit

Energiegewinnung durch die Verbrennung der fossilen Energieträger Öl, Gas und Kohle trägt zum Treibhauseffekt bei, die Verwendung nuklearer Brennstoffe bringt unter anderem ungelöste Entsorgungsfragen und somit untragbare Risiken mit sich (vgl. 10). Viele sich entwickel-



Windgeschwindigkeiten 50 m über dem Boden für vier verschiedene topografische Bedingungen (m/s)

Farbe auf der Karte	Offenes Land	Meeresküste	Offene See	Berge und Hügelkette
■	> 7,5	>8,5	> 9,0	> 11,5
■	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5
■	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0
■	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
■	< 4,5	< 5,0	<5,5	<7,0

27. Windgeschwindigkeiten 50 m über dem Boden für vier verschiedene topografische Bedingungen (m/s) (Aus: 15)

Für Unterricht / Vorbereitung geeignet

- (01) Grundlagen-Band SEIDEL, J. (1996): Elektrische Energie aus dem Wind. Basiswissen, Arbeitsvorschläge, Kopiervorlagen.- HEW (Hg.), 2. A., 60 S., VWEW Frankfurt a.M. (ISBN 3-925986-10-3) s. auch 32/92
- (02) AKKERMANN, R. (Hg., 1990): Heizen mit Erdwärme.- Energieforum '89 des Nieders. Städtetages, BSH/NVN nat.spec.REP. 10, 109 S., Wardenburg
- (03) ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE / SPERLICH, G. & WITT, J. (1994): Regenerative Energien - Themen für die Schule.- 5. A., 44 S., Frankfurt a.M.
- (04) ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE / HEA / IZE (1995): Windenergie in Deutschland.- Lehrerinformationen 6 S., Frankfurt a.M.
- (05) ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE / IZE (Hg., 1997): Energie als Wirtschaftsfaktor. Unterrichtsmaterialien Sek. II.- 97 S., Frankfurt a.M.
- (06) ARBEITSKREIS SCHULINFORMATION ENERGIE / SCHUL-TECHNOLOGIE-ZENTRUM RECKLINGHAUSEN (ca. 1998): 11 Experimente zur Windenergie, Unterrichts Anregungen.- Schülerheft. 20 S., Lehrerheft 73 S., Frankfurt a.M.
- (07) BENNERT, W. & WERNER, U.-J. (1991): Windenergie. Verlag Technik Berlin: 9-45
- (08) BRENDEL, M. (1998): In den Wind geschrieben.- DIE ZEIT v. 30.07.98, S. 23/24, Hamburg
- (09) BROCKHAUS (1973): Brockhaus Enzyklopädie (Segelschiff).- 17. A., Bd. 17: 247-248, F.A. Brockhaus Wiesbaden
- (10) BSH (1981) & OLDENBURGER ENERGIERAT (1986/1998): Die zwei Gesichter der Atomkern-technik (H. Jäger, 6 S., Nr. 14/81); Die Kernspaltung hat alles verändert (I. Harms, 4 S., Nr. 27/86); Zweidrittel werden sinnlos vergeudet: Energieverbrauch in Oldenburg (4 S., 1992); Nutzung von Sonnenenergie. Einsatz erneuerbarer Energien, Teil 1 (T. Myslik, 4 S., Nr. 55/98), Wardenburg
- (11) BUND NATURSCHUTZ BILDUNGSWERK LAUFEN/BAYERN (Hg. 1995): Der Wind, das himmlische Kind. Windkraft im Binnenland. Aspekte einer Kontroverse zwischen Naturschutz, Landschaftsästhetik und dem Einsatz regenerativer Energie.- Wiesenfelder Reihe 14
- (12) BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT (Hg.), MELISS, M. u.a. (1995): Erneuerbare Energien - verstärkt nutzen! - 3. A., 132 S., Bonn
- (13) BUNDESUMWELTMINISTERIUM (1992/1995/1997): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Klimakonvention, Konvention über die Biologische Vielfalt, Rio-Deklaration, Waldklärung.- Dokumente, Agenda 21, 289 S.; Kurzfassung Nachdr. 76 S., Bericht zur Umsetzung, 48 S., Bonn
- (14) BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (BWE, Hg.), GEHRKE, A.; BISCHOF, R. (1996): Was ist Windstrom wert? BWE-Info Nr. 7, 4 S., Osnabrück
- (15) BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (BWE ca. 1997): Von Menschen und Mühlen: Windkraft - sauber, natürlich unerschöpflich. Energie für die Zukunft.- 121 S., farb.illustr., Osnabrück [vgl. Eurosolar 'Politik und Ökonomie erneuerbarer Energien' im Solarzeitalter 3 (97)]
- (16) BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (ca. 1997): 25 Fakten zur Windkraftnutzung in Deutschland.- 2 S., Osnabrück
- (17) DER SPIEGEL (1986): 'Wie Don Quichote gegen Mühlenflügel'.- 20: 109
- (18) DER SPIEGEL (1998): Energie: Propellerwand auf See. Standort der Riesenräder: die Küstengewässer von Nord- und Ostsee.- 30: 132-134
- (19) DER SPIEGEL (1998): Energie - Ahnungslose Anleger (gegenwärtiger Einspeisungspreis unwirt-

- schäftlich).- 34: 82
- (20) DEUTSCHES WINDENERGIE-INSTITUT (DEWI, 1991-94): Der Wind in der Windenergie (1991, 6 S.).- Kurze Einführung in die Windenergie-technologie (1993, 8 S.).- Leitfaden zur Errichtung einer Windenergieanlage (WEA) (6 S., o.J.).- Literaturliste (1994, 8 S.).- Wilhelmshaven
- (21) ENERCON GMBH (o.J.): Mit ENERCON zur eigenen Windenergieanlage (Leitfaden).- Energie für die Welt, 21 S.
- (22) ENERGIEVERSORGUNG WESER-EMS (EWE, o.J.): Strom aus Windkraft.- 9 S., Oldenburg
- (23) ENQUETE-KOMMISSION 'SCHUTZ DER ERD-ATMOSPHERE' DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hg. 1990): Energie und Klima.- Bd. 3, Economica Verlag / Ludwig-Bölkow-System-Technik
- (24) EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (1998): Die Umwelt in Europa: Der zweite Lagebericht - Ein Überblick.- 43 S., Luxemburg (ISBN 92-9167-085-5)
- (25) FRÖDE, E. & FRÖDE, W. (1981): Windmühlen in Deutschland, Holland, Belgien.- Köln
- (26) HAU, E. (1988): Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit.- Springer Berlin: 13-44
- (27) HINSCH, C. (1998): Wenn im Urlaub die Winde wehen. Tourismus und Windkraft - eine Kombination, die paßt (Akzeptanzumfragen in Nds., SH; Aus-sichtsrundell unter Rotor).- Neue Energie 7/98: 8-9
- (28) IZE (1995): Strom BASISWISSEN.- Nr. 109: 3, Frankfurt a.M.
- (29) KLUG, H. (1998): Von 5 kW auf 1,65 MW in fünf Jahren - die neuen Megawatt-Anlagen auf dem DEWI-Testfeld.- DEWI Mag. 12: 4-24
- (30) KLUG, H. (1991): Viel Wind um wenig Lärm.- Sonnenenergie 16: 3-7
- (31) NIEDERS. MIN. F. WIRTSCHAFT, TECHNOLOGIE U. VERKEHR (ca. 1993): Sonne, Wind, Wasser - Energiequellen der Zukunft.- Farbbroschüre 35 S., Hannover
- (32) SEIDEL, J. (1996): Elektrische Energie aus dem Wind. Basiswissen, Arbeitsvorschläge, Kopiervorlagen.- 60 S., HEW Hamburg
- (33) UMWELTBUNDESAMT (1994): Daten zur Umwelt. Farbatlas.- 688 S., E. Schmidt Verlag Berlin
- (34) VERBRAUCHER-ZENTRALE NORDRHEIN-WESTFALEN (Hg.) / FRIEGE, H. u. a. (1995): Klimaschutz in Aktion. 10 Aktionssteckbriefe für ein Klimaschutz-Netzwerk.- 136 S., Düsseldorf (ISBN 3-923214-70-7)
- (35) WANGERLAND, GEMEINDE (1998): Bauleitplanung - Öffentliche Auslegung der 53. Änderung des Flächennutzungsplanes (Sonderbauflächen Windenergieanlagenparks; Standort) / Erläuterungsbericht 33 S., m. Karten / Beteiligung der Träger öffentlicher Belange.- Az. II-1/Fl. V. 2.07.1998
- (36) WESERMARSCH, LANDKREIS (1992): Landschaftsrahmenplan.- 226 S., Brake/Uvw.
- (37) WESERMARSCH, LANDKREIS - PROJEKTGRUPPE 'WINDKRAFT' (1993): Standortplanung für Windkraftanlagen. Abwägungsgrundlage und Planungshilfe für die Bauleitplanung der Städte und Gemeinden zur Festlegung von Standorten für Windkraftanlagen.- Ergebnisbericht, Textteil (G.Mühlner, G.Laatz u.a.), 114 S., 1 Karte, Brake/Uvw.
- (38) WIRTSCHAFTSVERBAND WINDKRAFTWERKE E.V. (1996): Windenergie. Umweltschutz, Wirtschaftlichkeit, Zukunftstechnologie, Arbeitsplätze.- Farbbrosch. 9 S., Hannover

Weiterführende Fachliteratur

- (39) ABELN, H. U.A. (1986): Dorfchronik Peheim.- 511 S., Heimatverein Peheim (Hg.)
- (40) AHLERS, H. U.A. (1996): Friesland und umzu.- Radwanderführer, 191 S. m. Karten, Isensee Oldenburg

- (41) AHLERS, H. U.A. (1997): Radwanderführer Ostfriesland.- 260 S., m. Karten, Isensee Oldenburg
- (42) ALT, F.; CLAUS, J. & SCHEER, H. (1998): Windiger Protest.- S. 48 ff, Ponte Press, Bochum
- (43) BATTEFELD, K.-U. (1997): Naturschutzrechtliche Beurteilung und Behandlung von Windkraftanlagen.- Natursch.u.Landschaftspl. 29(7): 207-210
- (44) BEHR, H.D. (1992): Licht und Schatten.- Wind Kraft Journal 12/92: 7-10
- (45) BISCHOF, R. (1998): Energie- und Umweltökonomie der Windkraft: Fakten gegen Fiktionen.- Windiger Protest: Bochum, S. 37-70
- (46) BLEIJENBERG, A.N. (1988): Windenergie en vogels. Overzichten beleidsoverwegingen.- Centrum voor energiebesparing en schone technologie (Hg.)
- (47) BOHN, T.; MARSCHALL, H.-P.; FISCHER, W. (Hg. 1992): Die Geschichte der Stromversorgung.- Verlags- u. Wirtschaftsges. d. El.werke Frankfurt a.M.: 92-94
- (48) BUCHWALD, K. & ENGELHARDT, W. (1996): Bewertung und Planung im Umweltschutz.- 572 S., Economica Verlag Bonn
- (49) BUHMANN, A. (1998): Keine Gefahr durch Infraschall.- Neue Energie 1/98: 19-21
- (50) BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (1997): Windkraftanlagen/Windturbinen 1997, Marktübersicht / Marketsurvey.- 145 S., Osnabrück (ISBN 3-9804399-8-4)
- (51) BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (1998): Aufwind trotz Gegenwinds. Presse-info v. 15.01.1998
- (52) COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY & US FOREIGN MINISTRY (1980): The Global 2000 Report to the President.- dt. Ausg. Global 2000 - Der Bericht an den Präsidenten; R. Kaiser (Hg. 1981), 6. A., 1438 S., Zweitausendeins Frankfurt a.M.
- (53) DEUTSCHER BUNDES-RAT (1998): Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger - Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan. Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft.- Deutscher Bundesrat Drs. 83/98
- (54) DEUTSCHES WINDENERGIE-INSTITUT (DEWI, 1993): Feststellung geeigneter Flächen als Grundlage für die Standortsicherung von Windparks im nördlichen Niedersachsen und im Harz- 1000 MW-Programm.- Wilhelmshaven (auch als Veröff. d. NMU 1995, 207 S.; ergänzend: Vogelschutzkarte)
- (55) DEUTSCHES WINDENERGIE-INSTITUT (DEWI, 1998): Informationsmaterialien zur Windkraft: DEWI (10 S.); Meßtechnische Bestimmung der Leistungskennlinie von WEA; Dynamische Visualisierung von Windparks; Netzzückwirkungs-Messungen an WEA; Anemometerkalibration; Energieertragsermittlung und Schallimmissionsberechnung von Windparks; Standort- und flächenbezogene Windpotential- und Energieertragsermittlungen; Schallimmissionsermittlungen; Schallmessungen an Windenergieanlagen; Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von WE-Projekten - je 4 S., Wilhelmshaven
- (56) DRUNKENMÖLLE, H. (1998): Windanlagen: Gericht legt Wert auf Abstand.- NWZ 155 v. 07.07.98; zu OVG-Beschwerde: NWZ 05.09.98
- (57) ENERCON GMBH (1997): Enercon meldet Weltrekord mit der E-40.- Wind Blatt XII, 4 S., Aurich
- (58) ENERCON GMBH (1997): Energie für die Welt - Kompetente Problemlösungen verlangt.- Unternehmensinformation.- 3-4 S., Aurich
- (59) ENERCON GMBH (1998): Enercon-Windtechnologie - in der Entwicklung um Windjahre voraus.- Technologie der einzelnen Typen-Konzepte von der E-15 bis E-66 (55-1.500 kW).- Kurzbeschreibungen und Vergleiche.- Aurich
- (60) ENRON WINDHOLDING GMBH / TACKE WIND-

TECHNIK: Die TW 1.5: Unser Kraftwerk.- Unternehmensinformationen, Planungshilfe, Salzbergen (61) EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA, o.J.): Windenergie - sauberer Strom für Generationen.- 6 S., London
 (62) EWEA (1997): Strategiepapier '97 - Alternier Veröffentlichungen.- London
 (63) FISCHER, W. (1992): Die Elektrizitätswirtschaft in Gesellschaft und Politik. Die Geschichte der Stromversorgung.- Verlags- u. Wirtschaftsges.d. Elektr. werke Frankfurt a.M.
 (64) GARRAD, A.D. (1994): Study of Offshore Wind Energy in the World.- Verlag Natürlich Energie, Brekendorf
 (65) HALAMA, G. U.A. (1997): Windkraft. Planung - Nutzen - Umweltfragen.- Handbuch über Planung und Recht, 128 S., 17 Abb., Wilh. Munker Stiftung Siegen
 (66) HANNOVER REGION - KOMMUNALVERBAND GROSSRAUM HANNOVER (1998): 2. Änderungsverfahren zum Regionalen Raumordnungsprogramm 1996 für den Großraum Hannover. Festlegung von 'Vorrangstandorten für Windenergiegewinnung' mit Ausschlusswirkung.- 13 S. m. UMP-Anlage, Az. 3.21.8/2. Änd. v. 29.04.1998 (S. 68)
 (67) HANSEN, H.J. U.A. (1983): Das Land Oldenburg zwischen Weser und Emsland, Nordsee und Dümmmer.- 128 S., Urbes Verlag Gräfe/Young
 (68) INSTITUT FÜR UMWELTMESSUNG UND PLANUNG UMP (Hg.), KÖNIG, S. U.A. (1997): Zwei Studien zur Windenergienutzung im Großraum Hannover.- A: Ermittlung von Eignungsgebieten bzw. Vorrangstandorten zur Windenergienutzung auf Ebene

der Regionalplanung; B: Landschaftsästhetische Beurteilung von Windkraftanlagen.- 57 S. m. Farbbildern, Hannover als Anlage zu KV Hannover (s.dort)
 (69) INTERNATIONALES WIRTSCHAFTSFORUM REGENERATIVE ENERGIE (IWR) DER UNIVERSITÄT MÜNSTER: <http://www.iwr.de>
 (70) IZE (1997): Energie als Wirtschaftsfaktor.- 1: 6 ff
 (71) JOHNSEN, B. (1998): Über 2.000 Megawatt Windstrom in Deutschland. Niedersachsen errichtet erstmals mehr Windenergieanlagen als Schleswig-Holstein.- Wind-Energie-Aktuell 2: 10-13
 (71a) JUNGE, L. u. M. (1997): Arbeitsplätze in der Windenergie.- S. Ausg. Wind-Kraft J. & Natürl. Energien, 99 S., Brekendorf
 (72) KALTSCHMIDT, M. & FISCHEDICK, M. (1995): Wind- und Solarstrom im Kraftwerksverbund.- C.F. Müller Heidelberg
 (73) KASSLER, B. (1998): Eine Herausforderung für Schwindelfreie. Bremens größte WKA wurde eingeweiht (AN BONUS 1 MW/54 WEA, Neustädter Hafen, 200 t Beton, 16 t Stahl, 30 t Anlage, 60 m hoch, 201 Leitersrossen).- Weser-Kurier 16.05.1998
 (74) KLEEBERG, W. (1964): Niedersächsische Mühlengeschichte.- Detmold
 (75) KLEEMANN, M. & MELISS, M. (1992): Regenerative Energiequellen.- Springer-Verlag Heidelberg
 (76) KLÖPPEL, D. & KRAUSE, C.L. (1996): Windkraftparks in der Erholungslandschaft.- Naturschutz u. Freizeitgesellschaft 2, 202 S., Academia Verlag St. Augustin
 (77) KOOP, B. (1997): Vogelzug und Windenergieplanung. Beispiele für Auswirkungen aus dem Kreis

Plön (SH).- Natursch.u. Landschaftspl. 29(7): 202-206
 (78) KROHN, S. (1996): Windpower Note 'Employment in the windpower industry'.- Danish Wind Turbine Manufactures Association, II/96
 (79) LNI, LANDESPRESSEDIENST NIEDERSACHSEN (1998): Richter: Größerer Abstand zu Wohnhäusern.- NWZ v. 10.02.1998
 (80) LÖHRS, M. (1997): Technische Überprüfungen an WKA. Eine Aussage zur Lebensdauer von WKA. Ergebnisse aus der Praxis.- in: BWE (1997) Windkraftanlagen: 101-104
 (81) MEADOWS, D. U.A. (1992): Die neuen Grenzen des Wachstums.- Stuttgart
 (82) NIENBURG/WESER, LANDKREIS (1998): Vorgehen gem. VVBauGB zur Änderung des Flächennutzungsplanes mit dem Ziel 'Ausweisung von Sonderbauflächen für Windenergieanlagen (WEA)'.- m. Plan, Amt f. Planung u. Wirtschaftsförd., Az. 61-622-12/017-1 v. 22.01.98
 (83) NITSCHE, J. & LUTHER, J. (1990): Energieversorgung der Zukunft. Rationelle Energienutzung und Quellen.- Springer Berlin
 (84) NORZEL, W. (1991): Ostfriesisches Mühlensbuch.- 215 S., Schlüter Hannover
 (85) O-PUNKTE (1997): Schwerpunktthema Windenergie. Energiepolitik von der Idee zur Anlage, Genehmigungsverfahren, Finanzierungsquellen, Naturschutz und Windenergie.- XI: 4-20, Reiskirchen-Saasen
 (86) OTTENJANN, H. (1952): Das große Mühlensterben.- Heimatkal.f.d.Oldb.Münsterl.: 52-55
 (87) OTTENJANN, H. (1965): Mühlen.- in: HELLBERND, F. & H. MÖLLER, Oldenburg. ein heimatkundliches Nachschlagewerk: 412-418, Vechta
 (88) PICH, E. (1998): Beitrag zum kumulierten Energieaufwand ausgewählter Windenergiekonverter verschiedener Leistungsklassen.- Dipl.-Arb., Prof. Dr. H.J. Wagner, Univers. GH Essen
 (89) PROGNOSE (1992): Energiereport 2010. Die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland.- Stuttgart
 (90) REHFELDT, K. (1998): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland, Stand 31.12.1997.- DEWI Magazin 12: 6-24
 (91) RISØ NATIONAL LABORATORY (1990): Europäischer Windatlas.- Roskilde
 (92) SEIDEL, J. (1996): Elektrische Energie aus dem Wind.- Hamburg
 (93) SEIFERT, H. (1998): Belastungsmessungen an Windenergieanlagen.- Wind Energie Aktuell 1: 22-24
 (94) TACKE, E. (1967): Über eine oldenburgische Windpapiermühle der 1830er Jahre bei Essen (Landkreis Oldenburg).- Neues Arch.Nds. 16(2): 178-184
 (95) UDEMA, A. (1988): 200 Jahre Neuhede im Landkreis Emsland, 1788-1988.- Gemeinde Rhede, 226 S.
 (96) UVP-FÖRDERVEREIN (1993): Umweltvorsorge für ein Fluss-Ökosystem. Methodische Weiterentwicklung der Projekt-UVP zur Berücksichtigung gesamtsystemarer Bewertungsmaßstäbe am Beispiel der Unterweser.- UVP spezial 6, 171 S., Dortmund. Verl. f. Bau- u. Planungsliteratur, Dortmund
 (97) VAUK, G., BÖTTGER, M. U.A. (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen.- NNA-Ber. 3 / Sonderheft, 124 S., Schneverdingen ISSN 0935-1450; Zwischen- und Endbericht
 (98) VWEIZÄCKER, E.U. (Hg., 1994): Umweltstandort Deutschland.- Birkhäuser Verlag Berlin
 (99) WINKELMAN, J.E. (1988): Onderzoek naar de mogelijke invloed van wind turbines op vogels.- Energiespectrum 11
 (100) WORLD ENERGY COUNCIL (WEC, 1992): Survey of Energy Resources.- Oxford, ISBN: 0-94612-107-9

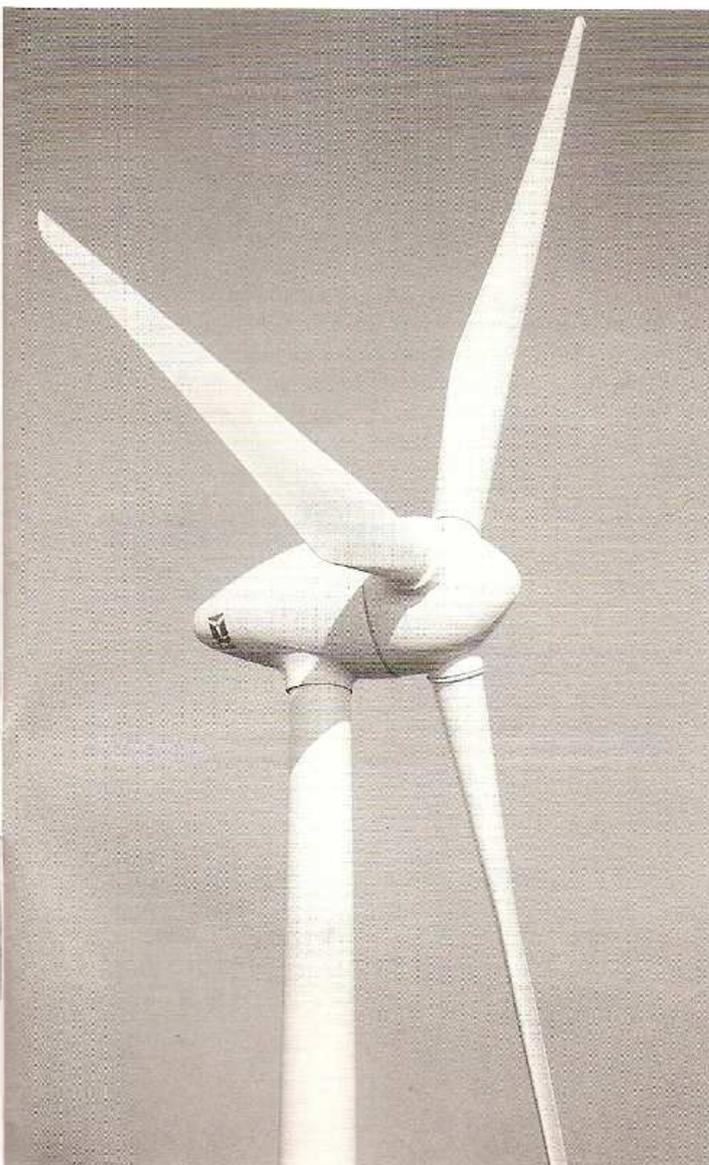


Foto: ENERCON

28. Entwicklung von Windenergieanlagen, aufgezeigt an verschiedenen Versionen der Fa. ENERCON:
 (e) E-66 (1,5 MW)

29. Die Nutzung von Energie hängt vom regionalen Angebot ab und wird politisch durch den Gesetzgeber maßgebend beeinflusst. Wind läßt sich europaweit kostenlos nutzen. Hier gibt es neue Möglichkeiten „qualitativen Wachstums“. In Zukunft werden sich Technologien durchsetzen, die gesundheitlich weniger oder unbedenklich sind. Ein Beispiel ist das – inzwischen abgerissene – Braunkohlenkraftwerk Hagenwerder (Sachsen). Enercon baute im benachbarten Ostritz neue Windkraftanlagen (E-66 und hier E-40).

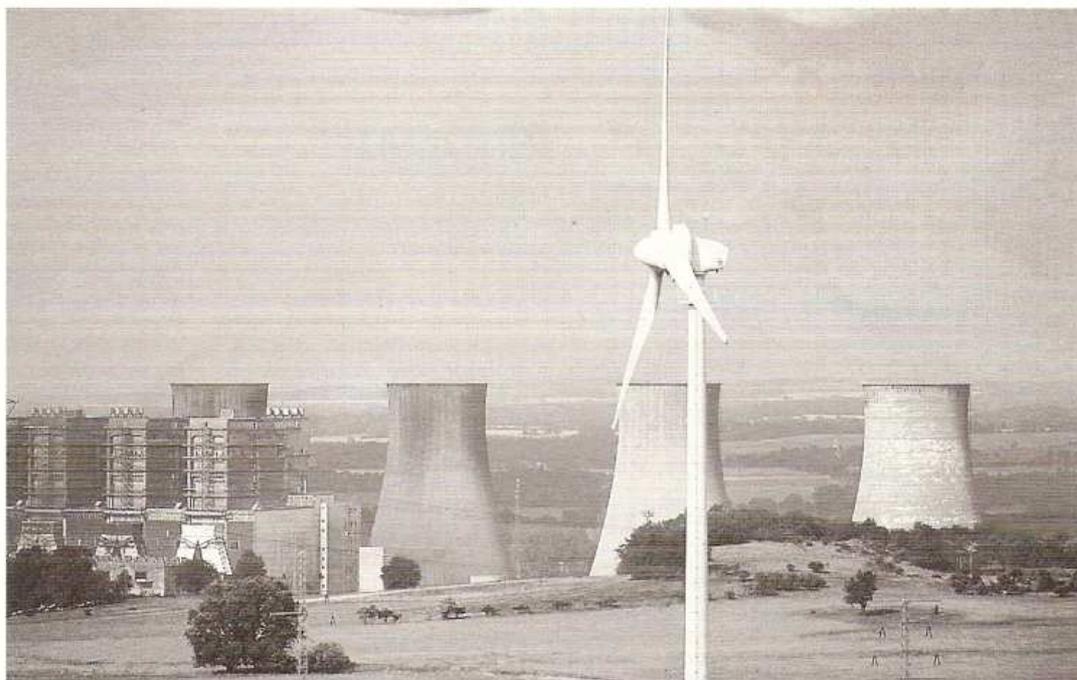


Foto: ENERCON

ADRESSEN

• STRUNK-SÜCKEMANN, C. & GERDES, B. (1996): Adressbuch der Windenergie 1996.- 2. A., 704 S., DEWI Wilhelmshaven

Vereine, Arbeitskreise

- Arbeitskreis Schulinformation Energie, am Hauptbahnhof 12, 60329 Frankfurt a.M., Tel. (069) 25619-148, Fax - 232721
- BSH, siehe Impressum; Adressen in AKKERMANN, R. & DRIELING, J. (1996): Handbuch Naturschutz und Umweltbildung zwischen Weser und Ems, 628 S., Wardenburg
- Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE), Herrenteichsstr. 1, 49074 Osnabrück, Tel. (0541) 9619185, Fax - 9619186, e-mail: BWE_Os@t-online.de, Internet <http://www.wind-energie.de>
- Elektrizitätswirtschaft mit Informationszentrum HEA, IZE, VDEW - alle Frankfurt a.M.; Tel. (069) 6304-386, Fax - 6304-387
- European Wind Energy Association (EWEA), 26 Spring Street, London W2 1JA, UK
- Regionale Umweltbildungszentren (RUZ) siehe BSH/AKKERMANN & DRIELING
- Schul-Technologie-Zentrum Recklinghausen e.V., Kernastr. 38, 45657 Recklinghausen, Tel. (02361) 185221, Fax - 15517

Firmen, GmbH (kleine Auswahl)

- (Firmenprofile, ausführl. Adressen-/ Marktübersichten, Windmeßgeräte, Gutachter, Literaturliste u.allgem. Infos s. BWE, 1997; Klöppel u.a. 1996)
- AN Windenergie GmbH, Waterbergstr. 11, 28237 Bremen, Tel. (0421) 69458-0, Fax (0421) 642283
 - DeWind Technik GmbH, Seelandstr. 9, 23569

- Lübeck, Tel. (0451) 3909-771, Fax - 3909-778
- Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Ebertstraße 96, 26382 Wilhelmshaven Tel. (04421) 4808-0, Fax - 4808-43
 - DEWI-Bibliothek - Tel. (04421) 4808-17, Fax - 4808-43 e-mail: c.stueckemann@dewi.de
 - Enercon GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Tel. (04941) 927-0, Fax - 927-199, e-mail: reeker@enercon.de
 - Gesellschaft für Windenergie-technik (GET), Kieler Str. 53, 24768 Rendsburg, Tel. (04331) 1429-0, Fax - 55944
 - Husumer Schiffswerft (HSW), Rödemis-Hallig, 25813 Husum, Tel. (04841) 630-0, Fax - 630-10
 - Jacobs Energie GmbH, Am Kleinbahnhof 19, 25746 Heide, Tel. (0481) 3012, Fax - 3014
 - Lagerwey Deutschland GmbH/Wistra, Laggenbecker Str. 210, 49477 Ibbenbüren, Tel. (05451) 3091, Fax (05454) 7211
 - Nordex (Balcke-Dürr) GmbH, Sehlingdorfer Str. 26, 49328 Melle, Tel. (05427) 9424-0, Fax - 9424-10
 - NEG Micon GmbH, Osterport 2, 25872 Osterfeld, Tel. (04845) 700-0, Fax - 700-17
 - SoWiCo, Beekebreite 7a, 49124 Georgsmarienhütte, Tel. (05401) 870400, Fax - 870401
 - Tacke Windenergie GmbH, Postfach 1261, 48497 Salzbergen, Tel. (05971) 9708-0, Fax - 9708-50
 - Vestas Deutschland GmbH/DK, Otto-Hahn-Str. 2, 25813 Husum, Tel. (04841) 971-0, Fax - 971-41
 - Wind world a/s, Bohmter Str. 15, 49074 Osnabrück, Tel. (0541) 21502, Fax - 21946
 - W + W Windtechnik, Selztalstr. 8, 55218 Ingelheim, Tel. (06132) 41790, Fax - 41790

IMPRESSUM

Naturschutzverband Niedersachsen e.V. (NVN) / Biologische Schutzgemeinschaft Hunté Weser-Ems e.V. (BSH) im DNR. Text: Dr. Remmer Akkermann; Michael Görner. Fotos: R. Akkermann (10-12), Enercon (1, 13, 14, 18, 22, 28, 29), H. D. Habbe, AN (3, 4), L. Salverda (25), F. Stern (2), Tacke (13d). Redaktion: Remmer Akkermann, Andrea Santori. Layout/Grafik: Tausendblauwerk, München. Bezug über den BSH-Info-Versand, In den Heidbergen 5, 27324 Eystrup/Weser. Sonderdrucke für die gemeinnützige Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit werden, auch in Klassensätzen, zum Selbstkostenpreis ausgeliefert, soweit der Vorrat reicht. Einzelabgabe zu 5,- DM (in Briefmarken, zuzüglich Rückumschlag mit 3,- DM Porto, auch als Eurocheck). Der Druck dieses Merkblattes wurde ermöglicht durch zweckgebundene Spenden. Jeder, der Natur- und Artenschutz persönlich fördern möchte, ist zu einer Mitgliedschaft eingeladen. Steuerlich abzugs-fähige Spenden - auch kleine - sind hilfreich. Raiffeisenbank Wardenburg (BLZ 280 691 95), Konto-Nr. 1000600. NVN/BSH, Friedrichstraße 43, 26203 Wardenburg, Tel.: (04407) 8088 und 5111, Fax: 6760, E-mail nvn-natur.nds@t-online.de; NVN, Alleestraße 1, 30167 Hannover, Tel.: (0511) 7000200, Fax: 704533. Auflage: 15.000. BSH-Mitglieder erhalten für den Bezug der Monatszeitschrift natur einen Rabatt von 30%. Das NVN/BSH-Merkblatt wird auf 100% Recyclingpapier gedruckt. Einzelpreis: 5,- DM.