Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 93 (2002)

Heft: 10

Artikel: Boom der Windenergie in Europa

Autor: Horbaty, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855414

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Boom der Windenergie in Europa

Ende 2001 waren weltweit rund 24 000 MW Windkraftanlagen installiert.[1] Deren Elektrizitätsproduktion entspricht (bei 1500 Volllaststunden) etwa 2/3 des Gesamtstromverbrauchs der Schweiz (rund 36 000 GWh). Knapp 75% der Windenergiekapazität ist in den europäischen Ländern errichtet; europäische Firmen sind denn auch hauptsächlich am heutigen Windenergieboom beteiligt. Mit Wachstumsraten von über 30% jährlich wird die Energieerzeugung aus Windenergie zu einem ernst zu nehmenden Faktor im Strommarkt und kann als ein Musterbeispiel von nachhaltiger Entwicklung gelten. Alleine in Deutschland sind in der Branche rund 35 000 Personen beschäftigt.[2]

■ Robert Horbaty

Windenergie, das Beispiel einer nachhaltigen Entwicklung

Windstrom ist eine erneuerbare und CO_2-neutrale Energiequelle; die Produktion dieser Elektrizität erzeugt keinerlei Schadstoffe oder Abfälle. Er fällt vor allem in nachfragekritischen Wintermonaten an und leistet insgesamt markante Beiträge zur nachhaltigen Energieversorgung. Die Technologie zur Nutzung der Windkraft ist ausgereift, erprobt und wirtschaftlich interessant. Die Stromgestehungskosten von grösseren Anlagen liegen, je nach den am Standort herrschenden Windverhältnissen und den eingesetzten Anlagen, zwischen 8 und 30 Rappen je Kilowattstunde.[3]

Windenergie-Anlagen produzieren während ihrer Lebensdauer 40- bis 80-mal mehr Energie als für Erstellung und Entsorgung nötig ist, sie können ohne Schäden abgebaut werden und verursachen keine bleibenden Landschaftsveränderungen. Auch benötigen sie sehr geringe Landflächen und beeinträchtigen die Landwirtschaft nicht, sie werden an vorbelasteten Standorten mit bestehender Infrastruktur erstellt, ausserhalb von nationalen Landschaftsschutzgebieten.

Adresse des Autors
Robert Horbaty
Geschäftsführer Schweizerische Windenergievereinigung
Suisse Eole
Hauptstrasse 17
Postfach 235
4435 Niederdorf BL
www.suisse-eole.ch

Die Entwicklung der Windenergie

Was in den 70er-Jahren als «Alternativ-Technologie» belächelt wurde, hat sich zu einem ernst zu nehmenden Faktor im Strommarkt gemausert. Wurden vor 15 Jahren noch Anlagen mit einer mittleren Leistung von weit unter 100 kW installiert, sind heute Anlagen der 1,5-MW-Klasse Standard (Bild 1). Bereits laufen Prototypen im Bereich von 5 MW für den Offshore-Einsatz (im Meer). Je grösser eine Anlage, desto tiefer sind die Stromgestehungskosten.

Die Kosten einer Windturbine belaufen sich laut Europäischer Windenergievereinigung EWEA[4] heute auf rund 600 bis 900 Euro pro kW, für Projektierung und Installation muss mit weiteren 200 bis 250 Euro pro kW gerechnet werden, wodurch Gesamtkosten per installiertes kW von rund 1000 Euro resultieren. Die Betriebskosten für Landpacht, Unterhalt und Versicherungsprämien werden mit 1 bis 2 Euro-Cent/kWh angegeben. Obwohl die Stromgestehungskosten von Land zu Land variieren, der Trend ist überall der gleiche: Windenergie wird immer noch billiger.

Es gibt verschiedene Gründe dafür:

- Aufgrund der Serienfertigung und der optimierten Technologie der Anlagen resultieren geringere Stückkosten.

Windenergieboom in Europa (Windpark in Spanien, Photo EHN).

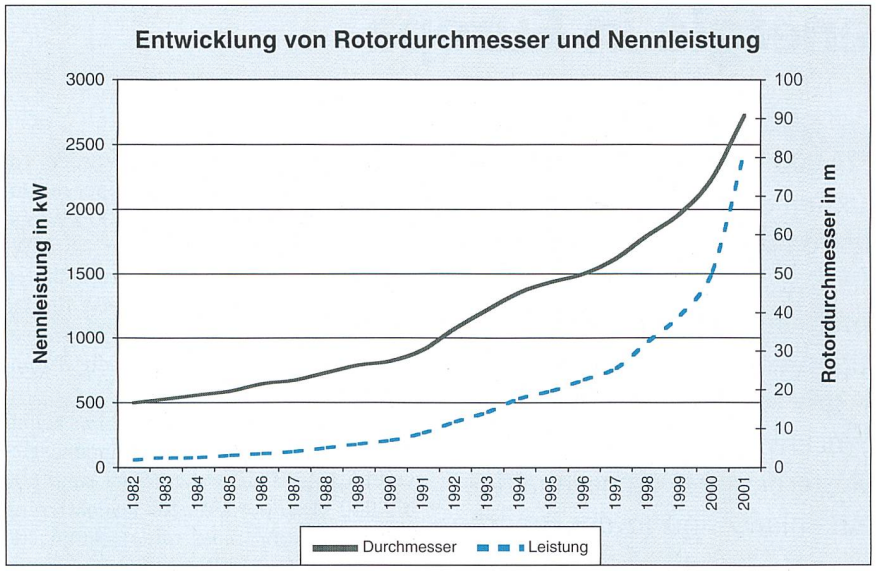

Bild 1 Entwicklung der Anlagegrössen in den letzten 20 Jahren (Quelle Bundesverband Windenergie Deutschland).

- Neues Anlagen-Design führt zu effizienteren Maschinen, welche mehr Elektrizität generieren.
- Der Trend zu immer grösseren Maschinen reduziert die Infrastrukturkosten, da für dieselbe Stromproduktion weniger Maschinen eingesetzt werden können.
- Die höhere Zuverlässlichkeit der Anlagen schafft grösseres Vertrauen bei Finanzierungsinstituten und somit günstigere Kreditbedingungen.

Europäische Energiepolitik fördert Windenergie

Der europäische Energiesektor steht in naher Zukunft vor einer Vielzahl von Herausforderungen. Aufgrund definierter EU-Politik soll eine sichere Energieversorgung und wirtschaftliches Wachstum einhergehen mit nachhaltiger Entwicklung, Klimaschutzaktivitäten und ausreichender Beschäftigung. Energieversorgung mit erneuerbaren Energien ist eine der wenigen Optionen, welche in all diesen Bereichen positive Auswirkungen aufweist.

Die EU äusserte sich in diesem Kontext verschiedentlich ganz klar zur Förderung der erneuerbaren Energien, insbesondere sollen mindestens mittelfristig auch im Rahmen der Strommarktliberalisierung länderspezifische Fördermassnahmen wie das deutsche «Erneuerbare Energien Gesetz» weiterhin Bestand haben. Dies ist aus schweizerischer Sicht beachtenswert, sind doch auch in dem zur Abstimmung gelangenden Elektrizitätsmarktgesetz EMG ähnliche Bestimmungen zur Förderung der erneuerbaren Energien vorgesehen.

Windenergie wird einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen, sicheren Energieversorgung mit einheimischer Energie leisten können.

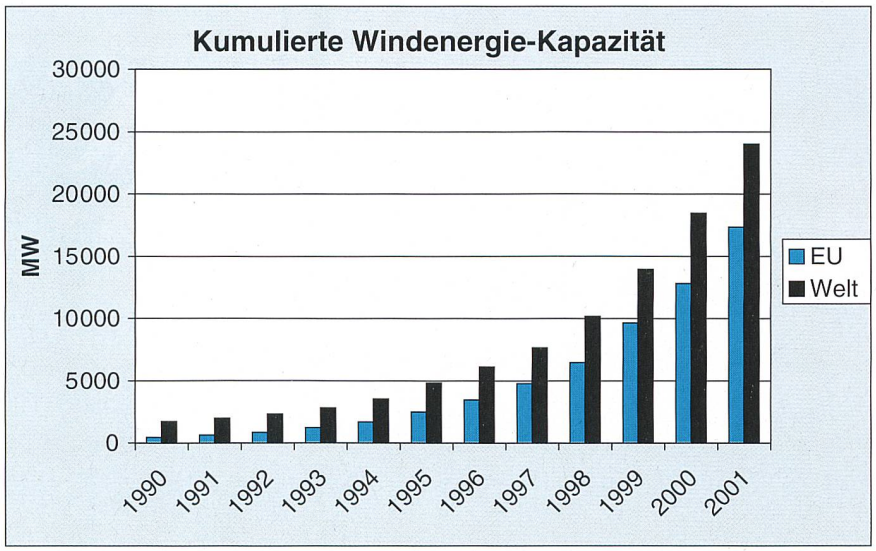

Bild 2 Entwicklung der installierten Leistung der Windenergieanlagen (Quelle: EWEA-Pressemeldung 20.2.2002).

2001: Ein weiteres Rekordjahr für die europäische Windkraft

Neue Zahlen der Europäischen Windenergie-Vereinigung EWEA zeigen erneut eine Steigerung des Zuwachses der installierten Windenergieleistung (Bild 2, Tabelle I). Wurden 2000 noch 3500 MW zugebaut, so waren es im vergangenen Jahr bereits 4500 MW. Dies bringt die Gesamtleistung der Windkraftanlagen auf 17 000 MW. Diese Maschinen generieren rund 40 TWh – ausreichend Elektrizität für über 10 Millionen europäische Haushalte.

Einmal mehr sind es diejenigen Länder, welche über eine klare Regelung der Einspeisebedingungen verfügen, welche mit Abstand am meisten zu diesem Erfolg beitragen:

Windenergie in Deutschland: 44% Wachstum

Ende Dezember 2001 waren bundesweit knapp 11 500 Windräder mit einer Gesamtleistung von rund 8750 MW installiert; das sind rund 44% mehr als Ende des vergangenen Jahres (Bild 3). «Mit dieser installierten Leistung lassen sich in einem normalen Windjahr knapp 3,5% des deutschen Stromverbrauchs decken», betonte Dr. Peter Ahmels, Präsident des Bundesverbandes Wind Energie (BWE) anlässlich einer Pressekonferenz.[5] Nach vorsichtigen Schätzungen dürfte der Zuwachs von 2659 MW in Deutschland in etwa 50% des weltweiten Windkraft-Zubaus von über 5000 MW im Jahr 2001 ausgemacht haben. «Damit zeigt sich einmal mehr, das Mindestpreissysteme die Investitionssicherheit bieten, die von Quoten- und Zertifikatssystemen niemals erreicht werden», betont Ahmels. In den nächsten Jahren, so die Einschätzung des BWE, würden neben dem weiteren Ausbau im Binnenland vor allem Repowering-Projekte sowie Offshore-Vorhaben und Exportmärkte der deutschen Windkraftbranche weiterhin glänzende Aussichten bieten.

Spanien auf Rang 2

Die installierte Windleistung in Spanien stieg im Jahre 2001 um 835 MW auf insgesamt 3337 MW (Bild 4), was dieses Land an die zweite Stelle aller europäi-

	Ende 2000	Ende 2001
Deutschland	6133	8754
Spanien	2235	3337
Dänemark	2300	2417
Italien	427	697
Holland	446	493
UK	406	474
Schweden	231	290
Griechenland	189	272
Portugal	100	125
Irland	118	125
Österreich	77	94
Frankreich	66	78
Finnland	38	39
Belgien	13	31
Polen	5	22
Türkei	19	19
Norwegen	13	17
Luxemburg	10	15
Tschechien	12	12
Schweiz	3	4.5
Rumänien	1	1
Total	12822	17316

Tabelle I Windenergiekapazitäten der europäischen Länder in MW (Quelle: Wind Directions, März 2002).

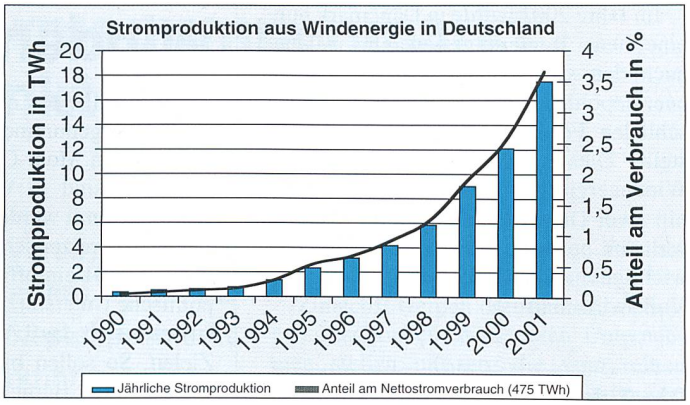

Bild 3 Entwicklung der Elektrizitätsproduktion aus Windenergie in Deutschland in den letzten zehn Jahren (Quelle: Bundesverband Windenergie Deutschland).

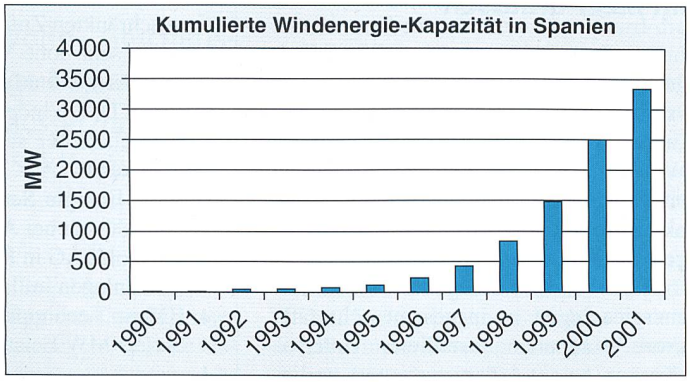

Bild 4 Entwicklung der installierten Windenergieleistung in Spanien (Quelle: Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA).

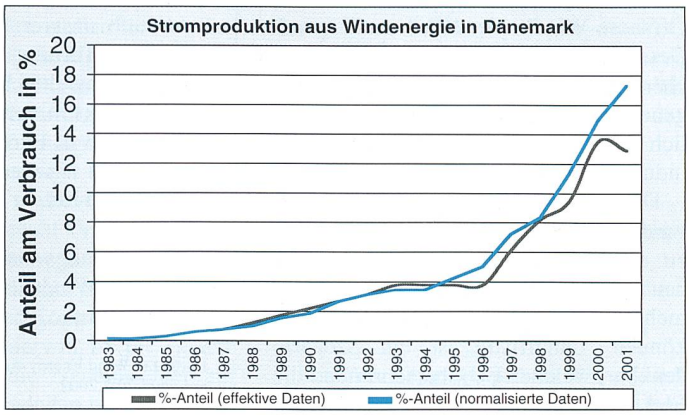

Bild 5 Entwicklung der Windstromproduktion in Dänemark. Schwarze Kurve: Effektive Daten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen «Windjahre». Blaue Kurve: Normalisierte Daten, das heisst, Stromproduktion aus Wind, wenn jedes Jahr ein durchschnittliches Windenergiejahr gewesen wäre (Quelle: Soren Krohn Managing Director, Danish Wind Industry Association).

schen Länder bringt. Auch dieses südeuropäische Land kennt die Förderung von neuen erneuerbaren Energien über garantierte Einspeisebedingungen.

Trotz diesem Erfolg weist die Asociación de Productores de Energías Renovables-APPA auf die Tatsache hin, dass sich der Zuwachs gegenüber dem Vorjahr verlangsamt hat. Sie fordert denn auch alle zuständigen Behörden und Institutionen auf, alles Notwendige zu unternehmen, das die gemeinsam gesetzten Ziele – 8974 MW bis zum Jahr 2010 – auch erreicht werden können. Dies sei umso wichtiger, als auch in Spanien in der landeseigenen Windindustrie Tausende von Personen beschäftigt sind.

Dänemark: Bald 20% Strom aus Windenergie?

Auf ein durchschnittliches Windjahr umgerechnet, hätten in Dänemark 18% des Stromverbrauchs mit Windenergie erzeugt werden können, effektiv waren es aber im Jahre 2001 aufgrund des schlechten Windjahres 13%.

Während den letzten 15 Jahren haben wechselnde Regierungskoalitionen am Ziel festgehalten, bis ins Jahr 2005 insgesamt 10% des Stromverbrauchs mit Windenergie zu decken. Realistischerweise wird Windenergie jedoch bereits im Jahr 2003 über 20% des benötigten Stroms abdecken können.

Basis dieses Erfolgs für die Windenergie in Dänemark ist ein Preissystem für Windstrom mit einer «Umweltprämie» auf jeder produzierter kWh, zusätzlich zum Marktpreis der Elektrizität. Diese Prämie ist über eine Abgabe auf dem Strompreis finanziert, welche bei allen Stromkunden erhoben wird; die zusätzlichen Kosten für erneuerbare Energien werden also – analog den vorgesehenen Bestimmungen im neuen schweizerischen Elektrizitätsmarktgesetz EMG – im Strompreis internalisiert. Da dieses Vorgehen eigentlich den EU-Richtlinien widerspricht, wurde eine Lösung über einen «Grünen-Zertifikat-Markt» gesucht, was sich aber als nicht machbar herausstellte. In Realität wird Dänemark wohl bis auf weiteres an seinem System des Umweltbonus festhalten, bis sich die EU auf ein harmonisiertes Vorgehen zur (erwiesenermassen unbestrittenen) Förderung der erneuerbaren Energien einigt. Aufgrund eines EU-Beschlusses wird dies aber nicht vor Ende 2010 sein. Momentan studiert die EU-Kommission mögliche Optionen und wertet die Erfahrungen in der Ausgestaltung der unterschiedlichen Fördermodelle aus.

CO_2-Emmissionen und Windparks

Um eine kWh Elektrizität in einem Kohlekraftwerk zu erzeugen, werden 400 g Kohle gebraucht und dabei 800 g CO_2 emittiert. Eine grosse Offshore-Windturbine benötigt für eine treibhausgasfreie kWh gerade 1,5 Sekunden. Dank den heute geplanten Offshore-Windparks würden also rund 5 Millionen Tonnen CO_2 weniger erzeugt.

Im Jahre 2001 wurde in Dänemark nun eine neue Regierung gewählt, welche auch den seit 25 Jahren herrschenden energiepolitischen Konsens mit den verschieden Fördermechanismen in Frage stellt. Dies sehr zum Missfallen der Windenergie-Industrie, welche immerhin zwei Drittel aller Windkraftanlagen weltweit produziert und mittlerweile ein wichtiges Standbein der dänischen Volkswirtschaft ist.

Die Zukunft liegt (auch) im Meer draussen

Die Entwicklung geht – sinnbildlich gesprochen – in zwei Richtungen weg von den Küsten. Einerseits beginnt die Entwicklung von grossen Offshore-Windparks im Meer, andererseits werden zunehmend Binnenland-Standorte bis hin zum Gebirge mit Windenergieanlagen erschlossen.

Bis heute sind bereits 86 MW Windenergieanlagen in insgesamt acht Offshore-Windparks installiert. Untersuchungen zeigen,[6] dass aufgrund vorliegender Projekte bereits im Jahre 2005 Offshore-Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 2500 MW ausreichend Strom für 2 Millionen Haushalte generieren werden. Dabei würden zusätzlich 50 000 Arbeitsplätze, vor allem im industriellen Sektor, geschaffen.

Dies ist jedoch erst der Anfang. Es wird davon ausgegangen, dass an einfach zu erschliessenden Standorten mit der heute vorhanden Technologie rund 50-mal mehr Offshore Anlagen gebaut werden können. Langfristig ist ein Szenario denkbar, welches EU-überschreitend die Elektrizitätsversorgung ausschliesslich mit Wind- und Solarenergie sicherstellen könnte.[7]

Die Erfahrungen in Ländern mit einem hohen Windenergieanteil im Netz, wie Dänemark, zeigen, dass die Netzbetreiber durchaus in der Lage sind, die schwankende Windproduktion mit ihrer Reservehaltung auszugleichen. Die Kraftwerkbetreiber müssen als neue Regelgrösse nun auch die Windvorhersagen zu Rate ziehen!

Dass im Rahmen einer zunehmenden Integration von Windenergie in der europäischen Stromversorgung die schweizerischen Speicherkraftwerke neue, wichtige Aufgaben übernehmen werden, zeigt bereits exemplarisch die Zusammenarbeit zwischen Dänemark mit thermischen Kraftwerken und hohem Windenergieanteil und Norwegen mit fast ausschliesslich einfach und billig zu regulierenden Wasserkraftwerken.

Windenergie in der Schweiz

Die installierte Leistung der Windkraftanlagen in der Schweiz hat im Jahr 2001 um 60% zugenommen, vor allem aufgrund des Ausbaus des Windparks der Juvent SA auf dem Mont-Crosin um zwei Anlagen mit einer Leistung von je 850 kW. Insgesamt sind 18 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 4,5 MW in Betrieb. Damit werden heute bei uns jährlich rund 5 GWh Windstrom produziert.

Die Schweizerische Windenergievereinigung «Suisse Eole» – seit dem 28. November 2001 ein offizieller Partner von EnergieSchweiz – erreichte eine vertiefte politische Unterstützung der Anliegen der Windenergie. In einer Medienmitteilung äusserte sich das UVEK, mit den Ämtern Buwal, BFE und ARE, zu konkreten Zielen. So sollen bis ins Jahr 2010 rund 50 bis100 GWh Windstrom erzeugt werden, unter Berücksichtigung von Aspekten des Landschaftsschutzes.

Sowohl Offshore-Anlagen als auch Anlagen im Gebirge müssen aufgrund der eingeschränkten Zufahrtsmöglichkeiten und den harschen klimatischen Bedingungen eine sehr hohe Verfügbarkeit aufweisen. Dies eröffnet Marktchancen für die teure, aber qualitativ hoch stehende schweizerische Elektro- und Messapparatebranche. Die Windenergie entwickelt sich heute in einem Bereich, welcher als Kerngeschäft der schweizerischen Elektro- und Maschinenindustrie bezeichnet werden kann:

- ABB Energie Services ist Systemlieferant der 800-kW-Windkraftanlage auf dem Gütsch bei Andermatt.
- Bartholdi AG in Koblenz produziert Permanentmagnet-Generatoren für Windkraftanlagen im Leistungsbereich > 1 MW.
- IDS im Technopark in Zürich stellt Leistungselektronik für Windkraftanlagen bis 2,5 MW Leistung her.

Aber auch planerisches Know-how von Schweizer Firmen ist zunehmend auch ausserhalb unserer Landesgrenzen gefragt, gerade für Standortevaluationen in komplexen Terrain:

- NEK Umwelttechnik AG aus Zürich plant in Italien, Spanien und Brasilien Windparks mit einer Gesamtleistung von über 1000 MW.
- Meteotest in Bern ist führend in Windressourcenabklärungen und -modellierungen in schwierigem Gelände. Auch deren Know-how ist weltweit gefragt.
- Interwind Ltd. in Zürich bearbeitet eine Vielzahl von Windparks in der Türkei.

Finanzierungs- und Versicherungsinstitute aus der Schweiz sind heute weltweit im Bereich Windenergie engagiert.

1 European Wind Energy Association EWEA Pressrelease vom 20.2.2002
2 Bundesverband für Windenergie, Pressemitteilung vom 16.1.2002
3 Wind Energy Weekly, Vol. 21, 4.1.2002
4 EWEA: THE ECONOMICS OF WIND ENERGY, Website http://www.ewea.org/src/economics.htm
5 Zitate aus «Windkraftbranche setzt Höhenflug mit neuem Rekordjahr fort», Pressemitteilung Bundesverband Windenergie vom 16.1.2002
6 EWEA Press-Release 10.12.2001
7 G. Czisch: Expertise zur möglichen Bedeutung einer EU-überschreitenden Nutzung von Wind- und Solarenergie.

Boom de l'énergie éolienne en Europe

A la fin 2001, les éoliennes installées dans le monde entier représentaient une puissance d'environ 24 000 MW. Leur production d'électricité correspond (pour 1500 heures de pleine charge) au 2/3 de la consommation globale d'électricité en Suisse (environ 36 000 GWh). Environ 75% de la capacité d'énergie éolienne se trouvent dans les pays européens. Les entreprises européennes sont donc essentiellement impliquées dans l'expansion actuelle de l'énergie éolienne. Etant donné que son taux d'augmentation s'élève à plus de 30% par année, la production d'énergie éolienne est un facteur à prendre au sérieux sur le marché de l'électricité. Elle peut être considérée comme un exemple en matière de développement durable. Rien qu'en Allemagne, environ 35 000 personnes sont actives dans la branche.