

Stand und Perspektiven der Windenergie-Technik in Deutschland

Wohin weht der Wind?

Die Nutzung der Windenergie hat in den Jahren seit 1990, maßgeblich unterstützt durch Förderprogramme der Länder und des Bundes – insbesondere das „250 MW Wind“-Programm –, enorme Fortschritte gemacht. Entscheidend gefördert wurde diese Entwicklung durch die Verabschiedung des Stromeinspeisungsgesetzes im Dezember 1990. Auch im Jahr 1996 konnte die installierte Windleistung in Deutschland weiter ausgebaut werden. Sie beträgt nunmehr ca. 1.600 MW. Der Windstromanteil lag 1996 bei ca. 0,5 % des elektrischen Energieverbrauchs (2.400 GWh). Das oftmals formulierte Ziel, in Deutschland einen Windstromanteil im Prozentbereich zu erreichen, scheint mittelfristig möglich, wenn die zur Zeit noch günstigen Rahmenbedingungen (u. a. das Stromeinspeisungsgesetz) beibehalten werden.

Der Aufschwung der Windenergienutzung in Deutschland zeigt sich anhand mehrerer Aspekte. So haben die günstigen Rahmenbedingungen nicht nur einen Einfluß auf die Installationsrate neuer Windenergieanlagen (WEA), sondern wirken sich auch auf die Verbesserung der Anlagentechnik und letztlich auf die Reduktion der Produktionskosten aus.

In Abb. 1 ist zu erkennen, daß das Wachstum der WEA-Installationsrate in energiewirtschaftlich relevanter Größenordnung nun auch unabhängig von der auf 250 MW Gesamtleistung begrenzten Bundesförderung Bestand hat.

Seit 1989 werden alle im Breitentest „250 MW Wind“ geförderten Anlagen durch ein Wissenschaftliches Meß- und Evaluierungsprogramm (WMEP) im laufenden Betrieb begleitet. Dadurch stehen sehr verlässliche Daten zur Verfügung. Bis zum Jahresende 1996 wurden bereits 1.520 WEA mit gut 335 MW installierter Nennleistung in das Meßprogramm aufgenommen, das vom *Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET)* im Auftrag des *Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)* durchgeführt wird. Der größte Teil der im Laufe des Jahres 1996 neu aufgenommenen Anlagen haben Nennleistungen ab 500 kW. Dadurch hat sich die durchschnittliche WEA-Nennleistung im WMEP auf über 220 kW vergrößert.

Alle Maßnahmen (Förderprogramme und Stromeinspeisungsgesetz) bewirkten, daß Deutschland im internationalen Vergleich mittlerweile hinsichtlich der Windenergienutzung einen Spitzenplatz einnimmt.

So wurden in den Ländern der Europäischen Union bis Ende 1996 etwa 3.250 MW Windleistung installiert. Deutschland ist Spitzenreiter mit rund 1.600 MW, gefolgt von Dänemark mit 740 MW, den Niederlanden mit ca. 280 MW, Großbritannien mit rund 270 MW und Spanien mit ca. 150 MW.

Zusammen mit der Windleistung weiterer europäischer Länder, mit den in den USA installierten 1.630 MW (15.000 Anlagen) und den sonstigen, besonders in Asien installierten WEA, sind weltweit bereits deutlich mehr als 5.000 MW Leistung errichtet.

Energieertrag und Verfügbarkeit der Windenergieanlagen

Die Auswertung der Betreibermeldungen zur Stromproduktion der Windenergieanlagen im „250 MW Wind“-Programm ergibt für 1996 die summierte Jahresarbeit von ca. 520 GWh. Mit diesem Ergebnis ist im Vergleich zum Vorjahr (570 GWh) ein Rückgang der Windstromproduktion von rund 10 % zu verbuchen, was auf das äußerst windschwache Jahr 1996 zurückzuführen ist.

In Schleswig-Holstein wurden etwa 190 GWh Strom durch WEA mit Bun-

desförderung erzeugt, danach folgt Niedersachsen mit ca. 165 GWh und Mecklenburg-Vorpommern mit rund 50 GWh.

Werden die Jahreserträge der Windenergieanlagen nach Standortkategorien differenziert, so ergibt sich folgende Aufteilung: Rund 65 % wurden an Küstenstandorten, 20 % an Binnenlandstandorten sowie 15 % an Standorten im Bergland erzeugt. Die gesamte Windstromproduktion aller WEA in Deutschland – d. h. inklusive der Anlagen ohne Förderung durch das „250 MW Wind“-Programm – liegt für 1996 bei etwa 2.400 GWh.

Die verbesserte Anlagentechnik wird an den inzwischen üblichen Verfügbarkeitswerten von rund 98 % deutlich, die von den marktgängigen WEA-Typen in unterschiedlichen Regionen erreicht wird. Wenn die hiermit dokumentierte Zuverlässigkeit der WEA auch auf die nächst größere Anlagengeneration übertragen werden kann, ist bei entsprechend größeren Nabenhöhen und weiteren Wirkungsgradverbesserungen mit einer erheblichen Steigerung der spezifischen Jahresenergieerträge zu rechnen (siehe Abb. 2).

Dennoch werden, nicht zuletzt durch verbesserte Fertigungsverfahren, die derzeitigen spezifischen Herstellkosten gehalten.

Potential der Windenergie

Zur Stromerzeugung aus Windenergie sind während der letzten beiden Jahrzehnte eine Reihe von Potentialabschätzungen /1/, /2/, /3/, /4/ durchgeführt worden. Dabei wurden sehr unterschied-

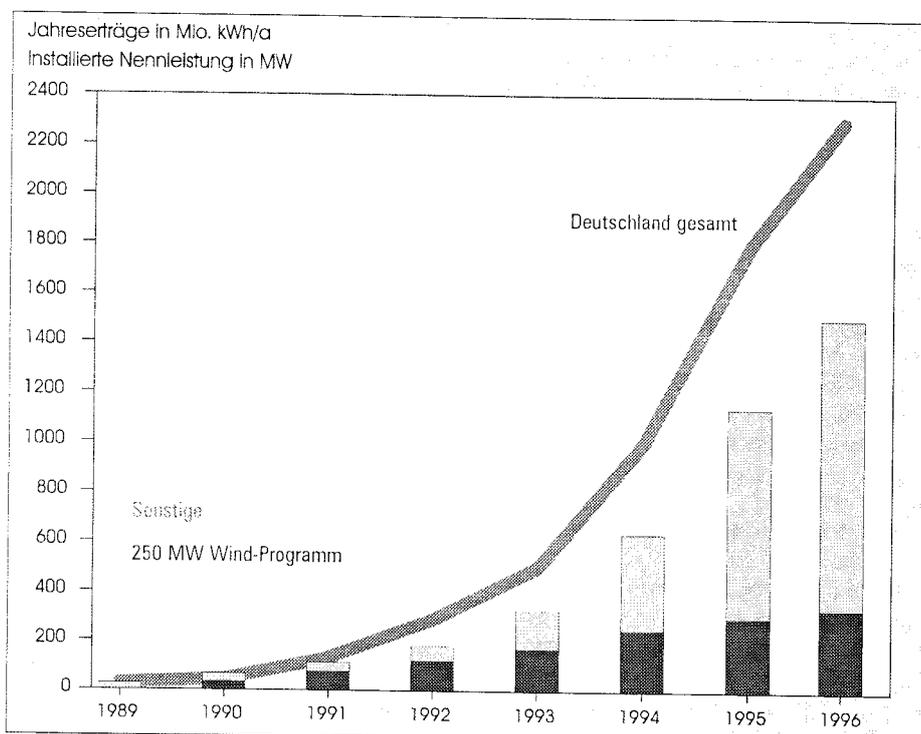


Abb. 1: Ausbau der Windenergienutzung in Deutschland (Anlagen im Verbundnetz)

liche Ergebnisse gewonnen. Auf aktuellen Standortanalysen basierende Ausführungen für Niedersachsen /5/ und Schleswig-Holstein /6/ kommen ebenfalls zu verschiedenen Erwartungen.

Alle Abschätzungen zeigen jedoch, daß die Windenergie über erhebliche Ausbaupotentiale verfügt, die einige Prozent des momentanen Stromverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland ausmachen würden.

Um auch nur einen Teil der unteren Potentialwerte in absehbarer Zeit nutzen zu können, müssen hinsichtlich der Anlagentechnik, der Standortplanung, des Netzanschlusses und der Leittechnik die notwendigen Voraussetzungen geschaffen und aufkommende Akzeptanzprobleme beseitigt werden.

Schleswig-Holstein und Niedersachsen haben mit ihren Landesprogrammen deutliche Signale gesetzt. In Schleswig-Holstein wird bis zum Jahr 2010 ein Stromversorgungsbeitrag von knapp 25 % aus Windenergie anvisiert. Bei einem Übergang zu großtechnischen Lösungen müssen allerdings Markteinbrüche mit Auswirkungen auf die Produktion und den Aufbau der Anlagen, die z.B. durch lange Planungsphasen hinsichtlich der Standorte, des Netzausbaus etc. entstehen könnten, vermieden werden.

Zinsgünstige Darlehen zur Anlagenfinanzierung

Die Wirtschaftlichkeit eines WEA-Projektes hängt wesentlich von den betreiber-spezifischen Rahmenbedingungen ab. Insbesondere ist zu unterscheiden hinsichtlich der Kalkulationsbasis zwischen EVU mit eigener Stromerzeugung und EVU ohne eigene Stromerzeugung sowie Privatpersonen und Betreibergemeinschaften.

Mit einem vereinfachten Ansatz werden nachfolgend die Stromgestehungskosten in DM pro erzeugter Kilowattstunde für die Investorengruppe der Privatpersonen und Betreibergesellschaften ermittelt.

Hierbei kommen die folgenden Kostenarten zum Ansatz:

- Investitionskosten: WEA-Kosten, Nebenkosten für Grundstück, Fundament, Netzanbindung, Planung, Genehmigung usw.,
- Betriebskosten: Wartung, Instandsetzung, Versicherungen, Überwachung, Leitung usw.,
- Kapitalkosten: Zins und Tilgung der Kreditaufnahme.

Der weitaus größte Teil der in Deutschland errichteten WEA wird mit besonderen, zinsgünstigen Darlehen für Umweltschutzmaßnahmen finanziert. Das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)

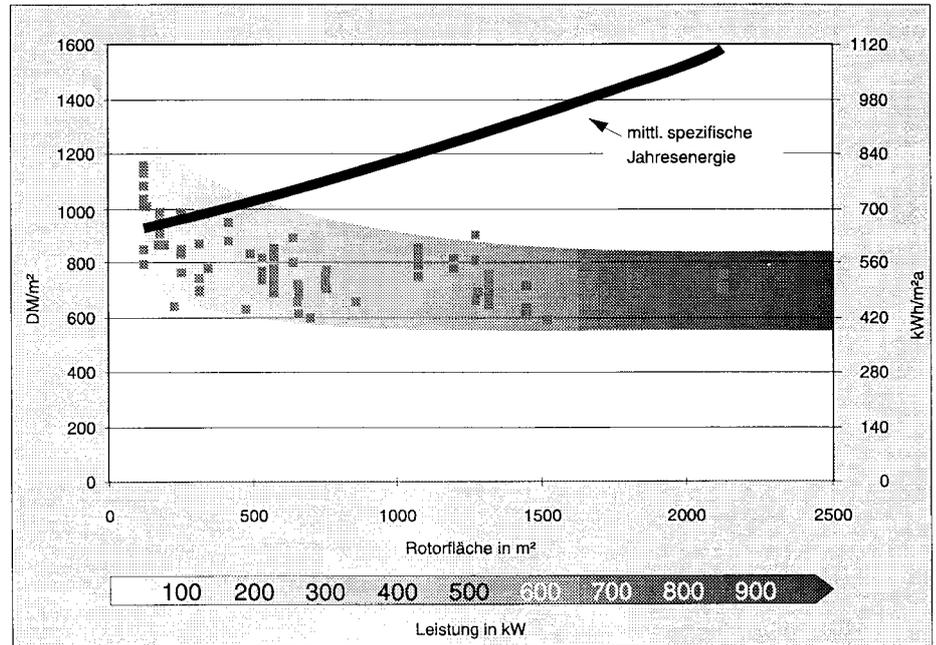


Abb. 2: Spezifische Anlagenkosten und Jahresenergie

gewährt zur Finanzierung umweltrelevanter Maßnahmen wie z.B. Windenergieanlagen über die Deutsche Ausgleichsbank langfristige, zinsvergünstigte Darlehen, die etwa 1 Prozent-Punkt unter dem üblichen Marktzins liegen.

Die Auszahlungshöhe der Darlehen ist abhängig vom prozentualen Darlehensanteil an der Gesamtinvestition und kann bis zu 100 % betragen. Die ersten beiden Jahre sind tilgungsfrei, der Zins ist für die gesamte Dauer des Darlehens fest. Die Laufzeit des Kredites beträgt im allgemeinen zehn Jahre.

Die definierte Laufzeit der Anlagenfinanzierung über Bankdarlehen (hier zehn Jahre) hat dabei wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Stromgestehungskosten. Die Erfassung der Investitionsnebenkosten und der laufenden Betriebskosten von Windenergieprojekten bedarf, um verlässliche Zahlen zu erhalten, eines erheblichen Aufwandes.

Die im Rahmen einer Umfrage unter mehreren hundert WEA-Betreibern im WMEP erfaßten Investitionsnebenkosten (sowohl Einzelanlagen als auch Windparks) sind in Abb. 3 dargestellt. Sie betragen im Mittel 34,5 % des WEA-Kaufpreises, der auch Transport, Montage und Inbetriebnahme umfaßt. In der Berechnung der Stromgestehungskosten (vgl. Abb. 5) wurden jedoch mittlere Nebenkosten von 30 % angenommen, da nicht bei allen WEA-Projekten auch immer sämtliche Kostenarten anfallen.

Die im WMEP ermittelten durchschnittlichen WEA-Betriebskosten für Wartungen, Instandsetzungen und Versicherungen etc. liegen im Durchschnitt für Anlagen mit einer Betriebszeit von mehr als zwei Jahren bei ca. 2,5 % der Anlagenkosten ab Werk. Für eine zehn-

jährige Finanzierungszeit der WEA läßt sich hieraus bei einer jährlichen Steigerungsrate der Betriebskosten um 5 % p. a. ein mittlerer Wert von ca. 3 % als Betriebskosten für das dritte bis zehnte Betriebsjahr abschätzen. In den ersten beiden WEA-Betriebsjahren fallen auf Grund der Gewährleistung i. a. nur geringe Betriebskosten an. Die Durchschnittswerte einer ISET-Betreiberumfrage zu Betriebskosten zeigt Abb. 4.

Stromgestehungskosten: je größer die WEA, desto günstiger

Unter Berücksichtigung der genannten Kostenarten ergeben sich mit Verwendung dynamischer Berechnungsverfahren /10/ Stromgestehungskosten (in DM/kWh) für die Stromerzeugung aus Windenergie, die maßgeblich von den spezifischen Kosten (DM/kW) der eingesetzten Anlagentypen (bzw. der WEA-Größenklasse) abhängen. Bei der Berechnung der Stromgestehungskosten in Abb. 5 nach der Annuitätenmethode sind die folgenden Randbedingungen vorgegeben:

Finanzierungszeitraum	10 Jahre
Finanzierungsanteil	100 %
Förderungsanteil	0 %
Zinssatz (Mischkalkulation)	6,5 %
Investitionsnebenkosten	30 %
durchschnittliche Betriebskosten	3 %

Die nominelle Jahresarbeit der betrachteten WEA ist aus vermessenen Kennlinien berechnet und bezieht sich jeweils auf einen Referenzstandort mit einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von 6,0 m/s in 30 m Höhe (Rauhigkeitslänge $Z_0 = 0,05$ m) unter Annahme

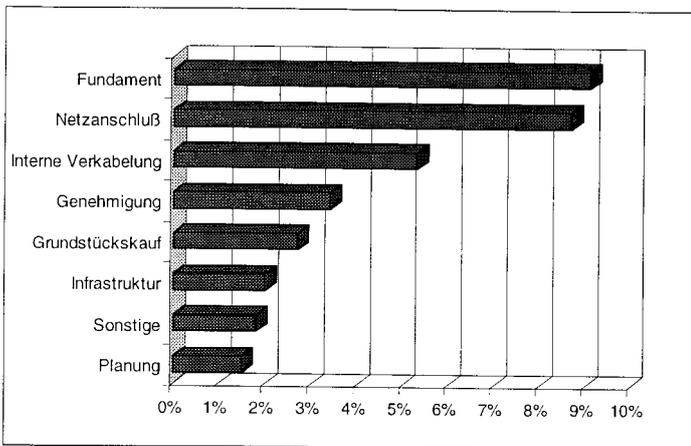


Abb. 3: Investitionsnebenkosten laut Betreiberumfrage

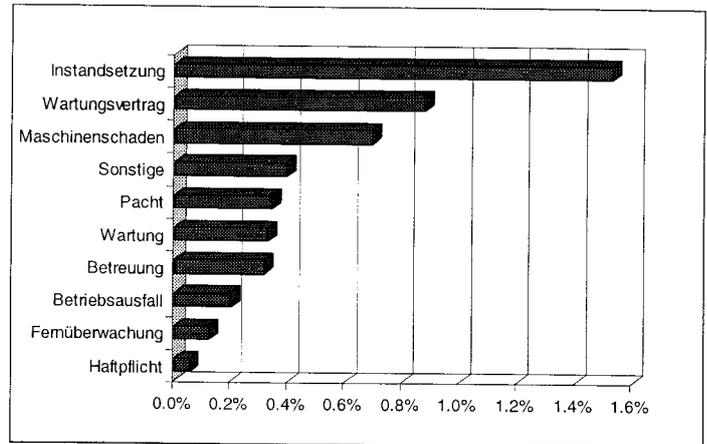


Abb. 4: Betriebskosten laut Betreiberumfrage bezogen auf den WEA-Kaufpreis

einer Rayleighverteilung. Die nominelle Jahresarbeit der betrachteten Anlagen ist mit etwa 0,29 GWh (150 kW), 0,58 GWh (300 kW) und 1,25 GWh für die 600 kW Anlage angegeben.

Trägt man für Anlagen der 150 kW-Klasse sowie für 300 kW- und 600 kW-Anlagen jeweils die berechneten Stromgestehungskosten über der Bezugsgröße „Jahresarbeit“ auf (Abb. 5), so zeigen sich für die größeren Anlagentypen deutlich günstigere Stromgestehungskosten.

Darüber hinaus zeigen größere WEA auch eine höhere Stabilität bezüglich Schwankungen der resultierenden, jährlichen Stromgestehungskosten bei negativen Abweichungen von der nominellen Jahresarbeit. So steigen die Stromgestehungskosten von WEA der Leistungsklasse 600 kW bei einer zehnprozentigen negativen Abweichung von der nominellen Jahresarbeit (1,25 GWh) um ca. 1,9 Pf. Bei WEA der Leistungsklasse 150 kW liegt die Änderung der Stromgestehungs-

kosten bei der gleichen Schwankungsbreite bei ca. 2,9 Pf. Die Stromgestehungskosten bei nomineller Jahresarbeit liegen hiernach bei 0,2617 DM/kWh (150 kW), 0,1963 DM/kWh (300 kW) und bei 0,1715 DM/kWh für die 600 kW-Anlage.

Aus den im Kasten der Abb. 5 angegebenen Randbedingungen ergeben sich für eine WEA der Leistungsklasse 600 kW jährliche Kosten von ca. 228.000 DM, die sich aus den Finanzierungskosten für das eingesetzte Fremdkapital in Höhe von rund 198.000 DM/a sowie den Kosten für Betrieb und Wartung von 30.000 DM/a zusammensetzen. Bei der derzeitigen Einspeisevergütung (1997: 17,15 Pf/kWh) ist zur Finanzierung der Windenergieanlage über einen Zeitraum von 10 Jahren eine Jahresarbeit von ca. 1,33 GWh/a erforderlich. Diese Jahresproduktion wird jedoch nur von einem kleinem Teil an den besten Standorten zur Zeit erreicht.

Volllaststunden: küstennahe Standorte günstiger

Wird die Jahresarbeit auf die WEA-Nennleistung bezogen, so erhält man die Kenngröße „Volllaststunden“. Im oben berechneten Beispiel der 600 kW-Anlage erfordert eine angenommene Amortisationszeit von zehn Jahren eine jährliche Volllaststundenzahl von rund 2.200 Stunden (300 kW-Anlage: 2.300 h). Diese Volllaststundenzahl wird in der Regel nur von Anlagen erreicht, die an windstarken d. h. für Deutschland an küstennahen Standorten errichtet sind.

Hier liegt das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in zehn Meter Höhe je nach Standort etwa zwischen 5,5 und 6,5 m/s. Im windschwächeren Küstenhinterland (Kategorie Binnenland) sowie in den Mittelgebirgsregionen liegen die bislang ermittelten Volllaststunden deutlich unter diesen Werten.

Die Ergebnisse einer Datenanalyse zu Volllaststunden in verschiedenen Standortkategorien für die Jahre 1994 und 1996 ist in Abb. 6 und 7 zusammengefaßt. Diese Grafiken zeigen deutlich die Einflüsse der Jahreswindverhältnisse auf die Betriebsergebnisse der Windenergieanlagen.

Hiernach erreichten an Küstenstandorten in dem windstarken Jahr 1994 rund 85 % der WEA mehr als 2.000 Volllaststunden, im windschwachen Jahr 1996 hingegen nur ca. 50 Prozent. An Binnenland- bzw. Mittelgebirgsstandorten wurden in 1994 über 2.000 Volllaststunden bei ca. 13 bzw. 11 % der dort installierten Anlagen registriert. 1996 fiel dieser Wert auf ca. 3 bzw. 1 % ab.

Dies zeigt deutlich, daß insbesondere an den vergleichsweise windschwächeren Standorten im Binnenland sowie im Mittelgebirge unter den derzeitigen technischen und ökonomischen Randbedingungen der Betrieb von Windenergieanlagen derzeit weiterhin auf investive und/oder ertragsabhängige Förderung angewiesen ist.

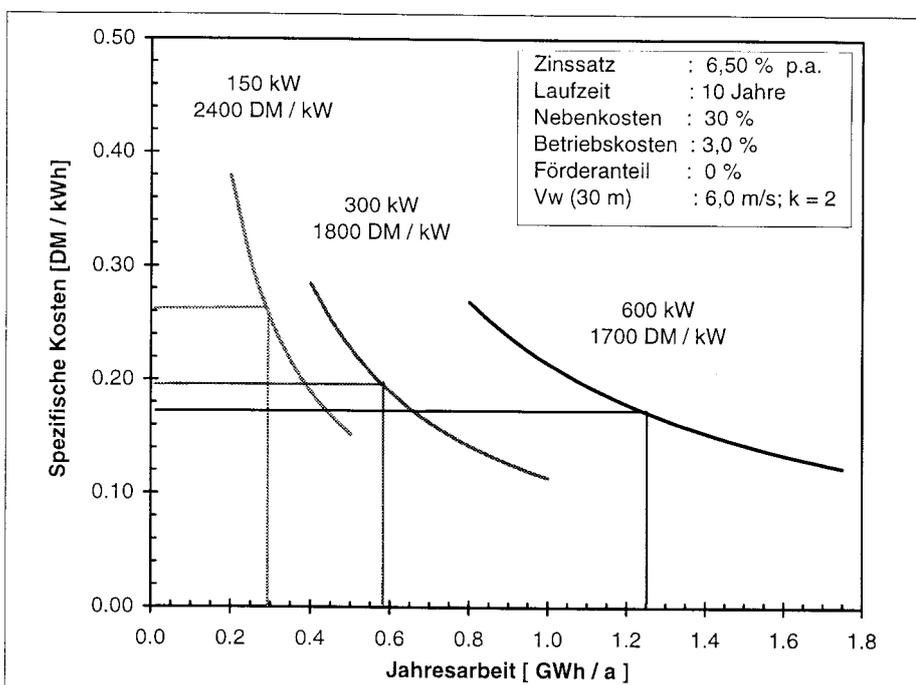


Abb. 5: Stromgestehungskosten unterschiedlicher WEA-Leistungsklassen

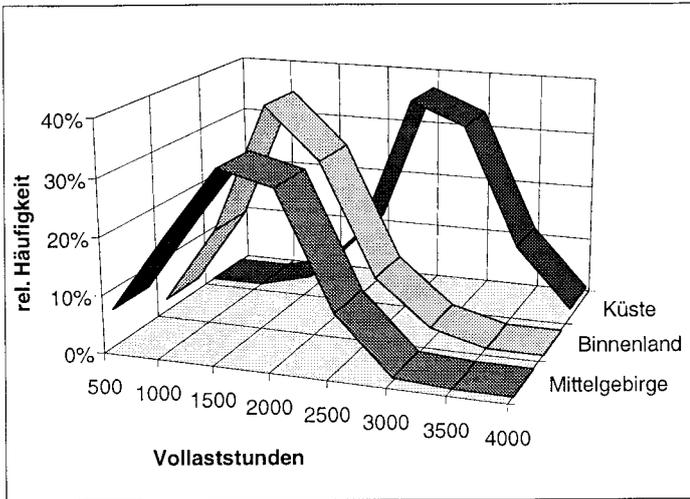


Abb. 6: Vollaststunden-Häufigkeitsverteilung in unterschiedlichen Standortkategorien 1994 – Darstellung mit quasikontinuierlichem Verlauf anstatt diskreter Werte

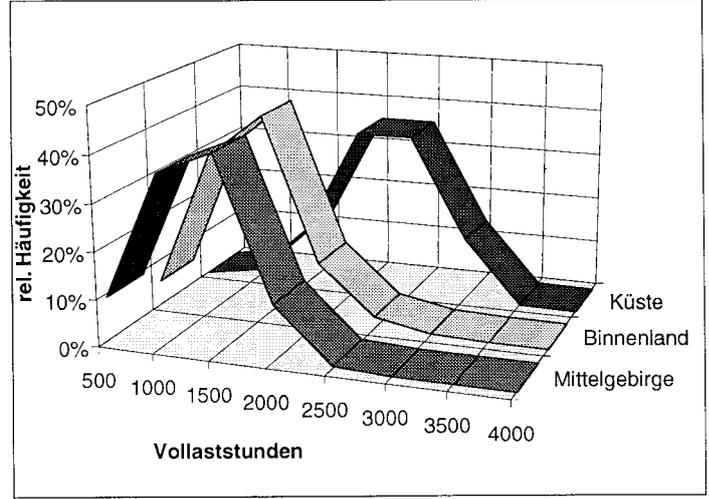


Abb. 7: Vollaststunden-Häufigkeitsverteilung in unterschiedlichen Standortkategorien 1996 – Darstellung mit quasikontinuierlichem Verlauf anstatt diskreter Werte

Fazit und Ausblick

Die Nutzung der Windenergie zeigt neben ihren positiven Umwelteffekten auch entsprechende arbeitsmarktpolitische Aspekte. Momentan sind direkt ca. 5.000 Arbeitsplätze in Deutschland durch die Windenergienutzung gesichert. Wird weiterhin berücksichtigt, daß diese Technik – Anlagenbau und -betrieb – ein höheres Beschäftigungspotential gegenüber konventioneller elektrischer Energiewandlungstechnik erfordert, so lassen sich durch Ausbau der Windenergie – insbesondere über Steigerungen des Exports – auch auf dem Arbeitsmarkt in Deutschland nennenswerte Entlastungen erreichen. Gerade für die in eher strukturschwachen Gebieten angesiedelte WEA-Industrie ist dieser Gesichtspunkt von ganz besonderer Bedeutung.

Abschließend ist festzustellen, daß die in den letzten Jahren entstandene Firmenstruktur im Windenergieanlagenbereich – überwiegend kleine und mittlere Unternehmen – sich als außerordentlich leistungsfähig erwiesen hat. Diese Firmen haben die notwendige Flexibilität, um wichtige Trends aufzugreifen und fortzuführen. Damit sich die aufgebaute innovationsfreundliche Struktur stabil weiterentwickeln kann, ist ein kontinuierlicher Ausbau der Windenergie – d.h. Kontinuität am Markt sowie im Forschungs- und Entwicklungsbereich – notwendig. Diese Perspektive wird nicht vom Windpotential begrenzt, sondern ganz wesentlich vom politischen Willen zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energiequellen beeinflusst.

Werner Kleinkauf, Michael Durstewitz,
Martin Hoppe-Kilpper

Literatur

/1/ Kleinkauf, W.; Meliß, M.; Molly, J.-P. et al.: Energiequellen für morgen? Teil III: Nutzung der Windenergie. BMFT-Studie 1976. Umschau-

Verlag, Frankfurt

/2/ Windheim, R.: Nutzung der Windenergie, KFA Jülich, 1980

/3/ Fichtner Development Engineering: Abschätzung des wirtschaftlichen Potentials der Windenergienutzung in Deutschland und des bis 2000/2005 zu erwartenden Realisierungsgrades sowie der Auswirkung von Fördermaßnahmen. BMFT Bonn/ -Forschungszentrum Jülich GmbH, Stuttgart, 1991

/4/ Consulectra: Wind Power Penetration Study of the European Commission, Federal Republik of Germany, 1991

/5/ DEWI: Feststellung geeigneter Flächen als Grundlage für die Standortsicherung von Windparks im nördlichen Niedersachsen. Deutsches Windenergie-Institut im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Wilhelmshaven, 01/1993

/6/ Glocker, S.; Richter, R.; Schwabe, J.: Methoden und Ergebnisse bei der Ermittlung von Windenergiepotentialen und Flächen in Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg und Schleswig-

Holstein. Deutsche Windenergie-Konferenz '92, Wilhelmshaven

/7/ Büchner, J.: Netzbeeinflussung durch Windparks. Studie im Auftrag des Forums Zukunftsenergien e.V., 1992

/8/ Durstewitz, M.; Enßlin, C.; Heier, S.; Hoppe-Kilpper, M.: Wind Farms in the German „250 MW Wind“ - Programme. European Wind Energy Association, Special Topic Conference '92, Herning, Dänemark, 1992

/9/ Ad-hoc-Ausschuß beim Bundesminister für Forschung und Technologie. Großwindanlagen. Abschlußbericht, Bonn 1992, KFA-BEO, Jülich Kleinkauf, W.: Technisch-wirtschaftliche Aspekte zum Betrieb von Windenergieanlagen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 7, 1983

Über die Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Werner Kleinkauf ist Vorstandsvorsitzender des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik e.V. in Kassel. Dipl.-Ing. Martin Hoppe-Kilpper ist Leiter der Projektgruppe „Windenergie“. Dipl.-Ing. Michael Durstewitz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Projektgruppe.

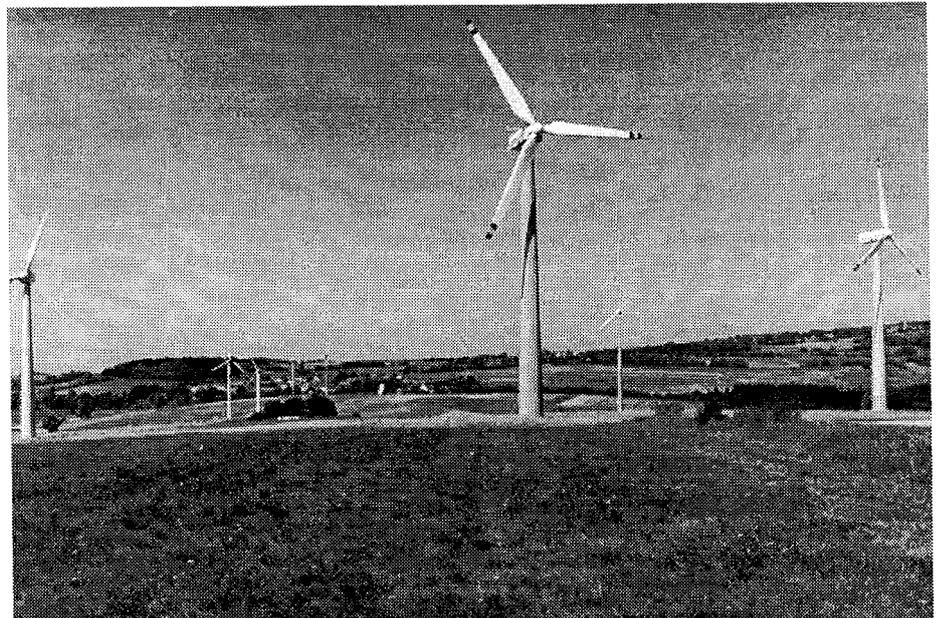


Abb. 8: Windenergiepark Vogelsberg

Foto: ISET e.V., Kassel

Tests'96. ITW, Test- und Entwicklungszentrum für Solaranlagen, Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Tel.: 0711/685-3536, Fax: 0711/685-3503. 50 DM inkl. Versand.

Die Nachfrage nach Tests'95 war so groß, daß das solartechnische Handbuch bald vergriffen war. Tests'96 setzt die Reihe nun fort – mit größerer Auflage und kleinerem Preis: Das *Test- und Entwicklungszentrum für Solaranlagen (TZS)* in Stuttgart veröffentlicht die neuen Prüfergebnisse seiner 96er Arbeit.

Tests'96 besteht aus 18 Prüfberichten, die die Ergebnisse der Leistungsprüfung und eine technische Beschreibung von 16 Kollektoren und zwei Solaranlagen beinhalten. Es ist als technisches Nachschlagewerk für den Fachmann konzipiert, der im Beruf detaillierte Informationen über Solaranlagen und deren Komponenten benötigt.

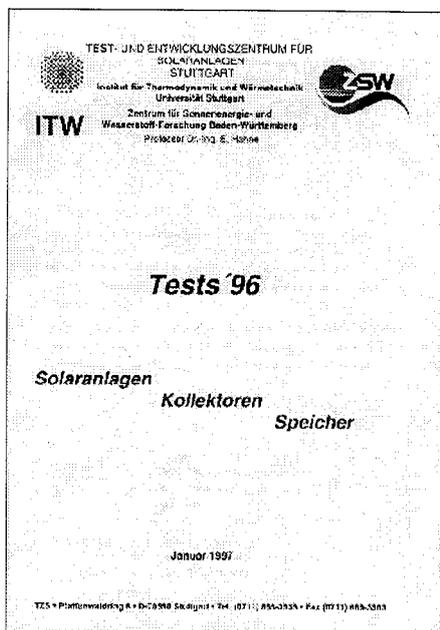
Eine Zusammenstellung der geprüften Komponenten und Anlagen mit ihren wichtigsten Kennwerten verhilft zu einer schnellen Übersicht über das, was auf dem Solarmarkt angeboten wird. Erläuterungen zu den Prüfverfahren und -berichten vervollständigen das Handbuch, das Unternehmern, Planern, Beratern und Handwerksbetrieben die Leistungsfähigkeit von Solaranlagen und deren Komponenten darlegen, Planungsdaten ergänzen und vollständige technische Informationen liefern soll.

Die Solaranlagen werden am TZS nach ISO/CD 9459, Teil 5 (7.1994) geprüft. Der Prüfbericht „Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung“ gibt eine detaillierte Beschreibung der Anlage, des Kollektors, Speichers, Reglers und der Komponenten der Pumpen- und Sicherheitsbaugruppe.

Als Prüfergebnisse sind die relevanten Anlagenkennwerte sowie Ertragsvorhersagen in Form des Jahresenergieertrags für drei typische Klimaregionen, des solaren Deckungsanteils und Jahresnutzungsgrades für Warmwasserentnahmelasten von 50 l/d bis 1.500 l/d aufgeführt. Besondere Prüfvorkommnisse wie Undichtigkeiten oder Verformungen des Absorbers sind dokumentiert.

Mit dem Prüfbericht „Kollektortest“ wird die Bestimmung von Wirkungsgrad, Wärmekapazität und Druckabfall nach DIN 4757, Teil 4 (6.1994) zertifiziert. Die technische Beschreibung der Bauteile Gehäuse, Absorber, transparente Abdeckung und Wärmedämmung ist sehr detailliert. Zusätzlich verdeutlicht eine Konstruktionsskizze den Aufbau des Kollektors.

Prüfergebnisse sind der Druckverlust und die Wirkungsgradkennlinie als mathematische Funktion, Tabelle der gemessenen Werte und in Diagrammform.



Vorhersagen zum jährlichen solaren Energiegewinn beruhen auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Diese ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert, ihre Systemdaten im Zertifikat beschrieben. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie mit Referenz-Wetterdaten der Klimaregionen Hannover, Würzburg und Stöten (Ostalb), die exemplarisch für eine geringe, eine durchschnittliche und eine hohe Jahressumme der Solarstrahlung in Deutschland stehen.

.....

Wolfgang Streicher: Teilsolare Raumheizung. Auslegung und hydraulische Integration. Villach: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie GmbH, 1996. H. v. Türlin Str. 5. A-9500 Villach. Tel.: 0043/4242/23224. Fax: 0043/4242/23224-1. 186 Seiten. 300 ÖS. ISBN 3-90-1425-06-3

Die thermische Nutzung der Sonnenenergie ist heute die am weitesten in den Markt vorgedrungene Technik der Umwandlung der direkten Sonnenstrahlung. Obwohl die Wirtschaftlichkeit im betriebswirtschaftlichen Sinne in den meisten Fällen nicht gegeben ist, hat sich in vielen Ländern, insbesondere in Österreich, ein rasch wachsender Markt für Kollektorsysteme entwickelt.

Die bevorzugte Anwendung liegt in der Brauchwasserbereitung, da hier der Bedarf keine großen jahreszeitlichen Schwankungen aufweist und somit die hohe Sonneneinstrahlung im Sommer gut genutzt werden kann. Die Anwendung zur Raumheizung ist demgegenüber wesentlich schwieriger, da der Hauptbedarf mit Zeiten geringer Sonnenstrahlung zusammenfällt.

Trotzdem gibt es seit einigen Jahren Projekte, in denen größer dimensionierte Kollektorsysteme zur Heizungsunterstützung – vor allem für die Übergangsmomente – eingesetzt wurden. Diese Systeme sind wesentlich komplexer als reine Brauchwassersysteme, da insbesondere die hydraulische Verschaltung und die Regeltechnik zwei unterschiedliche Wärmeverbraucher berücksichtigen muß.

Der Autor hat als Erster umfassend das Thema der teilsolaren Raumheizung behandelt, indem er die zum Einsatz kommenden Komponenten beschreibt und diskutiert, die hydraulische Einbindung untersucht und mit Hilfe von Simulationsprogrammen zur optimalen Auslegung gelangt. Die Habilitationsveröffentlichung ist neben einer Einleitung und der Darstellung der Grundlagen in vier Themenbereiche gegliedert.

a) Komponenten solarer Brauchwasser- und Heizungssysteme: In diesem Teil werden Kollektoren, Wärmeträger, Wärmespeicher sowie Heizungs- und Brauchwassersysteme beschrieben und hinsichtlich ihrer Eignung für teilsolare Raumheizung untersucht. Insbesondere wird auf Variationsmöglichkeiten bei der hydraulischen Verschaltung eingegangen und auf auftretende Probleme hingewiesen. Bei Wärmespeichern wird die Bedeutung der Temperaturschichtung für den Einsatz zur Heizung betont.

b) Hydraulische Einbindung von Solaranlagen: In diesem Kapitel werden zunächst die Grundsätze der hydraulischen Schaltung beschrieben und besondere Probleme, wie Schleichströmung, Stillstandsbetrieb und Materialkorrosion diskutiert. Sodann folgt die Darstellung reiner Brauchwasseranlagen, gefolgt von der Kombination mit Heizungsunterstützung. Hier wird unterschieden zwischen

