

Was ist von Offshore-Windparks zu halten ?

von Eberhard Wagner und Roland Dupont

e-mail Eberhard.Wagner@energie-fakten.de Roland.Dupont@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Die Energiepolitik will aus Gründen des Umweltschutzes und des nachhaltigen Wirtschaftens die zukünftige Energieversorgung wesentlich durch eine erhebliche Nutzung erneuerbarer Energien sicherstellen. Auf absehbare Zeit können merkbare Beiträge bei der Stromversorgung (außer durch die bereits seit langem genutzte Wasserkraft) nur durch die Windenergie erbracht werden. Der weitere Bau solcher Anlagen auf dem Festland und auf Inseln stößt jedoch vermehrt auf Hindernisse: den zunehmenden Mangel zulässiger bzw. geeigneter Flächen (ausreichend große Windstärken, Naturschutz, Landschaftsschutz) und eine wachsende Gegnerschaft der betroffenen Bevölkerung (Anhäufung von Anlagen und deren Größe/Höhe, Abstände zu Wohngebieten).

Investoren und Hersteller suchen deshalb nach neuen Standorten. Diese sieht man vor-

nehmlich in der Nord- und Ostsee, in sog. Offshore-Gebieten.

Untersuchungen über die dort gewinnbaren Strommengen zeigen, dass ein erheblicher Anteil der deutschen Stromversorgung „rein rechnerisch“ durch Offshore-Windanlagen gedeckt werden könnte. Die erzielbare Ausnutzung (Stunden pro Jahr) dieser Meeres-Anlagen ist größer als die von Anlagen auf dem Land. Diesem Vorteil stehen wegen der Aufstellung im Meer (Seewassereinfluss, Zugänglichkeit) bei Seetiefen bis zu etwa 40 m und der langen Stromübertragung zum Festland (100 km und mehr) erhöhte Investitionen gegenüber. Ob die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorgeschriebene Vergütung, die das drei- bis sechsfache der konventionellen Erzeugungskosten beträgt und damit stark subventionierenden Charakter hat, für einen wenigstens betriebswirtschaftlich ko-

stendeckenden Betrieb ausreicht, ist offen.

Das un stetige Windaufkommen führt sowohl bei den Anlagen auf dem Festland als auch bei den Meeres-Anlagen - dort in stärkerem Maße - zu erheblichen Stabilitätsproblemen für die gesamte Stromversorgung. Das Windaufkommen - von der Flaute bis zu nicht mehr nutzbaren Windgeschwindigkeiten, bei denen die Anlagen aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden müssen - wirkt sich bei den Meeres-Anlagen gleichzeitig auf praktisch alle Anlagen aus. Die entstehenden sehr großen Ungleichheiten und Ausfälle bei der Wind-Stromerzeugung müssen durch den konventionellen Kraftwerkspark ausgeglichen werden. Zudem kann der un stetige Windstrom den gesichert erzeugbaren Grundlaststrom aus Braunkohle- oder Kernkraftwerken ohnehin nicht ersetzen.

Eine erhebliche Windstromerzeugung in Gebieten, die weit entfernt von Verbrauchszentren liegen, müsste einen Umbau und eine Erweiterung des Hochspannungsnetzes zur Folge haben. Das derzeitige Netz ist für diese Anforderungen nicht geeignet.

Weitere mögliche Einflüsse

Ergänzung

Im Auftrag der bundeseigenen „Deutschen Energie-Agentur (dena)“ hat ein Konsortium aus Wissenschaftlern sowie Fachleuten des Bundeswirtschaftsministeriums, der Hersteller und Betreiber von Windkraftanlagen sowie Stromversorgern die groß angelegte Studie „Energiewirt-

dieser Anlagen sind zu beachten und zu prüfen: auf Schifffahrt, Meeresfauna- und -flora, Fischerei, Naturparks, Vogelschutzgebiete, Vogelflug, Wattenmeer (Kabelwege für den Anschluss an das Verbundnetz), ferner Konflikte mit anderen Nutzern dieser Seegebiete, z. B. Öl-/ Gas-

schaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020 (dena-Netzstudie)“ erarbeitet. Gegenstand der Anfang 2005 veröffentlichten Studie waren die Auswirkungen der Nutzung der Windenergie und anderer erneuerbarer Energien auf die

förderorte und Pipelines, Strom- und Telefonleitungen, Touristik, das Militär.

In der [Langfassung](#) wird auf die Möglichkeiten und Probleme eines großmaßstäblichen Einsatzes von Offshore-Windparks näher eingegangen.

Stromversorgung, besonders die Stromnetze und den zukünftigen Einsatz von konventionellen Kraftwerken. Die Verfasser weisen auf den im engen sachlichen Zusammenhang stehenden Beitrag hin: [Zu welchen Ergebnissen kommt die neue umfassende Studie zum Ausbau der Windenergie \(„dena-Netzstudie“\)](#) ?

Was ist von Offshore-Windparks zu halten ?

von Eberhard Wagner und Roland Dupont

e-mail Eberhard.Wagner@energie-fakten.de Roland.Dupont@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

Potenziale

Die Energiepolitik will aus Gründen des Umweltschutzes und des nachhaltigen Wirtschaftens die zukünftige Energieversorgung wesentlich durch eine erhebliche Nutzung erneuerbarer Energien sicherstellen. So soll der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2010 auf rund 12 Prozent verdoppelt werden. Wesentliche Beiträge dazu kann nur die Windkraft leisten. Andere regenerative Energien, wie die Wasserkraft, haben die Ausbaugrenze etwa erreicht oder, wie die Photovoltaik, erbringen mittelfristig keine nennenswerten Versorgungsanteile.

Untersuchungen über die technischen Potenziale der Stromerzeugung aus Windkraft auf dem Festland und im Offshore-Bereich, weisen bedeutende Strommengen aus: auf dem Festland können theoretisch jährlich bis zu 128 TWh und Offshore bis zu 237 TWh jährlich erzeugt werden.

Vergleicht man diese Werte mit dem derzeitigen Stromverbrauch der allgemeinen Strom-

versorgung von etwa 480 TWh p.a., so lässt sich rein rechnerisch daraus eine Deckung des Strombedarfs von grob 75 % ableiten. Derartige Zahlen bzw. Aussagen haben jedoch für die tatsächliche Stromversorgung nur geringen Wert.

Das technische Potenzial ist eine Energiemenge (Arbeit, gemessen in Kilowattstunden), die nichts über die zeitbezogene Bereitstellung (Leistung, gemessen in Kilowatt) dieser Energiequelle aussagt. Selbst unter Ausklammerung wirtschaftlicher Gesichtspunkte kann sie - jedenfalls solange es für Strom keine geeignete großtechnische Speichermöglichkeit gibt - grundsätzlich nur in dem Ausmaß genutzt werden, wie Erzeugung und Bedarf zeitgleich auftreten. Ein Minderangebot an Windenergie muss durch andere Stromquellen ausgeglichen werden, bei einem Überangebot müssen die Windkraftwerke entsprechend zurückgefahren werden.

Generell gilt, dass eine sichere Stromversorgung nur bei permanentem Ausgleich zwischen dem

Strombedarf und der Stromerzeugung aufrecht erhalten werden kann. Dieser Bedingung wurde bisher durch einen gemischten, den in Deutschland vorhandenen Brennstoffen und technischen Möglichkeiten entsprechenden Kraftwerkspark (Kraftwerksmix) Rechnung getragen. Die Kraftwerke konnten bedarfsgerecht eingesetzt werden. Durch die nunmehr zunehmende Erzeugung aus unsteten Naturenergien, wie Windenergie (angebotsorientiert) wird die bisherige weitgehend sichere Stromversorgung negativ beeinflusst. Dadurch wird deren möglicher Beitrag nach oben begrenzt. In praktisch allen Windkraft-Studien wird eine Obergrenze des nutzbaren Potenzials für Anlagen auf dem Festland von etwa 35 TWh jährlich (nur gut 1/4 des technischen Potenzials) festgestellt, wenn berücksichtigt wird:

- grundsätzlicher Mangel der Wirtschaftlichkeit;
- zeitweises Überangebot, kein Bedarf bei den Verbrauchern;
- konkurrierende Landflächen-

LANGFASSUNG

nutzung;

- Netzengpässe, Speichermangel.

Der mögliche Beitrag von Offshore-Anlagen wird im Folgenden näher diskutiert.

Wirtschaftlichkeit

Der Betrieb der Windkraftanlagen ist derzeit durch die stark subventionierende Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) betriebswirtschaftlich abgesichert. Eine Wirtschaftlichkeit im Wettbewerbssinn ist indessen nicht gegeben. Im Strommarkt können sich diese Anlagen nicht gegen die Kraftwerke behaupten, die bisher die Grundlage der Stromversorgung bilden. Eine echte Wirtschaftlichkeit der Regenerativ-Kraftwerke wird erst erreicht sein, wenn deren Erzeugungskosten ohne Subventionen Marktpreisen entsprechen.

Durch einen (subventionierten) massiven Ausbau von Offshore-Windkraftanlagen werden - politisch gewollt oder ungewollt - wirtschaftlich arbeitende andere Kraftwerke vom Markt verdrängt. Das gilt auch für nicht subventionierte Wasserkraftanlagen mit Leistungen über 5 MW; diese unterliegen nicht der EEG-Vergütungsregelung.

Das EEG enthält eine besondere Vergütungsregelung für Offshore-Windkraftanlagen. Das sind Anlagen, die in der "deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone" errichtet werden, "gemessen von den zur Begrenzung der Hoheitsgewässer dienenden Basislinien 3 Seemeilen seewärts". Der Vergütungssatz beträgt 8,9 (8,8) Eurocent/kWh

für Inbetriebnahmen in 2003 (2004). Vor 2003 werden keine Offshore-Anlagen in Betrieb gehen. Man erwartet eine doppelt so große Ausnutzung wie bei Landanlagen (etwa 4000 gegenüber 1850 Vollaststunden im Jahr). Dem stehen aber etwa doppelt so hohe spezifische Investitionen (Euro/kW) gegenüber. Ob ein betriebswirtschaftlich auskömmlicher Betrieb möglich ist, muß sich zeigen.

Die Auswirkungen auf Strompreise, bei einer Realisierung der beantragten Leistung von 50.000 MW, sind aus einem Vergleich zu den derzeitigen Erzeugungskosten in konventionellen Kraftwerken ableitbar. Diese liegen derzeit bei etwa 1,5 bis 3 Eurocent/kWh.

Standorte, Kraftwerksleistung

Für die in Frage kommenden Nord- und Ostsee-Gebiete sind bisher etwa 30 Anträge mit einer Leistung von zusammen rd. 50.000 MW gestellt worden. Zum Vergleich: Die gesamte Kraftwerksleistung der allgemeinen Stromversorgung beträgt etwa 100.000 MW (2001). Für die Genehmigung dieser Parks sind das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und das Bundesumweltministerium (BMU) zuständig. Das BMU hat vorerst eine sog. "Umweltministeriumfläche" ausgewiesen. Zu dieser liegen 8 Anträge für Nutzungsrechte mit zusammen etwa 2.100 MW vor. Realisierbar sollen davon bis 2007 500 MW sein. Für mögliche weitere Realisierungen gibt es noch keine Zahlen.

Anlagentechnik

Die Parks sollen jeweils aus 50 bis 100 Einzelanlagen mit Einzelleistungen von etwa 3,5 bis 5 MW bestehen. Diese Leistungsgröße wird aus wirtschaftlichen Gründen für notwendig erachtet. Bisher gibt es Anlagen mit einer maximalen Leistung von etwa 2,8 MW. Für eine 4,5 MW-Anlage, die als Prototyp für Meeresaufstellungen vorgesehen ist, soll der Probetrieb noch 2002 beginnen. Betriebserfahrungen mit diesen großen Anlagen, die man sinnvollerweise erst auf dem Festland testet (Zugänglichkeit), stehen deshalb noch aus, ebenso z.B. Konzepte für Fundamentbau (Seetiefe), Stromübertragung (Seekabel, Übertragungsverluste, Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)-Technik), Wartung der Anlagen (nicht beliebige Zugänglichkeit bei Stürmen), Haftung (z.B. Kollision mit Schiffen).

Netzanbindung

Während die Netzanbindung von relativ kleinen Land-Anlagen wegen des dichten Festland-Netzes eher machbar ist, stellt sich die Anbindung von Offshore-Parks, ebenso wie diejenige etwaiger zusätzlicher sehr großer Windparks im Binnenland (100 MW) als weitaus größeres Problem dar. Anschlussleistungen ab etwa 200 MW erfordern eine Anbindung an das Hochspannungsnetz (220/380 kV) und ggf. den Neubau entsprechender Leitungen.

Die Einzelanlagen müssen je eine Kabelverbindung (Drehstrom) zu einer nahe im Meer liegenden Windpark-Zentralstation

LANGFASSUNG

haben. Um die Übertragungsverluste von der Zentralstation zu einem geeigneten Anschlußort auf dem Festland gering zu halten, bietet sich die HGÜ-Technik an. Von jedem Park muss eine gesonderte Leitung (Kabel) zum Festland errichtet werden. Die HGÜ-Technik lässt nur eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zu. Die Verknüpfung mehrerer Parks auf See (Ringleitung), um dann nur eine Verbindung zum Festland errichten zu müssen, ist technisch nicht gelöst.

Stromkabel

Die Stromübertragung mittels Kabel führt in den Kabeln zu einem kapazitiven und leistungsunabhängigen Blindleistungsbedarf. Die gesamte Netzanbindung der Windparks muss diese Gegebenheiten berücksichtigen und entsprechend ausgerüstet sein. Es ergibt sich die Frage der Bereitstellung der Blindleistung für die Kabelverbindungen - sowie für die Windkraft-Anlagen selbst. Denn die allermeisten Windkraft-Anlagen arbeiten mit Asynchrongeneratoren. Asynchronmaschinen, die sowohl als Motoren wie auch als Generatoren genutzt werden, benötigen für den Aufbau ihres magnetischen Feldes den sog. "Erregerstrom", den sie nicht selbst erzeugen können. Dieser Magnetisierungsstrom, auch „Blindstrom" genannt, muß von den konventionellen oder nuklearen Grundlastkraftwerken bezogen

werden, die im Übrigen auch die elektrischen Asynchronmaschinen der Industrie mit ihrem Blindstrom beliefern.

Die aufgezeigten technischen Notwendigkeiten führen im Vergleich zu Anlagen auf dem Festland zu einem erheblich größeren Investitionsaufwand und zu höheren Betriebskosten. Es wird sich zeigen, ob der höhere Ertrag der Anlagen mit der gesetzlich vorgegebenen Vergütung in ausreichendem Maße diesen Mehraufwand kompensieren und zu einem kostendeckenden Betrieb führen kann.

Verbundnetz

Die erheblichen, dabei stark und rasch schwankenden Leistungen aus Offshore-Windparks, die auf nur wenige Einspeisepunkte an den Nordsee und Ostsee-Küsten gerichtet sind, müssen durch das Verbundnetz zu den Verbraucherschwerpunkten weitergeleitet werden. Das Verbundnetz ist auf derartige punktuelle Großeinspeisungen nicht eingerichtet. Der Hinweis, dass bestehende Standorte von Großkraftwerken an der Küste - im besonderen Kernkraftwerke, die in einigen Jahren außer Betrieb gehen sollen - geeignete Einspeisepunkte sind, ist zu relativieren. Die Leistungsgröße dieser Kraftwerke ist bedeutend geringer als die beabsichtigte Windkraftleistung. Darüber hinaus stellt sich die Frage, welche konventionellen Kraftwerke die Leistungsausfälle bei

der Windenergie bzw. anderen naturgegebenen fluktuierenden Leistungen, z.B. bei einer zukünftigen ebenso umfangreichen Nutzung der Photovoltaik ausgleichen.

Das Verbundnetz ist bisher für dauerhafte große und weitreichende Leistungsübertragungen nicht konzipiert. Eine Konsequenz für sehr große Windeinspeisungen an den deutschen Küsten, die letztlich zumindest anteilig bis zu den Verbraucherschwerpunkten in Süddeutschland zu transportieren sind, wäre eine aufwendige Umgestaltung (Aufteilung, Neubau) des Verbundnetzes in einzelne Teilnetze, die z.B. per HGÜ-Technik miteinander und besonders zur Küste hin zu verbinden wären. Die (erheblichen) Kosten hierfür können heute noch nicht angegeben werden.

Zusammenfassende Bewertung

Offshore-Windparks haben ein hohes technisches Potenzial. Ob sie - auf der Basis der Subventionen unter dem EEG - betriebswirtschaftlich kostendeckend eingesetzt werden können, kann z. Z. noch nicht ausgesagt werden. Die Kosten für ihre Netzanbindung sind ebenso noch nicht näher absehbar, werden aber mit steigender Kapazität der Offshore-Anlagen deutlich zunehmen. Ein volkswirtschaftlich konkurrenzfähiger Einsatz in großem Umfang ist nicht absehbar.