

Weiterer Ausbau der Windenergienutzung im Hinblick auf den Klimaschutz

Further Development of Wind Energy Use Under the Aspect of Climate Protection

Thomas Neumann, DEWI

Zusammenfassung

Wesentliches Ziel dieser Studie [1], die das DEWI im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erarbeitet, ist eine Bestandsaufnahme und Analyse der bisherigen Entwicklung der Windenergie sowie eine Beurteilung einer zukünftigen Offshore-Windenergienutzung in Deutschland. Die Möglichkeiten, die der Ausbau der Windenergie für den Klimaschutz darstellt, werden ebenso betrachtet wie ein vorhandenes Konfliktpotential mit dem Naturschutz, insbesondere Avifauna, aber auch Akzeptanzfragen seitens der Bevölkerung.

Methodisch werden diese Fragen durch die Veranstaltung und Auswertung von Workshops sowie der Durchführung gezielter Fragebogenaktionen erarbeitet. Auf dieser Basis wurden Handlungshinweise insbesondere auch im Bereich des Natur- und Umweltschutzes für einen zukünftigen Ausbau der Windenergienutzung abgeleitet.

Summary

The main objectives of this study [1], which DEWI is carrying out on behalf of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, are stock-taking and analysis of the development of wind energy up to now and an assessment of the prospects of a future use of offshore wind energy in Germany. The potential that a further development of wind energy may hold for protecting the climate is considered as well as the potential conflicts with nature conservation, in particular avifauna, but also the issue of acceptance by the public.

These questions are dealt with in workshops and by carrying out specific questionnaire campaigns. On this basis, recommendations for action to be taken with regard to the future development of wind energy especially in the field of nature and environmental protection will be identified.

Beitrag der Windenergienutzung zum Klimaschutz

Ausgehend von der bisherigen Entwicklung, sowie einer Prognose für die nächsten Jahre ist bis 2005 eine Produktion von 22,7 TWh Windstrom und damit eine CO₂-Minderung um rund 14 Millionen Tonnen zu erwarten. Die Nutzung der Windenergie wird damit einen Anteil von mehr als 5% zum Reduktionsziel des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung beitragen. Langfristig läßt sich dieser Anteil noch erheblich steigern; ein im Rahmen des Vorhabens erstelltes Szenario geht davon aus, dass bis zum Jahre 2030 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 40.000 MW errichtet sein könnten, davon die Hälfte Offshore. Damit hätte die Windenergie einen Anteil von mehr als 20 % an der deutschen Elektrizitätsversorgung.

Auswirkungen der Windenergienutzung auf den Arbeitsmarkt

Die Auswirkungen der Windenergienutzung lassen sich indirekt über die Umsatzzahlen der Windbranche - ein Maß hierfür sind die verkauften bzw. instal-

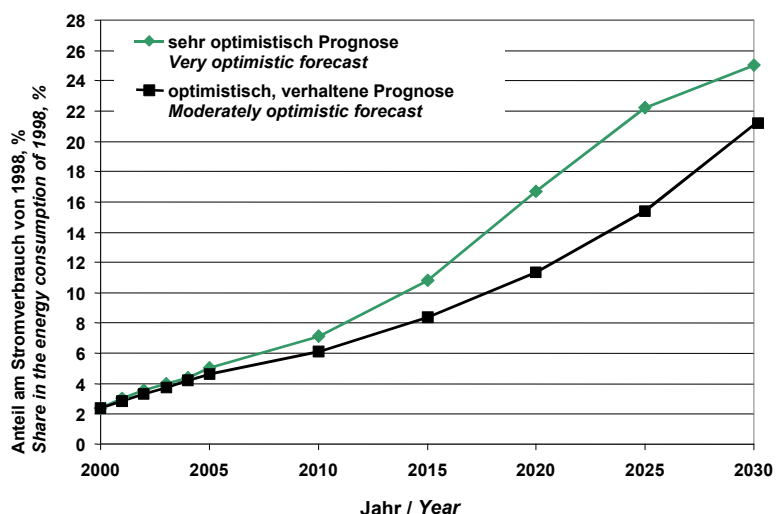


Abb. 1: Prognose der Windenergienutzung in Deutschland bis 2030 bezogen auf den Anteil am Stromverbrauch
 Fig. 1: Forecast of wind energy use in Germany until 2030 related to the share in the electricity consumption.

lierten Windenergieanlagen - ermitteln. Nach einem im Maschinenbausektor üblichen Ansatz ergeben sich für die Windenergie ca. 33.000 direkte und indirekte Arbeitsplätze - also solche, die in der Windbranche selbst bzw. in davon abhängigen Unternehmen geschaffen wurden. Diese Arbeitsplätze entstanden überwiegend in Deutschland, da die Anlagenkomponenten auch der dänischen Hersteller vornehmlich aus Deutschland stammen.

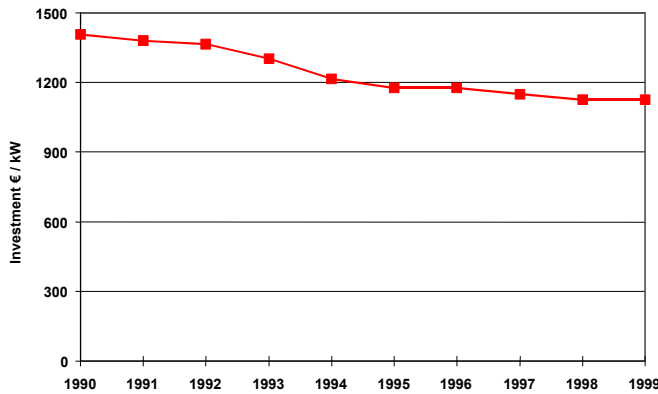


Abb. 2: Entwicklung der spezifischen mittleren Investition für Windenergieprojekte (ohne Berücksichtigung der Inflation)

Fig. 2: Development of the specific average investment for wind energy projects (without taking into account inflation)

Kostensituation in Deutschland

Die Kosten für Windenergieprojekte haben sich in der Vergangenheit sehr positiv entwickelt. In den letzten 9 Jahren konnte die spezifische Investition um mehr als 20% reduziert werden. Inflationsbereinigt bedeutet dies sogar eine Reduktion von ca. 50%. Hierdurch konnte auch die Vergütung für Strom aus Windenergieanlagen von 1991 bis 1999 bei inflationsbereinigter Betrachtung um rund 50% gesenkt werden. Wesentlicher Ansatzpunkt für weitere Kostensenkungen ist die Höhe der Ersatzinvestitionen in der zweiten Dekade der 20jährigen Betriebszeit, die derzeit noch bei über 40% liegen. Diese Kosten für den Erhaltungsaufwand sind auf Dauer nicht tolerierbar und müssen in der Zukunft durch Verbesserungen in der Anlagentechnik überwunden werden.

Technische Fragen der Windenergienutzung

Die Entwicklung der Größe von Windenergieanlagen ist in den vergangenen 10 Jahren rasant fortgeschritten. Bezogen auf die im Jahr 1993 gebauten 500kW-Anlagen hat sich die Rotorkreisfläche der heutigen Megawattanlagen vervierfacht. Diese Entwicklung ist ein wesentlicher Grund für die erzielte Kosteneinsparung und erforderte eine gravierende Entwicklung der Technik und Materialien, bedeutete aber andererseits auch ein weitergehendes Ausschöpfen der Belastungsgrenzen der verwendeten Materialien. Insbesondere in Gebieten mit turbulenten Windverhältnissen, z.B. bei schwieriger Topographie aber auch in Windparks mit zu geringen Anlagenabständen kann dies zu Problemen führen. Hier besteht erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf einerseits in der Messung bzw. Modellierung der zu erwartenden Windverhältnisse und daraus resultierender Lasten und andererseits in der Übertragung auf eine angepasste Anlagenauslegung.

Im Bereich der Offshore-Windenergienutzung betritt die gesamte Windenergieindustrie ein neues und unbekanntes Feld. Die bislang errichteten Windparks in der See befinden sich alle in relativer Nähe zur Küste und können noch nicht als wirkliche Offshore-Windparks der zukünftigen Nutzung angesehen werden. Die Anforderungen die an Aufstellung, Betrieb, Wartung und Reparatur der Offshore-Windenergieanlagen gestellt werden müssen, gehen weit über die bisherigen Erfahrungen der Windenergienutzung hinaus. Hier werden die Kenntnisse und Teilnahme der tätigen Offshore-Industrie und -Dienstleister einbezogen werden müssen, um in absehbarer Zeit die Installation und den wirtschaftlichen Betrieb von Offshore-Windparks zu ermöglichen.

Neben den technischen Aspekten der Offshore-Windenergienutzung fehlt derzeit auch weitgehend die Kenntnis über die Windressourcen auf See, in einer für die Windenergie erforderlichen Qualität. Die derzeit beantragten Offshore-Windenergieprojekte haben somit als Basis für ihre wirtschaftliche Analyse eine Ertragsprognose mit großer Unsicherheit. Im Hinblick auf die enormen Kosten und das hohe wirtschaftliche Risiko der Offshore-Windenergieentwicklung ist daher dringend die Einrichtung von langjährig betriebenen Messstationen in den projektierten Seegebieten erforderlich. Das vom BMWi initiierte Forschungsvorhaben zur Bestimmung physikalischer Parameter wie der Windgeschwindigkeit durch Offshore errichteten Meßstationen [2] kann hier wertvolle Basisinformationen liefern.

Die Frage der Netzanbindung ist ein zentraler Punkt in den wirtschaftlichen Betrieb von Offshore-Windenergieprojekten, sind doch die Kosten hierfür stark abhängig von der Entfernung zum Land, von der gewählten Trassenführung und der verwendeten Technik. Für die weit von der Küste entfernt liegen-

Glaubwürdigkeit ist kein Zufall



Vestas Deutschland GmbH
Otto-Hahn-Straße 2 - 4
D-25813 Husum
Tel. (04841) 971-0
Fax (04841) 971-160
vertrieb@vestas.de
www.vestas.de



Für uns bedeutet Glaubwürdigkeit, in allen Bereichen für unsere Kunden ein zuverlässiger Partner zu sein. Es ist stets unser Ziel, dass Sie ein technisch ausgereiftes Produkt sowie einen optimalen Service erhalten.

Mit Proven Performance hat Vestas einen Qualitätsstandard entwickelt, der beispielhaft für die gesamte Branche ist.

Bevor eine Windenergieanlage von Vestas angeboten wird, wurde sie bereits ausführlich getestet und vermessen. So können wir sicher sein, dass unsere Kunden jeweils ein Optimum an Qualität und Leistung vereint erhalten.

Kurz gesagt: Glaubwürdigkeit ist kein Zufall!

den großen Offshore-Windparks könnte ein Offshore-Netz eine Reduzierung der nötigen Kabeltrassen bewirken. Aufgrund technischer und planerischer Probleme sowie aufgrund fehlender politischer Vorgaben ist eine Realisierung eines Offshore-Netzes zur Zeit allerdings nicht absehbar.

Untersuchungen zum zukünftigen Ausbau der Windenergienutzung an Land

Eine Umfrage bei Regionalverbänden des Bundesverbandes Windenergie zum Stand der Flächenausweisung wurde durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass in den Küstenländern sowie in einigen Gebieten im Binnenland (z.B. Nordrhein-Westfalen) 80 bis über 95% der Gesamtzahl der Gemeinden eine Ausweisung von Flächen zur Windenergienutzung durchgeführt haben. Im restlichen Bundesgebiet ist dieser Anteil beträchtlich kleiner und liegt bei 30 bis unter 10% der Gemeinden. Die Auswertung der Umfrage lässt darauf schließen, dass hier nicht alle Kommunen, in denen eine Windenergienutzung möglich ist, eine Flächenausweisung vorgenommen haben oder beabsichtigen.

Kategorie der Windenergieentwicklung	Ausgewiesene Flächen bebaut	Ausgewiesene Flächen beplant	Ausgewiesene Flächen noch verfügbar
Gebiete mit sehr gutem Potential	> 90 %	> 95 %	< 5 %
Gebiete mit gutem Potential oder engagierter Landesförderung	> 25 %	> 60 %	< 40 %
Gebiete der aktuellen Binnenlandentwicklung	> 95 %	~100 %	~0 %
Gebiete mit restriktiver Einstellung zur Windenergie	> 50 %	> 60 %	< 40 %

Für die zukünftige Nutzung der Windenergie lässt sich feststellen, dass mit einem gewissen Optimismus durchaus noch ein beträchtliches Potenzial an ausgewiesenen und noch auszuweisenden Flächen angenommen werden kann. In den Küstenregionen ist die Windenergienutzung unter den heute gegebenen Randbedingungen an ihre Grenzen gekommen, lediglich Mecklenburg-Vorpom-

Tab. 1: Nutzung der ausgewiesenen Flächen in den definierten Kategorien.
 Tab. 1: Use of areas assigned to wind energy projects in the categories defined

mern bildet hier die Ausnahme. Das hier noch vorhandene Zubaupotenzial wird auf über 450 MW geschätzt.

Im Binnenland sind einige Regionen in ihrer Planung und Flächenausweisung weit fortgeschritten. Ungünstiger sieht es in den südlichen und südöstlichen Bundesländern aus, wo die Windenergie eher negativ angesehen oder ihr nur wenig Beachtung geschenkt wird und es somit kaum Ausweisungen von geeigneten Flächen gibt. Allerdings sind hier auch die windkräftigen Gebiete wesentlich geringer. Da in den meisten Gebieten der Regionalverbände die Ausweisung erst gegen 2002 abgeschlossen sein wird, ist mit einer Zunahme an Flächenausweisungen noch zu rechnen.

Möglicher Umbau der Windenergie-Landschaft an der Küste

In einem schmalen Streifen entlang der Küste befinden sich die Regionen, in denen die erste Entwicklung der Windenergie stattfand. In diesen Gebieten mit idealen Windverhältnissen überwiegen Einzelanlagen und kleinere Windparks und prägen in einigen Bereichen das Landschaftsbild. Die mittlere Leistung der hier installierten Windenergieanlagen dürfte um 200kW Leistung liegen; Windparks mit heutzutage gängigen Anlagengrößen um 1,5 MW sind die Ausnahme. Durch Überplanung dieser Gebiete und Ausweisung von Flächen für moderne Windparks mit Großanlagen, als Ersatz für die kleinen Altanlagen, könnten die Gemeinden Planungsfehler der Vergangenheit korrigieren.

Am Beispiel des Landkreises Aurich wurde gezeigt, wie ein Umbau gestaltet werden könnte. So könnten beispielsweise die 44 im Gebiet der Stadt Norden betriebenen Altanlagen geringer Leistung durch sechs Anlagen der 1,5MW-Klasse ersetzt werden. Diese sechs Anlagen, als Windpark aufgestellt, würden eine gänzliche andere, in der Flächenausdehnung drastisch reduzierte Wirkung in der Landschaft erzielen, und das bei höherem Ertrag.

Der Landkreis Aurich sowie die Gemeinden an der Küste, aber auch Anlagenbetreiber - dies wurde in Einzelgesprächen eruiert - haben ein großes Interesse an einem derartigen Umbau. Die Betreiber von Altanlagen werden auf ihre Betriebsgenehmigungen allerdings nur verzichten, wenn entsprechende Anreize durch eine attraktive Beteiligung an diesen neuen Windparks geschaffen werden. Bei mindestens gleichwertigen wirtschaftlichen Bedingungen spricht darüber hinaus die baurechtlich verbesserte Situation, die Entlastung im Bereich des technischen und wirtschaftlichen Betriebs der Windenergieanlagen und die Minderung des Einzelrisikos, für eine Beteiligung am Umbau.

Untersuchungen zur Offshore-Windenergienutzung in Deutschland

Die Nutzung der Windenergie im Offshore-Bereich steckt derzeit noch in den Anfängen. In Deutschland liegen noch keine Erfahrungen der Windenergienutzung im Offshore-Bereich vor. In Dänemark, Schweden, England und den Niederlanden wurden dagegen bereits erste Erfahrungen mit Projekten in küstennahen Flachwassergebieten, sogenannten Inshore-Windparks, gewonnen.

Ein wesentlicher Vorteil der Offshore-Windenergienutzung liegt in den wesentlich höheren mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten über dem Meer und dem damit verbundenen höheren Energieertrag. Mit mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten von über 8 m/s in 60 m über der Wasseroberfläche werden an den meisten nordeuropäischen Offshore-Standorten ca. 40 % höhere Energieerträge erwartet als an guten Küstenstandorten in Belgien, Dänemark, den Niederlanden und Deutschland. Dem gegenüber stehen die um etwa 60% höheren Investitionen für Offshore-Windenergieparks - Wassertiefe und Küstentfernung sind hier die bestimmenden Kostenparameter. Nur bei hoher Verfügbarkeit, Windparks mit einigen hundert Einzelanlagen und der Entwicklung einer Multimegawatt-Technologie kann in küsternen Gebieten heute von einer wirtschaftlichen Rentabilität ausgegangen werden.

Generell sind die Potenziale der Windenergienutzung in der Deutschen Bucht aufgrund ihrer großen Ausdehnung und ihrer moderaten Wassertiefen enorm. Nimmt man einmal an, dass es sich bei den Offshore-Windenergieanlagen der Zukunft um Anlagen mit einer installierten Leistung von 5 MW handelt, so wäre für die Deckung von 15 % des elektrischen Energiebedarfs eine Anzahl von 4089 Windenergieanlagen erforderlich. Der Flächenbedarf würde in etwa einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 42 km, d.h. 1764 km² entsprechen.

Zur Erlangung dieses Langfristziels ist es erforderlich, die Windenergienutzung Schrittweise auf die Offshore-Bedingungen anzupassen. Auf den Forschungs- und Entwicklungsbedarf in Bezug auf die technischen Probleme der Offshore-Windenergienutzung wurde bereits hingewiesen. Selbstverständlich sind bei der Windenergienutzung Offshore auch Belange des Naturschutzes und der Meeresökologie zu berücksichtigen. In diesem Bereich ist ebenfalls eine Verbesserung des Kenntnisstandes durch Forschungstätigkeiten und ökologische Begleituntersuchungen erforderlich. Eine Reihe von entsprechenden Forschungsvorhaben sind bereits angelaufen bzw. befinden sich in Planung.

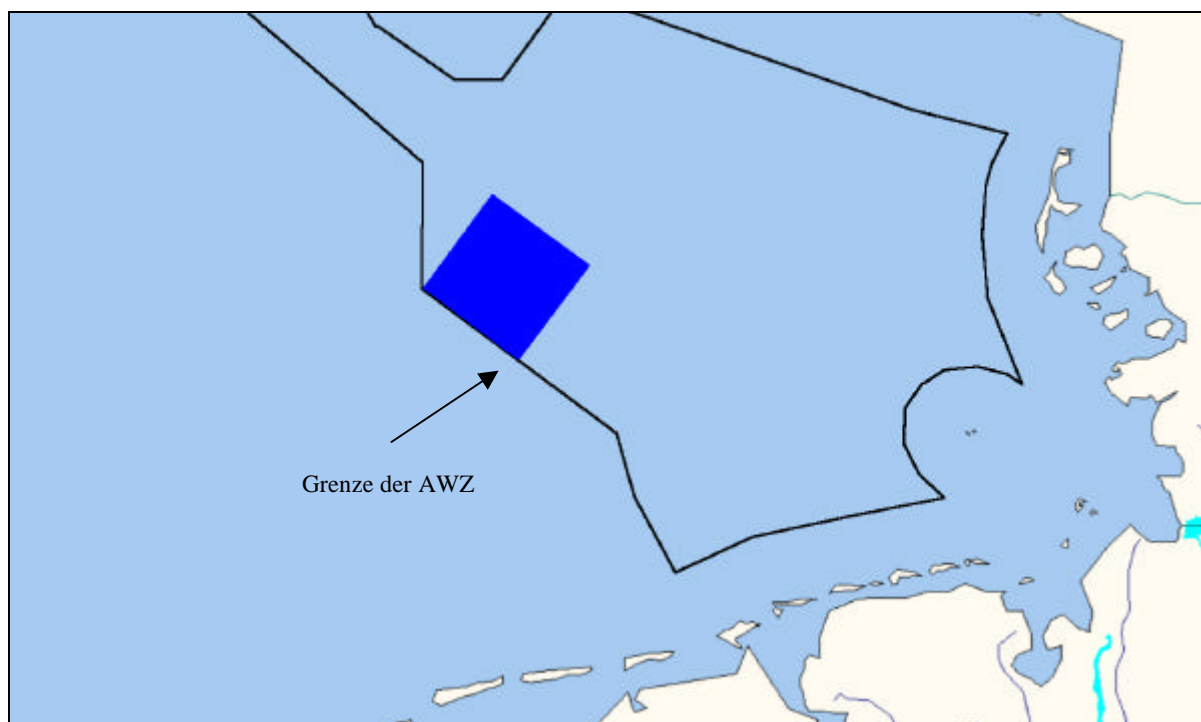


Abb. 3: Eine quadratische Fläche mit einer Seitenlänge von etwa 42 km wäre erforderlich, um theoretisch 15% der elektrischen Energieversorgung aus Offshore-Windenergie zu erzeugen. Lage und Form der Fläche wurde willkürlich gewählt. Die Größe ist maßstäblich.

Fig. 3: Theoretically, a square area of approx. 42 km length would be required in order to produce 15% of the electricity consumption from offshore wind energy. The shape and position of the area were chosen at random. The size is true to scale.

Fazit

Die Windenergienutzung befindet sich heute nach einer etwa 10jährigen Entwicklungs- und Ausbauphase an Land an der Schwelle zur Großtechnologie und leistet angesichts ihres kurzen Bestehens bereits heute beachtliche Beiträge zum Klimaschutz.

Onshore ist die Erschließung der windreichen Potentiale in Küstennähe bereits sehr weit fortgeschritten. Die Entwicklung im Binnenland ist nicht zuletzt auch in Abhängigkeit von der landespolitischen Schwerpunktsetzung unterschiedlich weit gediehen. Hier bieten sich auch zukünftig Möglichkeiten für einen weiteren Ausbau.

Neben dem technischen Fortschritt, läßt sich auch eine Verbesserung der Planungs- und Genehmigungsinstrumente beobachten, die einerseits die Projektsicherheit erhöhen aber auch unvermeidbare Einflüsse im Bereich des Natur- und Umwelt- sowie des Nachbarschaftsschutzes minimieren. Durch einen Umbau der Windparklandschaft in den Gebieten des frühen Windenergieausbaus können eventuelle Planungsfehler behoben werden.

Die Offshore-Windenergienutzung ist eine neue Herausforderung für die Windenergiebranche mit erheblichen Wachstumspotentialen für dieses und die kommenden Jahrzehnte. Nach Überwindung der technischen und genehmigungsseitigen Probleme kann die Windenergie Offshore und Onshore im Jahre 2030 mehr als ein fünftel zur deutschen Stromversorgung betragen.

- [1] K. Rehfeld, G. Gerdes, M. Schreiber, "Weiterer Ausbau der Windenergienutzung im Hinblick auf den Klimaschutz - Teil 1-", F+E-Vorhaben 999 46 101 des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 3. Zwischenbericht, April 2001
- [2] BMWI-Pressemeldung vom 19. 06. 2001



*Zertifizierung, Messung
und wiederkehrende Prüfung*

- Über 20 Jahre Erfahrung mit Prüfungen, Zertifizierungen und Messungen
- Unabhängige Sachverständigenorganisation - weltweit anerkannt und akkreditiert
- Eigene Richtlinien - onshore und offshore
- Sachverständige für alle Aufgaben in der Windenergie
- Schadensuntersuchungen
- Forschung und Entwicklung
- Messungen aller Art an Windenergieanlagen
- Standortbewertungen



WINDTEST

Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH • Grevenbroich GmbH

WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH
Sommerdeich 14b
D - 25709 Kaiser-Wilhelm-Koog
Telefon [+49 (0) 48 56 901-0]
Telefax [+49 (0) 48 56 901-49]
E-Mail [info@windtest.de]
Internet [www.windtest.de]

WINDTEST Grevenbroich GmbH
Frimmersdorfer Str. 73
D - 41517 Grevenbroich
Telefon [+49 (0) 21 81 22 78-0]
Telefax [+49 (0) 21 81 22 78-11]
E-Mail [general@windtest-nrw.de]
Internet [www.windtest.de]



Germanischer Lloyd
WindEnergie GmbH

Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH
Johannisbollwerk 6-8
D - 20459 Hamburg
Telefon [+49 (0) 40 31106-707]
Telefax [+49 (0) 40 31106-1720]
E-Mail [WindEnergie@germanlloyd.org]
Internet [www.germanlloyd.org]