

## **Stromanbindung**

von Offshore-Windparks  
und Ausbau des  
Hochspannungsnetzes  
in Deutschland

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> <i>Dr. Werner Neumann</i>	<b>3</b>	<b>7. Der Abwägungsprozess</b>	<b>16</b>
<b>Summary</b> <i>Dr. Werner Neumann</i>	<b>4</b>	<b>8. Forderungen des BUND zum Umweltschutz bei Hochspannungsleitungen</b>	
<b>Vorwort</b>	<b>5</b>	8.1 BUND-Forderungen zum Genehmigungsverfahren von Leitungen	<b>18</b>
<b>1. BUND steht positiv zum Ausbau der Windenergie – auch im Offshore-Bereich</b>	<b>6</b>	8.2 BUND-Forderungen an die Gesetzgebung	<b>18</b>
<b>2. Umfang und Potential des Ausbaus der Offshore-Windenergie</b>	<b>7</b>	8.3 BUND-Forderungen an Forschung und Entwicklung	<b>18</b>
<b>3. Erwarteter Neubau von Hochspannungsleitungen</b>	<b>8</b>	<b>9. Weitere Informationen</b>	<b>19</b>
<b>4. Prämissen und Kriterien der dena-Netzstudie</b>		<b>Impressum</b>	<b>20</b>
4.1 Der Inhalt der dena-Netzstudie	<b>10</b>		
4.2 Schlussfolgerungen des BUND aus der dena-Netzstudie	<b>11</b>		
<b>5. Ökologische Kriterien zur Netzanbindung der Offshore-Windparks</b>	<b>12</b>		
<b>6. Ökologische Kriterien für den Bau von Hoch- und Höchstspannungsleitungen an Land</b>			
6.1 Genehmigungsverfahren	<b>13</b>		
6.2 Wirtschaftlichkeit der Leitungsarten	<b>13</b>		
6.3 Elektromagnetische Felder	<b>13</b>		
6.4 Auswirkungen auf die Vogelwelt	<b>14</b>		
6.5 Eingriffe in die Landschaft	<b>14</b>		
6.6 Eingriffe in Boden und Grundwasser	<b>14</b>		

# Zusammenfassung

**D**er BUND befürwortet den Ausbau der Offshore-Windparks, wenn ökologische Kriterien eingehalten und untersucht werden. Die Nutzung der Offshore-Windenergie kann einen sehr wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung und damit zum Klima- und Umweltschutz leisten.

Bei der Stromanbindung der Offshore-Windparks sollten die Stromkabel auf keinen Fall durch den geschützten Nationalpark Wattenmeer und andere Natura-2000 Gebiete geführt werden. Stattdessen sind die Kabeltrassen zu bündeln und durch die Flussmündungen zu verlegen.

Studien für den Abtransport der fluktuierenden Windleistung aus den Offshore-Bereichen und an Land sollten sämtliche Aspekte der möglichen Stromeffizienz, des Lastmanagements, des Ausbaus der Kraftwärmekopplung (KWK), des Ausbaus anderer erneuerbarer Stromerzeugungen (v.a. Biomasse) und des Temperaturmanagements der Stromleitungen für Windenergiestrom berücksichtigen. Konzepte der Regelung der Windleistung mit Gaskraftwerken, dezentral verteilten KWK-Anlagen und sonstigen Speichertechniken sind einzubeziehen. Dies gilt insbesondere für weiterführende Studien (dena-Netzstudie Teil II). Auch neue technologische Ansätze der Stromübertragung (GIL, HGÜ-Overlay-Netz) sollen stärker als bisher als Alternativen geprüft und erforscht werden.

Bei der Planung und Genehmigung von angeblich für den Abtransport von Windstrom erforderlichen Hoch- und Höchstspannungsleitungen ist darzulegen, ob und inwieweit die jeweilige Leitung auch weitere Nutzen für Stromhandel und Stromtransport aus anderen Kraftwerken erfüllen soll oder kann.

Neue Hochspannungsleitungen (110 kV) sind nur noch als Erdkabel auszuführen.

Bei neuen Höchstspannungsleitungen (380 kV) sind Umweltverträglichkeitsstudien durchzuführen, um alle Umweltaspekte, Natur-, Boden- und Grundwasserschutz, Landschaftsbild, elektrische und magnetische Felder zu untersuchen und abzuwägen. Wenn eine Leitung erforderlich ist, haben Bündelung mit vorhandenen Leitungen oder sonstigen Wegetrassen Priorität.

Die Vorsorgewerte des BUND für elektrische und magnetische Felder sind einzuhalten.

Generell sind Energiewirtschaftsgesetz und Netznutzungsverordnung so zu ändern, dass Mehrkosten für alternative Führungen von Freileitungen bzw. für Erdkabel/GIL, die durch den Schutz von Mensch und Natur bedingt sind, von den jeweiligen Netzbetreibern als anerkannte Mehrkosten geltend gemacht werden können.

# Summary

**C**omment of Friends of the Earth Germany (BUND) „Connecting offshore wind parks to the power grid and extending the high voltage system in Germany“  
Dr Werner Neumann with contributions from several BUND working groups

*Friends of the Earth Germany (BUND) recommends the extension of offshore wind parks, if ecological criteria are applied and investigated. The use of offshore wind energy can make a very valuable contribution to sustainable energy supply and thus to climate and environmental protection.*

*When connecting offshore wind parks to the electricity network, electricity cables should by no means be laid through the protected Wadden Sea National Park and other Natura 2000 areas. Instead, cable routes should be bundled and run through river mouths.*

*Studies about the transportation of fluctuating wind power from wind mills off shore and on land should consider all aspects of energy efficiency, load management, extension of cogeneration, promotion of other renewable energy production technologies (e.g. biomass) and the temperature management of power supply lines for wind power. Concepts for the regulation of wind wattage with gas-fired power stations, decentralised cogeneration plants, and other storage technologies should be included. This refers in particular to the continuative studies (dena Netzstudie, part II). However, new technological approaches of power transmission are to be better tested and investigated than in the past.*

*When planning and approving high voltage power lines supposedly for the transportation of wind electricity, it needs to be elaborated whether and to which degree the respective power line will also serve electricity trade and transportation from other power stations.*

*New high voltage wiring (110 kV) should only be realised as underground cables.*

*For new highest voltage (380 kV) power supply lines environmental impact assessments are to be conducted in order to investigate and assess all aspects of environmental, nature, soil, water, and landscape protection as well as electrical and magnetic fields. If a new power supply line is really necessary, it should be combined with existing power lines or other routes as a matter of priority.*

*The BUND's precautionary limits for electric and magnetic field strengths are to be met.*

*In general, the power industry law and the grid use regulation are to be changed in a way that additional costs for alternative routes of overhead lines or for underground cables / gas isolated pipes to protect humans and nature are accepted as additional costs by network operators.*

# Vorwort

Im Zuge des geplanten Ausbaus von Offshore-Windkraftanlagen stellen sich die Fragen, wie die Stromleitungen umweltverträglich im Meer und insbesondere im Bereich des Wattenmeeres verlegt werden können, und wie die Netzverstärkung an Land zur Weiterleitung des Stroms am umweltverträglichsten erfolgen kann.

Die Bundesdelegiertenversammlung des BUND hat im November 2004 die Arbeitskreise Energie und Naturschutz beauftragt, dazu eine Position zu erarbeiten und insbesondere die Frage zu beantworten, ob 380 kV-Leitungen aus Sicht des BUND als Freileitung oder als Boden-trasse (Erdkabel oder GIL) ausgeführt werden sollten.

Im Jahr 2005 veröffentlichten dann Fachinstitute und Energieagenturen zahlreiche Untersuchungen zu den technischen Erfordernisse oder der Machbarkeit der Stromanbindung, ohne jedoch die ökologischen Auswirkungen insbesondere auf die Vogelwelt ausreichend zu behandeln.

Mittlerweile sind zahlreiche Voraussetzungen zum Ausbau des Kraftwerksparks, die den Studien zum Stromnetzausbau zugrunde lagen, nicht mehr gegeben. Dennoch wurden durch neue Gesetze und Verordnungen Weichenstellungen zum Ausbau des Kraftwerksparks, zum Netzanschluss und zur Netznutzung getroffen. Mehrere Planungsvorhaben für die Anbindung von Offshore-Windparks und den Ausbau von Hochspannungsleitungen im Binnenland sind bereits in der Umsetzung.

Diese Stellungnahme des BUND soll die wesentlichen Problembereiche von Netzanbindung und Netzausbau im Zusammenhang mit der Förderung erneuerbarer Energien und dem Natur- und Umweltschutz aufzeigen und die Kriterien darlegen, die der BUND hierbei anlegt.

**Dr. Werner Neumann**  
Arbeitskreissprecher  
Energie und mittlere  
Technologie



# 1. BUND steht positiv zum Ausbau der Windenergie – auch im Offshore-Bereich

Der BUND hat sich in seiner Position Windenergie klar für den Ausbau der Windenergie im Offshore-Bereich unter der Berücksichtigung ökologischer Belange ausgesprochen:

„Der Betrieb von Windenergie-Anlagen verursacht praktisch keinen Ausstoß von Treibhausgasen, Luftschadstoffen, Abfällen und erzeugt keine Radioaktivität und Abwärme. Eine Kilowattstunde Windstrom ersetzt derzeit drei Kilowattstunden Primärenergie und erspart u. a. ein Kilogramm Kohlendioxid ausstoß. Damit ist die Windenergie-Nutzung der Energiebereitstellung aus fossiler Energie und Atomenergie ökologisch eindeutig und unerreichbar überlegen. Sie gehört bei der Schadstoffeinsparung und beim Klimaschutz in die Spitzengruppe effizienter Energietechnologien und wirkt sich positiv auf die Arbeitsplatzsituation aus. Der Aufwand für den Bau von Windenergie-Anlagen hinsichtlich Energie und Emissionen wird durch ihren Betrieb sehr vorteilhaft bereits in wenigen Monaten amortisiert.

Angesichts der Umweltbelastungen durch die konventionelle Energiewirtschaft, der Gefährdungen durch die Nutzung der Atomenergie, des Klima-Risikos bei der Nutzung fossiler Energieträger sowie der begrenzten Energieresourcen trägt die Nutzung der Windenergie bei sorgfältiger Standortwahl zum Schutz von Umwelt, Natur und Mensch bei. Die Nutzung der Windenergie liegt daher im öffentlichen Interesse und entspricht dem Staatsziel Umweltschutz (Art. 20a Grundgesetz).

Der BUND verfolgt ein ganzheitliches Ziel, das sowohl den allgemeinen Umwelt- und Klimaschutz als auch gleichzeitig den Naturschutz sowie die Erhaltung und Schaffung einer lebensfördernden Um- und Mitwelt umfasst. Standorte für Windenergie-Anlagen müssen daher entsprechend den Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes ausgewählt werden.

(...)

Der BUND befürwortet den Ausbau der Offshore-Windenergie, wenn er ökologisch verträglich geschieht. Die Windenergienutzung stellt einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung nationaler und internationaler Klimaschutzziele dar.

Der Küsten- und Meeresraum von Nord- und Ostsee hat durch seine naturräumliche Ausstattung und seine Flora und Fauna nationale und internationale Bedeutung. Folgerichtig haben die Bundesländer einen großen Teil des Küstengebietes zu Nationalparks erklärt. Aber auch das offene Meer hat mit seiner besonderen Flora und Fauna eine herausragende ökologische Bedeutung. Die Errichtung und der Betrieb von Offshore-Windkraftanlagen können zu zahlreichen Auswirkungen auf die marine Umwelt führen. Um beurteilen zu können, ob ein großflächiger Ausbau der Offshore-Windenergie im Einklang mit dem Naturschutz oder zu dessen Lasten erfolgt, bedarf es nach Auffassung des BUND zusätzlicher wissenschaftlicher Begleituntersuchungen.

Der BUND fordert, dass für die Offshore-Nutzung eine Gesamtstrategie aller Küstenanrainer bezüglich verbindlicher Regeln für Planung, Bau und Betrieb sowie der für einen investitionssicheren Bau und Betrieb dieser Anlagen notwendigen Flächenfestlegungen verfolgt werden muss. Auf Grundlage vorhandener fachlicher Erkenntnisse und entgegenstehender Festlegungen sind Ausschlussgebiete in Nord- und Ostsee festzulegen, die keinesfalls als Standort in Frage kommen (s.o.). Die deutschen Küstenanrainer müssen gemeinsame Regelungen treffen, die eine naturverträgliche Offshore-Nutzung durch raumordnerische Planung und Steuerung gewährleisten. Dabei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) außerhalb der 12 Seemeilen (sm)-Zone (Küstengewässer) die allgemeinen Planungs- und Genehmigungsvorschriften für das Festland nicht gelten. Die für die AWZ zuständige Bundesbehörde ist in die gesamträumlichen Strategie- und Planungsüberlegungen frühzeitig einzubeziehen. Die Regelungen in der 12 sm-Zone sind mit den Regelungen in der AWZ zu harmonisieren.“

## 2. Umfang und Potential des Ausbaus der Offshore-Windenergie

**D**er in Deutschland geplante Ausbau der Offshore-Windenergienutzung soll bis zu den Jahren 2020/2030 zu einer installierten Leistung von 20 GW führen. Mitte 2007 lagen 15 Genehmigungen für Offshore-Windkraftanlagen in der Nordsee und drei in der Ostsee vor, sowie vier Projekte zur Netzanbindung von Offshore-Windanlagen (Stand Juli 2007).

Ein Ausbau der Offshore-Windstromproduktion auf 20 GW würde bei einer jährlichen Stromproduktion von 80 TWh einem Anteil von 16% des heutigen Stromverbrauchs entsprechen und zu einer Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen von über 60 Millionen Tonnen im Vergleich zur bisherigen Stromerzeugung führen.

Die erste Realisierung eines Offshore-Windparks (abgesehen von im Meer verankerten küstennahen Anlagen in Emden und Rostock) umfasst zwölf Anlagen der 5 MW Klasse. Der Windpark ist von der Offshore-Stiftung der deutschen Wirtschaft finanziert und für das Jahr 2008 im Bereich Borkum-West geplant. Er soll mit einer Stromleitung angebunden werden, die durch das Wattenmeer und quer über die Insel Norderney führt.

### 3. Erwarteter Neubau von Hochspannungsleitungen

In der sogenannten dena-Netzstudie der Deutschen Energie-Agentur wurden Berechnungen durchgeführt, wie notwendig der Neu- und Ausbau bestehender Hoch- und Höchstspannungsleitungen ist, vor allem um die Energie von den Offshore-Windparks, aber auch den vornehmlich im Norden Deutschlands zu erwartenden Windkraftanlagen an Land zu den südlicher gelegenen Stromverbrauchsschwerpunkten zu transportieren.

Ausgangspunkt ist hierbei ein Ausbau der Offshore-Windleistung auf ca. 20 GW und ein Ausbau der Windleistung an Land von 20 GW im Jahr 2006 auf ca. 34 GW bis zum Jahr 2020.

Die dena-Netzstudie kommt zusammen mit denen an der Studie beteiligten Übertragungsnetzbetreibern E.ON Netz, RWE Transportnetz und Vattenfall Europe Transmission zum Schluss, dass bis zum Jahr 2015 „aus Gründen des Ausbaus der Offshore-Windleistung“ ein Ausbau von neuen Leitungen mit der Gesamtlänge von 850 km erfolgen sollte (siehe Kasten).

Zudem bestehen Planungen für je eine 380 kV-Leitung Schwerin/Görris – Krümmel sowie von Wilhelmshaven – Conneforde und eine 110 kV-Leitung Breklum – Flensburg.

Im März 2007 teilte die Deutsche Energie-Agentur mit, dass der zweite Teil ihrer Netzstudie in Auftrag ging. Dieser geht von der Annahme aus, dass bis zu den Jahren 2020/2025 30% des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen stammen wird.

#### 380 kV-Leitungen Neubau gemäß dena-Netzstudie

- Hamburg Nord – Dollern ..... (45 km)
  - Ganderkesee – Wehrendorf / St.Hülfe ..... (80 km)
  - Neuenhagen – Bertikow / Vierraden ..... (110 km)
  - Südwestkuppelleitung (plus Netzverstärkungen in Thüringen, Franken) Lauchstädt – Vieselbach + Vieselbach – Altenfeld + Altenfeld – Redwitz ..... (zus. 220 km)
  - Diele – Niederrhein / Meppen ..... (200 km)
  - Wahle – Mecklar ..... (190 km)
- (Summe 845 km)

Bis zum Jahr 2020 werden vorgeschlagen weitere Leitungen für den großräumigen Stromtransport:

- Conneforde – Dauersberg ..... (450 km)
- Brunsbüttel – Grafenrheinfeld ..... (600 km)





### Ausbauplanungen – angeblich alle für den Transport von Windstrom

(Quelle [www.vdn-Berlin.de](http://www.vdn-Berlin.de))

● Netzausbau bis 2007

- 1 2 × Querregler Diele
- 2 Netzverstärkung Thüringen
- 3 220/380-kV-Umstellung Redwitz–Kriegenbrunn
- 4 Krümmel–Görries, 75 km
- 5 Reicheneck–Rommelsbach, 380 kV-Anschluss an Metzingen
- 6 Mühlhausen–Neckarrems Anschluss an 380 kV
- 7 Oberjettingen–Engstlatt 380 kV-Ausbau

● Netzausbau 2007 bis 2010

- 1 Audorf–Dollern, 110 km
- 2 Ganderkesee–Wehrendorf, 80 km
- 3 Neuenhagen–Bertikow/Vierraden, 110 km
- 4 Lauchstädt–Vieselbach, 80 km
- 5 Vieselbach–Altenfeld, 80 km
- 6 Altenfeld–Redwitz, 60 km
- 7 220/380-kV-Umstellung Redwitz–Grafenrheinfeld
- 8 Zubeseilung Becherdissen–Isen–Twistetal
- 9 220/380-kV-Umstellung Irsching–Raiterach

● Netzausbau 2010 bis 2015

- 1 Diele–Niederrhein, 200 km
- 2 Wahle–Mecklar, 190 km
- 3 Zubeseilung Bergkamen–Gersteinwerk
- 4 Zubeseilung Kriftel–Punkt

Quelle: VDN, Deutsche Energie-Agentur

# 4. Prämissen und Kriterien der dena-Netzstudie

## 6.1 Der Inhalt der dena-Netzstudie

Die dena-Netzstudie stellte schwerpunktmäßig die Frage, wie der geschätzte Ausbau vor allem der Offshore-Windstromproduktion in das deutsche Stromnetz integriert werden kann. Alternative Szenarien wie gesteigerte Energieeffizienz bei der Stromnutzung oder der Ausbau anderer erneuerbarer Energien, z.B. der Biomasse, fanden dabei keine Berücksichtigung.

Stattdessen beschränkt sich die Studie darauf, Stromnetzbelastungen für bestimmte Windstromleistungen zu berechnen und zu prüfen, ob das bestehende Stromnetz diesen Belastungen gewachsen ist oder nicht. Wenn mit Überlastungen zu rechnen ist, was insbesondere für volle Windstromproduktion und Schwachlastfälle des Stromverbrauchs der Fall sein kann, schlägt die Studie entsprechende Netzverstärkungen oder den Neubau von Leitungen vor.

Hierbei wurden zwei wesentliche Annahmen gemacht: ein Auslaufen der Atomkraftwerke gemäß Ausstiegsvereinbarung und für den Betrieb bzw. Neubau von Kohle- und Gaskraftwerken im Wesentlichen eine Fortschreibung der Situation des Jahres 2003.

In den Netzberechnungsmodellen wurde berücksichtigt, dass insbesondere Kohle- und vor allem Braunkohlekraftwerke gemäß ihrer technischen Spezifik nur relativ langsam hoch- und abgefahren werden und somit keine Regelleistung gegenüber zeitlich begrenzten Fluktuationen der Windleistung erbringen können.

Vereinfacht gesagt hat somit die dena-Netzstudie das Problem lösen müssen,

- a) eine im Jahr 2020 mit insgesamt über 50 GW zeitlich fluktuierende Windleistung in einem Hoch- und Höchstspannungsnetz unterzubringen, das für die großen Kohle-/Atom-Kondensationskraftwerke und den Verbrauchsschwerpunkten in Ballungsgebieten im Verlauf von über 50 Jahren „gestrickt“ worden ist.
- b) einen aufgrund der schlichten Fortschreibung weiterhin einen wesentlich aus Stein- und Braunkohlekraft-

werken sowie Atomkraftwerken bestehenden Kraftwerkspark zu haben, der sich nur über längere Zeiträume regeln lässt und aus Betreibersicht überhaupt nicht zur Regelung von Windenergie oder anderen erneuerbaren Energien vorgesehen ist.

Beide Strukturen basieren auf einer technisch zentralistischen und in den letzten Jahren immer mehr konzentrierten Besitz- und Betreiberstruktur. Energiewirtschaftlich steht diese Struktur der Großkraftwerke und des Höchstspannungsnetzes den Zielen der Energiewende hin zu effizienter Stromverwendung (incl. Maßnahmen des Lastmanagements), zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (Erdgas, zukünftig mehr Biomethan) und zu weiteren erneuerbaren Energien wie Windenergie, Photovoltaik, Geothermie oder Wasserkraft entgegen. Eine wesentliche Fragestellung müsste sein, wie durch Flexibilisierung der Stromnachfrage, flexibel und schnell regelbare Gaskraftwerke, dezentrale Regelung von (Block-)Heizkraftwerken mit Wärmepufferspeichern oder anderweitigen Speichersystemen (Luftdruck, Strom- oder Wärmespeicher) eine sinnvolle, effiziente und kostengünstige Integration der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zu bewerkstelligen ist.

Es ist klar, dass ein Umbau des Kraftwerksparks weg von Kohle- und Atomkraftwerken und stattdessen hin zu mehr Energieeffizienz und erneuerbarer Energie entsprechende Konsequenzen für die Stromnetze mit sich bringen muss. Hierbei spielen Fragen der Besitz- und Betreiberstruktur der Stromnetze eine wesentliche Rolle. So hat im Jahr 2004 die Monopolkommission „die Zusammenlegung der vier Regelzonen (der vier großen Übertragungsnetzbetreiber) zu einer Regelzone in der Hand eines unabhängigen Systembetreibers, der weder im Erzeugungs- noch im Handelsbereich tätig ist“ gefordert. Wir ergänzen: Neben Kostensenkungen wären hierbei auch bessere Regelungen zur Einbindung der Windenergie angemessen.

Vor diesem Hintergrund ist das Ergebnis der dena-Netzstudie zu verstehen, dass die vorgeschlagenen Neubauprojekte, die inzwischen teilweise durch die jeweiligen Netzbetreiber in „ihren“ Zonen in Angriff genommen wor-

den sind, auf den genannten Restriktionen der Struktur der Stromnetze, der Aufteilung der Regelzonen und des bestehenden weitgehend inflexiblen Kraftwerksparks basieren.

Es ist ohne detaillierte Simulationsberechnung nachvollziehbar, dass es einen „Bedarf“ für den Neubau von 380kV-Leitungen „in Richtung Süddeutschland“ gibt, solange der überwiegend im Norden Deutschlands erzeugte Windstrom nicht durch Abregelung der fluktuierenden Windleistung durch Kraftwerke z.B. im Ruhrgebiet und in Ostdeutschland erfolgt und bei der bestehenden Struktur auch nicht erfolgen kann.

Allerdings sind gemäß dem Erneuerbaren Energie Gesetz die Stromnetzbetreiber verpflichtet, diesen Strom vorrangig abzunehmen und zu übertragen (§ 4 EEG 2004).

Wie die dena-Netzstudie selbst erwähnt, ist klar, dass die neuen Höchstspannungsleitungen auch für anderweitige Stromtransporte innerhalb Deutschlands bzw. im internationalen Rahmen verwendet werden können.

## **6.2 Schlussfolgerungen des BUND aus der dena-Netzstudie**

Die konkreten von der dena-Netzstudie geforderten und zum Teil bereits in Planung befindlichen neuen Stromtrassen sind eine Folge der Inkompatibilität des geplanten Ausbaus der Windenergie offshore und an Land mit der etablierten und inflexiblen Struktur des bestehenden fossil-atomaren Kraftwerksparks. Optionen der Integration der Windleistung durch Gaskraftwerke, Speichertechniken und kompensierende KWK-Anlagen sowie Lastmanagement bei der Stromnutzung wie auch des Temperatur-Betriebsmanagements von mit Windstrom stärker belasteten Leitungen wurden nicht berücksichtigt.

Im Jahr 2007 sind bereits mehr als 30 neue mit Steinkohle, Braunkohle und einige wenige mit Erdgas (GUD Anlage) betriebene Großkraftwerke schwerpunktmäßig an der Nord- und Ostsee in Planung. Diese Neubauprojekte sind

somit der eigentliche Grund für den Ausbau des Höchstspannungsnetzes in Nord-Süd-Richtung, denn die Steinkohle-Großkraftwerke werden nicht in der Lage sein, die fluktuierende Windleistung regeln zu können. Eine Abregelung und Kompensation des Offshore-Windstroms in Nordrhein-Westfalen oder in Sachsen wird auch nicht möglich sein, weil dort ein weiterer Schwerpunkt des Neubaus von Stein- und Braunkohlekraftwerken besteht.

Die damit verbundene Zementierung einer inflexiblen Erzeugungsstruktur, die dem Ausbau der Windenergie und anderer regenerativer, fluktuierender Stromerzeuger (z.B. Photovoltaik) entgegensteht, spricht neben umweltpolitischen Gesichtspunkten gegen den Bau dieser Kohlekraftwerke.

# 5. Ökologische Kriterien zur Netzanbindung der Offshore-Windparks

Zwischen den Offshore-Windparks der Nordsee und der Küste liegt das ökologisch hochwertige und durch Natura 2000 und seinen Nationalpark-Status geschützte Wattenmeer. Die möglichen Auswirkungen der Netzanbindung der Windparks auf Naturschutzgüter sind vielfältig und können erheblich und sogar irreversibel sein. Sie umfassen unter anderem Störungen des Meeresbodens, der Meeresfauna und -flora, der Säuge- und Ruhegebiete von Seehunden und der Brut-, Rast- und Mäusergebiete von Vögeln.

Gemäß der FFH-Richtlinie und des Bundesnaturschutzgesetzes sind FFH-Verträglichkeitsprüfungen bei in Schutzgüter eingreifenden Projekten zwingend durchzuführen. Projekte können bei negativer FFH-Prüfung nur genehmigt werden, wenn Alternativen nachweislich fehlen.

Die Alternative zu den von Netz- und Offshore-Windanlagenbetreibern geplanten Anbindungen, die durch das Wattenmeer und durch die geschützten Bereiche des Nationalparks und der Natura-2000 Gebiete verlaufen, lautet

- Bündelung der Netzanbindungen anstelle vieler Einzelanbindungen von Offshore-Windparks
- Konzentrierung der Netzanbindungen durch die schon beeinträchtigten Bereiche der Flussmündungen von Ems, Jade, Weser und Elbe.

Faktisch haben allerdings die Wasser- und Schifffahrtsdirektionen diese Flussmündungen aus Sicherheitsgründen zu „Tabuzonen“ für Stromkabel erklärt. Der BUND teilt diese Auffassung nicht und setzt sich weiterhin dafür ein, die Alternative eines dem Wattenmeer vorgelagerten Stromnetzes, wie es auch in einem Forschungsvorhaben des BMU dargestellt wurde, weiter zu verfolgen.

Die Variante des „vorgelagerten Netzes“ hat nicht nur Vorteile für den Schutz des Nationalparks Wattenmeer. Es wäre auch möglich, dieses Netz als Verbundnetz nach Westen weiterzuführen und hier den Windstrom gezielt zu den Strombedarfsschwerpunkten in den Niederlanden (Amsterdam, Rotterdam, Den Haag), Belgien (Brügge), Frankreich (Lille, Le Havre) und Großbritannien (Ipswich, London) zu führen.

Dies zeigt, dass die bisher rein auf Deutschland bezogene Denkweise (z.B. in der dena-Netzstudie) zu suboptimalen und wenig tragbaren Lösungen führt. Derzeit geplante Eingriffe in Natur und Landschaft im Bereich des Wattenmeeres, der Küste und im Binnenland könnten sich durch die Entwicklung anderer Anbindungs-, Einspeise- und Regelungskonzepte als unnötig erweisen.

# 6. Ökologische Kriterien für den Bau von Hoch- und Höchstspannungsleitungen an Land

## 6.1 Genehmigungsverfahren

Gemäß der dena-Netzstudie werden zurzeit zahlreiche Hochspannungs- und Höchstspannungsleitungen (110 kV bzw. 380 kV) geplant. Im Raumordnungs- und erst recht im Planfeststellungsverfahren ist es erforderlich, dass der Antragsteller eine detaillierte, transparente und nachprüf-bare fachtechnische Begründung für den Bau der Leitung vorlegt. Leider geben sich Genehmigungsbehörden meist mit ein paar Stichworten zufrieden und fordern keinen detaillierten Nachweis, da sie selbst personell nicht in der Lage sind, derartige Netzberechnungen zu prüfen, oder nicht die Mittel haben, unabhängige Gutachter mit diesen Prüfungen zu beauftragen.

Praktisch ausnahmslos werden diese Leitungen als Freileitung geplant mit der Begründung, dass Freileitungen wirtschaftlicher seien. Die Alternative ist die Verlegung der Trasse im Erdreich. Eine Variante stellen die Erdkabel dar, die es für 110 kV und 380 kV als kunststoffisoliertes Kabel (vernetztes PolyEthylen, VPE) gibt. Eine weitere Alternative im 380 kV-Netz sind gasisolierte Leitungen (GIL). Letztere haben den Charakter von Metallrohren (ca. 50 cm Durchmesser) mit innen liegendem Leiter.

## 6.2 Wirtschaftlichkeit der Leitungsarten

Kabel und GIL haben höhere Investitionskosten als Freileitungen. Dies dient üblicherweise dazu, sie als Alternative mit dem Verweis auf das Energiewirtschaftsgesetz auszuschließen, welches die Verwendung der wirtschaftlichsten Lösung verlangt, und die Bundesnetzagentur, die die hinsichtlich der Investitionskosten kostengünstigste Variante vorschreibt.

Der BUND stellt fest, dass nach dem Energiewirtschaftsgesetz (§ 1) sowohl die Aspekte der Wirtschaftlichkeit als auch des Umweltschutzes, der Versorgungssicherheit und des Verbraucherschutzes zu berücksichtigen sind. Der BUND ist der Meinung, dass aus wirtschaftlicher Sicht nicht nur die Investitionskosten in Vergleiche einzubeziehen sind, sondern auch

- die bei Kabel und GIL bauartbedingt in deutlich geringerem Maße anfallenden Stromverluste auf den Leitungen (Barwertmethode oder Berechnung der Gesamtjahreskosten)
- geringere Wartungskosten bei Kabel und GIL
- Bewertungsansätzen für Umwelt- und Landschaftsschadenskosten.

Insbesondere bei dem Vergleich Erdkabel und Freileitung kann sich vor diesem Hintergrund und bei nicht überzogenen Kabelkosten für die 110 kV-Ebene herausstellen, dass Kostengleichheit oder sogar Vorteile für das Erdkabel entstehen.

Es hat sich auch gezeigt, dass den Kostangaben der Netzbetreiber nur bedingt Vertrauen zu schenken ist. So wurden für ein 8 km 110 kV-Erdkabel (Fall Büdingen/ Altstadt) vor 10 Jahren noch Kosten von über 17 Mio. €, dann 4–5 Mio. € seitens E.ON Netz angegeben. Konkrete Angebote ergaben dann Kostenansätze von unter 3 Mio. €. Umgekehrt wurden die Kosten für die Freileitung immer unterschätzt oder künstlich niedriger angesetzt, wenn sich auch geringere Kabelkosten nicht mehr leugnen ließen. Für die 110 kV-Ebene ist daher in der Regel (sollten keine besonderen Schwierigkeiten der Erdverkabelung vorliegen) zumindest von gleichen Kosten auszugehen und dem Erdkabel der Vorzug zu geben, wenn keine Argumente des Naturschutzes dagegen sprechen.

Im 380 kV-Netz sind die Investitionskosten der Freileitung derzeit eindeutig bei der Freileitung am niedrigsten.

## 6.3 Elektromagnetische Felder

Gemäß der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) gelten Grenzwerte von 5 kV/m für das elektrische und 100 µT für das magnetische Feld, die allerdings die vielfältigen gesundheitlichen Gefahren und Risiken nicht angemessen berücksichtigen. Es spricht einiges dafür, dass diese Grenzwerte so hoch angesetzt wurden, damit sie von Hochspannungsfreileitungen nicht überschritten werden.

110 kV- und 380 kV-Leitungen halten diese Grenzwerte ein. Bei einer 380 kV-Leitung werden bei voller Strombelastung maximal etwa 30-40  $\mu\text{T}$  (Magnetfeld) im Bereich der Leitung erreicht. Im Abstand von 50 m werden 5  $\mu\text{T}$  unterschritten.

Bei Kabeln und GIL treten nach außen keine elektrischen Felder auf, da diese durch die koaxiale Konstruktion abgeschirmt sind. In direkter Umgebung von Kabeln treten Magnetfelder auf, die bis zu 100  $\mu\text{T}$  erreichen können. Im Abstand von 10 m werden 10  $\mu\text{T}$  und im Abstand von 20 m 1  $\mu\text{T}$  unterschritten.

Bei gasisolierten Leitern (GIL) treten weder elektrische Felder noch magnetische Felder nach außen auf.

#### **6.4 Auswirkungen auf die Vogelwelt**

Freileitungen sind ein Risiko für die Vogelwelt. Hauptproblem ist die Kollision mit der Leitung. Insbesondere Großvögel wie Störche sind gefährdet, aber auch Wasservögel und Watvögel. In Vogelrast- und Vogelzuggebieten und vor allem FFH- und EU-Vogelschutzgebieten ist folglich zu prüfen, in welchem Maße geschützte und gefährdete Vogelarten betroffen sind. Es ist daher bezüglich des Vogelschlagrisikos bei jedem Vorhaben eine unabhängige Prüfung bezogen auf die lokalen Gegebenheiten durchzuführen.

#### **6.5 Eingriffe in die Landschaft**

Die bereits vorhandenen 113.000 km Freileitungen sind ein Eingriff in das Landschaftsbild. Weiterer Schaden kann vermieden werden durch eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Leitungen (Hochspannungsmasten sind nicht immer voll behängt), die Umrüstung von 220 kV auf 380 kV oder den Bau neuer Leitungen in direkter Nachbarschaft zu vorhandenen. Auch ist im Raumordnungsverfahren die Möglichkeit zur Bündelung von Hochspannungsleitungen mit anderen raumwirksamen Transport-

strukturen wie Autobahnen, Bundesstraßen oder Bahnlinien auszuloten

380 kV-Kabel und GIL benötigen einen Baukorridor von bis zu 20 m Breite, der für umfangreiche Erdbauarbeiten vom Bewuchs freizumachen und später weitgehend auch freizuhalten ist. Die Verlegung des Kabels bzw. der GIL kann je nach Gelände und Landschaft erhebliche Eingriffe in die Natur und Umwelt mit sich bringen. Diese sollten daher mit anderen Transportstrukturen, wie Autobahnen oder Bahntrassen gebündelt werden. Dies ist in einer Abwägung und Umweltverträglichkeitsstudie zu berücksichtigen.

#### **6.6 Eingriffe in Boden und Grundwasser**

Die Baumaßnahmen bei Freileitungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Fundamentierung der Masten. Bei der Ausführung von Kabel- oder GIL-Verlegungen unterliegt der Boden vielfältigen und nachhaltigen Eingriffen, denn durch Erdarbeiten (Ausheben der Baugrube, Geländemodellierung) werden erhebliche Bodenmassen verlagert:

- Baumaschinen und Baufahrzeuge belasten den Boden durch Gewicht und Bewegung (statisch und dynamisch) und verdichten ihn z. T. bis in erhebliche Tiefen.
- Tiefreichende Baumaßnahmen können die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse bis ins Grundwasser hinein verändern.
- Nach dem Verfüllen von Arbeitsräumen und Leitungsgräben wird durch beabsichtigte oder unbeabsichtigte Dränage der Bodenwasserhaushalt verändert.
- Aufgebrachte fremde Bodenmassen und Verfüllmaterial können mit Schadstoffen belastet sein.
- Durch Verdichtung, Aufgrabung, Verfüllung und Umlagerung werden die Bodenfunktionen nachhaltig gestört.
- Zu unerwünschten Dränagewirkungen kann es kommen, wenn gut wasserführende Sand- oder Kiesbettungen eingebaut oder mit Bodenmaterial verfüllt werden, das besser wasserführend ist als der anstehende Boden.

Belastungen des Bodens sind bei Baumaßnahmen nicht gänzlich zu vermeiden, sie können aber entscheidend reduziert werden. Hierzu einige Maßnahmen, die beim Bauen zu beachten sind:

- Bereits zu Beginn der Planungsphase sind bei der Auswahl der Trassenführung Bodeneigenschaften und -funktionen, die Verdichtungsempfindlichkeit sowie Bodendenkmäler zu berücksichtigen.
- Beim Bau sind die Vorgaben für bodenschonendes Bauen zu berücksichtigen und explizit in den Ausschreibungen aufzuführen.
- Bei der Zeitplanung sind Pufferzeiten einzuplanen, um bei schlechter Witterung Bauarbeiten aussetzen zu können.
- Keine Abschiebung des Oberbodens auf der Fahrtrasse, da dies zur Verdichtung des Unterbodens führt. Statt dessen Schutz des ganzen Bodenaufbaus z.B. durch Beplankung mit Schwellen, Baggermatratzen, Holztrassen, etc. auf den Fahrtrassen und Verzicht auf das Befahren der Böden im nassen Zustand.
- Kontrolle, dass keine Materialien, die die Bodenfunktionen verändern oder Baurestmassen wie Mörtelreste, Steinbrocken etc. im Boden vergraben werden. Das Verfüllmaterial sollte den örtlichen Bodenverhältnissen entsprechen und selbstverständlich – wenn es sich um Fremdmaterial handelt – nicht belastet sein.
- Flächensparende Baustelleneinrichtung und die Reduzierung des Baustellenverkehrs während der Bauausführung auf das unbedingt Notwendige.
- Keine langen Lagerzeiten des Bodenmaterials während der Baumaßnahmen und Schutz vor Erosion.



## 7. Der Abwägungsprozess

Die Frage Bodentrasse (Erdkabel bzw. GIL) oder Freileitung kann nicht pauschal beantwortet werden. Neben der wirtschaftlichen Gesamtsicht und der Einbeziehung von sozialen Folgekosten ist auch eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung zu machen, die neben Gefährdung von Vogelarten, Eingriffe in den Boden oder den Wasserhaushalt auch die Frage der elektromagnetischen Felder beurteilen und abwägen sollte.

bestimmten Abständen erforderliche Kompensationseinrichtungen erfordert. Für Kabel gibt es für längere Streckenführungen bisher praktisch kaum Erfahrungen. Auch bei GIL, die in ihren elektrischen Eigenschaften der Freileitung sehr viel ähnlicher ist, gibt es nur Erfahrungen aus relativ kurzen Strecken mit wenigen km Streckenführung.

Letztlich wird sich beim Vergleich von Bodentrasse und Freileitung auf der 380 kV-Ebene zeigen, dass die erdverlegte Variante, auch bei geringeren Betriebskosten, teurer ist.

Dies ist angesichts des geringen Anteils neuer Höchstspannungsleitungen in Bezug auf das derzeit bestehende Höchst- und Hochspannungsnetz wirtschaftlich vertretbar und schon im Rahmen des Genehmigungsverfahrens einzubeziehen. Wenn Kriterien des Schutzes der Menschen (insbes. Vorsorgewerte der elektrischen und magnetischen Felder) oder Kriterien des Naturschutzes (insbes. erhebliche Beeinträchtigung des Vogelschutzes bei Natura-2000 Gebieten) durch Freileitungen nicht erfüllt werden können, sind alternative Lösungen, andere Trassenführungen oder Verlegung von Kabeln oder GIL vorzuziehen.

Während 110 kV-Erdkabel eine wirtschaftliche Alternative für Freileitungen sind, stellt sich bei 380 kV-Erdkabeln über die höheren Kosten hinaus das Problem der elektrotechnischen Einbindung. Durch die hohe Kapazität der oft mehrere dutzend oder hundert km langen Kabel entsteht ein hoher Blindstrombedarf, der weitergehende und in

Kostenverhältnisse 380 kV-Leitung 2000 MW

	Freileitung		VPE Kabel		GIL Leiter
Kosten Investition	1	:	4	:	11
Kosten Betrieb	3	:	2	:	1
Gesamtkosten	1	:	2	:	5



## Tabellarische Übersicht der drei Leitungsoptionen im Vergleich

(Quelle: Oswald/ForWind-Studie 2006)

Kriterium	Freileitung (F)	Kabel (K)	GIL (G)
Elektrische Festigkeit (Isolierung)	Selbsteilende Luftisolierung mit hoher elektrischer Festigkeit	Höchste Anforderung an Reinheit der Kunststoffisolierung und Wasserdichtigkeit	N <sub>2</sub> -SF <sub>6</sub> -Gemisch unter Druck, höchste Anforderung an Reinheit und Gasdichtigkeit
Belastbarkeit	Hohe Belastbarkeit	Ähnlich hohe Belastbarkeit wie Freileitung nur durch thermische Bettung und Cross-Bonding	Belastbarkeit bei Erdverlegung ähnlich wie Freileitung
Überlastbarkeit	Genügende Leistungsreserve	Kurzzeitige Überlastbarkeit auf Kosten der Lebensdauer der Isolierung	Leistungsreserve bei Erdverlegung ähnlich wie Freileitung
Impedanz	Impedanz passend zu Netzverhältnissen (Freileitungsnetz)	Geringerer Impedanzbelag als Freileitung, Anpassungsspulen erforderlich	Noch geringerer Impedanzbelag als FL, größere Anpassungsspulen als bei Kabel erforderlich
Blindleistungsbedarf	Geringste kapazitive Blindleistung	Etwa 17-fache kapazitive Blindleistung wie Freileitung, Kompensation erforderlich	Etwa 4-fache kapazitive Blindleistung wie Freileitung
Schutz- und Sekundärtechnik	Einheitliche Schutztechnik mit Kurzunterbrechung (KU); keine Sekundärtechnik	Differentialschutz; keine KU; Teilentladungs-Überwachung an den Muffen; Temperaturmonitoring	Schutz wie bei Kabel; Gaswächter; Fehlerortungssystem; Teilentladungs-Überwachung
Fehlerverhalten	Höhere Fehlerrate als Kabel und GIL, die meisten Fehler sind aber Lichtbogenfehler ohne Folgen	Geringere Fehlerrate als Freileitung, Fehler sind aber immer mit Schaden verbunden	wie Kabel
Nichtverfügbarkeit	Reparaturdauer Stunden bis wenige Tage, geringste Nichtverfügbarkeit	Reparaturdauer Wochen, deutlich höhere Nichtverfügbarkeit als Freileitung	Längste Reparaturdauer, noch höhere Nichtverfügbarkeit als Kabel
Lebensdauer	Nachgewiesen hohe Lebensdauer von 80 Jahren	30 bis 40 Jahre angenommen; bisher keine Erfahrungswerte	Hohe Lebensdauer erwartet; Erfahrungswerte von gasisolierten Schaltanlagen (GIS)
Betriebserfahrung	Im Einsatz seit 1930 bzw. 1952	Bisher nur kurze Abschnitte im Betrieb; keine Langzeiterfahrung	Bisher nur kurze Abschnitte im Betrieb, Langzeiterfahrung durch gasisolierte Schaltanlagen (GIS)
Umwelteinwirkung	Landschaftsbeeinträchtigung durch Sichtbarkeit; breite Trasse; Nutzung und Bebauung der Trasse bedingt zulässig	Erheblicher Flächenbedarf und Bodeneingriff während Bauphase; Bodenaustrocknung; stark eingeschränkte Trassennutzung	Größere Trasse und Baustelleneinrichtung als Kabel; 45 Schachtbauwerke; stark eingeschränkte Trassennutzung; Bodenerwärmung; SF6
Elektromagnetische Verträglichkeit	Magn. Flussdichte unter 100 µT; Kleinstmögliche Überschreitung der elektrischen Feldstärke von 5 kV/m an wenigen Stellen	Kein äußeres elektrisches Feld; Überschreitung der magnetischen Flussdichte von 100 µT in 0,2 m über Erdoberkante	Kein äußeres elektrisches Feld, geringste magnetische Flussdichte
Verluste	Höchste Verluste	Nur etwa halb so groß wie bei Freileitung	Geringfügig kleinere Verluste als Kabel
Investitionskosten	Geringste Investitionskosten	2,8 bis 4,3-fache Investitionskosten wie für Freileitung	6,6 bis 11,3-fache Investitionskosten als Freileitung
Betriebskosten inkl. Verluste	Höchste Betriebskosten durch hochstromabhängige Verluste	Etwa halb so groß wie für Freileitung	Etwas geringer als Kabel
Gesamtwirtschaftlichkeit	Beste Gesamtwirtschaftlichkeit	Kapitalwert: 1,6-fach gegenüber Freileitung (1S); 2,4-fach gegenüber Freileitung (2S)	Etwa 3,2 bis 5,4-facher Kapitalwert als Freileitung

# 8. Forderungen des BUND zum Umweltschutz bei Hochspannungsleitungen

## 8.1 BUND-Forderungen zum Genehmigungsverfahren von Leitungen

- In den Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren der Neubauleitungen und im Rahmen der Phase II der dena-Netzstudie sind Optionen und Alternativen zum Abtransport und zur Abregelung der Windleistung prioritär zu behandeln.
- Alle Gründe für den Leitungsausbau sind in den Antrags- und Genehmigungsverfahren darzulegen. Ein kurzer Hinweis auf die Ableitung von Windstrom reicht nicht aus.
- Vor allem Wirtschaftlichkeit und das Argument der stromtechnischen Versorgungssicherheit sind detailliert zu belegen.
- Für die geplanten Netzanbindungen von Offshore-Windparks sind FFH-Verträglichkeitsprüfungen (soweit FFH-Gegebenheiten vorliegen) bzw. Umweltverträglichkeitsprüfungen und FFH-Verträglichkeitsprüfungen für das jeweilige Gesamtprojekt Windpark mit See- und Landkabelanbindung durchzuführen. Alternativen, die eine geringere oder keine erhebliche Beeinträchtigung der Natura-2000 Schutzgüter mit sich ziehen, sind darzustellen.
- In allen Genehmigungsverfahren von Hoch- und Höchstspannungsleitungen ist die Vorlage detaillierter Begründungen für die Wahl der Leitungsart und den Bau der geplanten Leitung sowie eine unabhängige Prüfung dieser Vorlagen unabdingbar. Unabhängige Gutachter sollen den Preisvergleich von Erdkabel und Freileitung beurteilen. Unterlassung sollte ein Grund für eine spätere gerichtliche Nachprüfung sein.
- Im Genehmigungsverfahren sollte eine Gesamtberechnung inklusive der Betriebskosten sowie der Umweltkosten durchgeführt werden.

## 8.2 BUND-Forderungen an die Gesetzgebung

- Gemäß der BUND Position Nr. 36 „Elektrosmog“ werden Vorsorgewerte von 0,5 V/m und 0,01 µT gefordert. In Räumen, die dem Daueraufenthalt von Personen dienen, sollten nach Auffassung des BUND diese Werte nicht überschritten werden. Dies bedeutet, dass 380 kV-Freileitungen mindestens einen Abstand von 500 m zu bewohnten und genutzten Gebäuden haben sollten.
- Der BUND fordert, dass die Mehrkosten einer sich in Hinblick auf Umwelt- und Naturschutz günstigeren Erdkabel- bzw. GIL-Variante als anerkennungsfähige Kosten gemäß Energiewirtschaftsgesetz (Netzkostenverordnungen) betrachtet werden und durch die Bundesnetzagentur anzuerkennen sind. Die Gesetze, insbesondere das Infrastrukturplanungsbeschleunigungsgesetz sind in dieser Hinsicht zu ändern. Der BUND ist für schnelle Planung und Durchführung, wenn die Leitung erforderlich und die ausgewählte Variante umweltfreundlicher ist.

## 8.3 BUND-Forderungen an Forschung und Entwicklung

- Modellhafte Verlegungen von GIL sollen gegebenenfalls mit Förderung des Wirtschafts- und Umweltministeriums durchgeführt werden.
- Der BUND fordert, alternative Ansätze zur Stromübertragung (GIL, Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung-Overlay-Netz) stärker als bisher zu erforschen und Modellprojekte (in europäischer Kooperation) durchzuführen.

## 9. Weitere Informationen

BMU, 2006: Netzausbau durch Freileitungen und Erdkabel-Frage-Antwort-Papier des BMU. In: Umwelt, 10/2006  
Download bei [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/37764/4591/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/37764/4591/)

Deutsche Energieagentur dena, Berlin, Februar 2005: Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020 (dena-Netzstudie). Download bei [www.dena.de](http://www.dena.de)

EU-Kommission, Brüssel 10.12.2003: Background paper – undergrounding of electricity lines in Europe

ForWind-Zentrum für Windenergieforschung, Prof. Dr.-Ing. Habil Bernd R. Oswald, Oldenburg, September 2005: Vergleichende Studie zu Stromübertragungstechniken im Höchstspannungsnetz. Technische, betriebswirtschaftliche und umweltfachliche Beurteilung von Freileitung, VPE-Kabel und GIL am Beispiel der 380kV-Trasse Ganderkesee-St. Hülfe („Vorwind-Studie“). Download bei [www.forwind.de/oswald-studie](http://www.forwind.de/oswald-studie)

Heinrich Brakelmann, Rheinberg, Oktober 2004: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel. Im Auftrag des Bundesverbandes Windenergie e.V. („Brakelmann-Studie“)

ICF Consulting, London, final report 28.02.2003: Overview of the Potential for the Undergrounding of Electricity Networks in Europe, for DG TREN, EU Commission

Jarass, Lorenz und Gustav M. Obermair, 2005: Netzeinbindung von Windenergie. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 55. Jg. (2005), Heft 6, S. 398 f

Jarass, Lorenz, Wiesbaden, 8.3.2005: Netzeinbindung von Windenergie in Schleswig-Holstein. Download bei [www.jarass.com](http://www.jarass.com) / Publikationen

Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity, Brüssel, 2003: First UCTE comments on the Background paper “Undergrounding of electricity lines in Europe”

WWF, Vera Konermann (Autorin), Beatrice Claus (Redaktion), Frankfurt am Main/Bremen, 2006: Wie umweltfreundlich ist die Netzanbindung von Offshore-Windparks?

# Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und international für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlich den Schutz unseres Klimas.

Der BUND ist dafür eine gute Adresse. Wir laden Sie ein, dabei zu sein.

## Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

Bitte (kopieren und) senden an:

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.,  
Friends of the Earth Germany, Am Köllnischen Park 1, 10179 Berlin**

### Ich möchte

... mehr Informationen über den BUND

... Ihren E-Mail-Newsletter

## Ich will den BUND unterstützen

### Ich werde BUNDmitglied

Jahresbeitrag:

Einzelmitglied (ab 50 €)

Familie (ab 65 €)

SchülerIn, Azubi,  
StudentIn (ab 16 €)

Erwerbslose, Alleinerziehende,  
KleinrentnerIn (ab 16 €)

Lebenszeitmitglied (ab 1.500 €)

Wenn Sie sich für eine Familienmitgliedschaft entschieden haben, tragen Sie bitte die Namen Ihrer Familienmitglieder hier ein. Familienmitglieder unter 25 Jahren sind automatisch auch Mitglieder der BUNDjugend.

Name, Geburtsdatum

Name, Geburtsdatum

### Ich unterstütze den BUND mit einer Spende

Spendenbetrag  €

einmalig

jährlich

Um Papier- und Verwaltungskosten zu sparen, ermächtige ich den BUND, den Mitgliedsbeitrag/die Spende von meinem Konto abzubuchen. Diese Ermächtigung erlischt durch Widerruf bzw. Austritt.

Name

Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Kreditinstitut

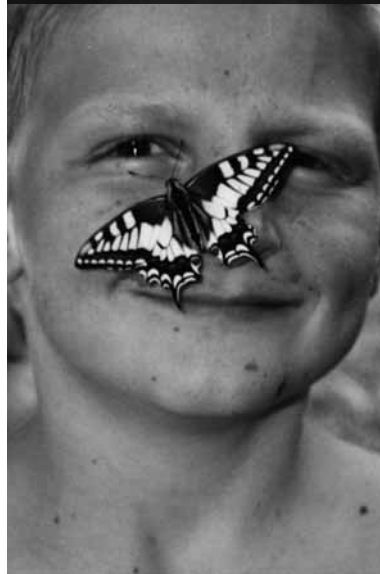
Bankleitzahl

Kontonummer

E-Mail, Telefon

Datum, Unterschrift

Ihre persönlichen Daten werden aussch. für Vereinszwecke elektronisch erfasst und – ggf. durch Beauftragte des BUND e.V. – auch zu vereinsbezogenen Informations- und Werbezwecken verarbeitet und genutzt. ABA72



ViSdP: Dr. Norbert Franck  
Herstellung: Natur & Umwelt Verlag,  
November 2007  
Bestellnummer: 45.087

Redaktion: Irene Lucius  
Autoren: Dr. Werner Neumann, Sprecher  
AK Energie, unter Mitarbeit der Arbeits-  
kreise Energie und mittlere Technologie,  
Meer und Küste, Immissionsschutz,  
Naturschutz, Bodenschutz und Altlasten.

Telefon: (030) 275 86-40  
Telefax: Fax: (030) 275 86-440  
E-Mail: info@bund.net  
Internet: www.bund.net

**Impressum**  
Herausgeber:  
Bund für Umwelt und Naturschutz  
Deutschland e.V. (BUND)  
Friends of the Earth Germany  
Am Köllnischen Park 1  
10179 Berlin