

Windenergie ist aktiver Umwelt- und Naturschutz

Keuper, Armin

Summary

The increased use of wind energy in Germany in the last years and the future plans for the next years have caused criticism. This criticism is mostly directed to environmental questions. A detailed analysis quickly shows that complying with legal regulations wind energy neither causes any risk for people nor does it lead to unreasonable ecological damage. Sound emission, light/shadow effects and the impact on animals have proven to be of no environmental relevance. However the visual impact of the turbines as a subjective perception will always be a matter of taste. Nevertheless future energy production planning has to focus on the direct positive ecological effects of wind energy, even if there is sometimes a reasonable and justified reduction in landscape aesthetics. Wind energy is one of the constituents for the conservation of environment and nature.

1. Einführung

Der Boom in der Windenergie ist ungebrochen. Wenn es nach dem Willen der Politiker geht, werden die stattlichen Zuwachszahlen, die die Windenergie in den letzten Jahren aufzuweisen hatte, weiter gesteigert. So plant das Land Niedersachsen, bis zum Jahr 2000 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 1000 MW zu installieren, das Land Schleswig-Holstein 1200 MW bis zum Jahr 2005. Aufgrund des ebenfalls starken Engagements der neuen Länder, insbesondere Mecklenburg-Vorpommerns als Küstenanrainer, und auch einiger alter Bundesländer, die vielversprechende Mittelgebirgslagen haben, müßten den Windkraftanlagenherstellern goldene Zeiten ins Haus stehen. Aus umweltpolitischer Sicht, mit der dringend gebotenen Verminderung des CO₂-Ausstosses, ist die Nutzung der Windenergie unverzichtbar, zumal sie nahe an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit steht.

Dies wiederum beruht nicht unerheblich auf der erfreulichen, aber auch notwendigen Förderpolitik von Bund und Ländern und dem Energieeinspeisegesetz. Mit der Windenergie bietet sich so für Privatpersonen, landwirtschaftliche Betriebe, Windparkbetreibergesellschaften, kleinere und mittlere Gewerbebetriebe sowie lokale und regionale Energieversorgungsunternehmen die Möglichkeit, ihre eigene elektrische Energie auf wirtschaftlicher Basis zu erzeugen und die Überschüsse in das Stromnetz gegen eine leistungsgerechte Bezahlung einzuspeisen. Die erheblichen positiven ökologischen Auswirkungen der Energiequelle Wind können nur so effizient genutzt werden.

Vor allem im Vergleich mit den herkömmlichen Energieträgern werden die regenerativen Energieträger und damit auch die Windenergie immer wieder auf mögliche Kritikpunkte untersucht. Dabei konzentrieren sich die Kritiker zum einen auf die Risiken, die bei der Energieerzeugung auftreten, und zum anderen auf die Umweltverträglichkeit von Windkraftanlagen.

2. Gefahren bei der Nutzung der Windenergie

Der Begriff des Risikos bei der Erzeugung elektrischer Energie hat in den letzten Jahrzehnten erheblich an Bedeutung gewonnen. Die Energiegewinnung erfolgt in Kraftwerken, die fossile Brennstoffe verbrennen, oder in Kernkraftwerken. Bei beiden Kraftwerksarten gibt es erhebliche Risikofaktoren.

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht erhebliche Mengen an Schadstoffen wie Kohlen- und Schwefeldioxid, Stickoxide, Staub, Schlacke und Asche, die entweder an die Luft abgegeben oder aber als Müll gelagert werden. Wie sehr die Schadstoffemissionen unser Leben, unsere Umwelt und unsere Natur beeinflussen, zeigt sich in den bereits alltäglichen Berichten der Medien über die wachsende Bedrohung und Zerstörung unserer Umwelt und die zunehmenden Gesundheitsbeeinträchtigungen, die u.a. durch die Schadstoffemissionen bei der Energieerzeugung hervorgerufen werden (Abb. 1).

Bei der Nutzung der Kernenergie ist nicht erst seit Three Mile Island (USA) oder Tschernobyl (Ukraine) bekannt, daß der Betrieb solcher Anlagen erhebliche Gefahrenquellen birgt. Bei Unfällen dieser Art werden radioaktive Substanzen freigesetzt. Diese vernichten das gesamte Leben in ganzen Landstrichen, und die Auswirkungen sind über Tausende von Kilometern nicht nur meßbar. Ein weiteres Risiko ist die Lagerung der radioaktiven Abfälle, das bei einem weiteren Ausbau der Kernenergie noch drastisch anwachsen würde, wobei schon heute die Probleme mit der Lagerung dieser Abfälle ungelöst sind. Bei den Umweltbeeinträchtigungen durch die Kernenergie ist natürlich auch der nicht unerhebliche Bedarf an Kühlwasser zu berücksichtigen, der zu Erwärmungen der betroffenen Flüsse führt.

Abb. 1: Auszug von Schlagzeilen aus 1 Zeitung (NWZ, Oldenburg) innerhalb 1 Woche
Fig. 1: Extraction of headlines from 1 newspaper (NWZ, Oldenburg) within 1 week.

Anders dagegen die Windenergie. Umweltschäden durch Abgase, Erwärmung oder unkontrolliert frei werdende Strahlen und Gifte bei Unfällen existieren nicht. Der Begriff des Risikos, wie wir ihn in dieser Form vor allem von der Kernenergie kennen, ist auf die Nutzung der Windenergie nicht anwendbar. Es besteht keine Gefahr für Bevölkerung, Umwelt oder Natur. Ganz im Gegenteil - unsere Lebensbedingungen, Umwelt und Natur werden bei der Erzeugung elektrischer Energie aus dem Wind verbessert. Natürlich kann es an einzelnen Anlagen zu Unfällen kommen, bei denen einzelne Personen in Mitleidenschaft gezogen werden können. Hauptsächlich gilt dies für Personen, die auf oder an der Anlage bei Montage-, Wartungs- oder Reparaturarbeiten tätig sind, wobei die Gefahr selbst hierfür vergleichsweise gering ist. Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls für Unbeteiligte an einer Windkraftanlage ist so gut wie nicht vorhanden.

Bei den herkömmlichen Energieträgern werden die Folgekosten für die Beseitigung der Umweltbelastungen, die Entsorgung und die Versicherung des Risikos nicht vom Strompreis gedeckt, sondern werden von der öffentlichen Hand, also von uns allen, getragen. Würden diese Kosten dem Strompreis zugeschlagen, würde dieser mehr als 10 Pf teurer werden (1).

3. Umweltverträglichkeit von Windkraftanlagen

Die allgemeine Umweltverträglichkeit der Windenergienutzung ist somit der eigentliche Punkt, der in Betracht zu ziehen ist. Die Diskussion der letzten Jahre und Monate hat gezeigt, daß im wesentlichen drei große Themenbereiche in der Kritik stehen: die Geräuschabstrahlung, der Schattenwurf und der Naturschutz. Bei letzterem werden hauptsächlich der mögliche Einfluß auf die Tierwelt und auf das Landschaftsbild erörtert.

3.1 Geräuschabstrahlung

Eines der ersten Argumente von Kritikern der Windenergie ist die Geräuschabstrahlung. Wie bei allen anderen Maschinen auch werden bei Windkraftanlagen Geräusche abgestrahlt. Eine etwas genauere Differenzierung der Geräusche zeigt, daß sie hauptsächlich auf zwei Quellen basieren, zum einen auf den Geräuschen vom Getriebe und Generator und zum anderen auf den aerodynamischen Geräuschen von der Bewegung der Rotorblätter.

Das Geräusch von Getriebe und Generator kann tonhaltig und damit lästig sein, da diese Maschinen mit Drehzahlen von 1000 oder 1500 Umdrehungen pro Minute laufen. Die Hersteller von modernen Maschinen zeigen jedoch, daß dieses Problem zu bewältigen ist. Eine Möglichkeit ist die Entwicklung einer getriebelosen Windkraftanlage; ein anderes Verfahren ist bei der Anwendung der herkömmlichen Technik mit Getriebe und Generator die Kapselung der Komponenten mit einer schwingungstechnischen Entkopplung von Maschinenkomponenten wie Lager, Getriebe und Generator von der Gondel. Nach dem heutigen Stand der Technik können Windkraftanlagen so gebaut werden, daß mechanisch erzeugte Geräusche keine Rolle mehr spielen.

Die aerodynamischen Geräusche an den Rotorblättern werden durch die an ihnen vorbeistreichende Luft erzeugt, zum einen an der Blatthinterkante, zum anderen an der Blattspitze. Diese Geräusche sind breitbandig und werden daher als Rauschen empfunden. Bei der Reduzierung dieser Geräusche sind Kompromisse zu schließen zwischen der optimalen Form der Hinterkanten des Rotorblattes und der Rotorblattspitze einerseits und der Festigkeit und Stabilität der Rotorblätter aus statischer und dynamischer Sicht andererseits. Aktuell werden aerodynamische Geräusche durch die Nutzung von relativ geringen Blattspitzengeschwindigkeiten niedrig gehalten.

Insgesamt gesehen kann aber festgehalten werden, daß bei den Herstellern und bei Wissenschaft und Forschung hier ein Problembewußtsein eingesetzt hat, was dazu führt, daß die jetzt auf den Markt drängenden 500 kW Anlagen weitaus niedrigere Schalleistungspegel aufweisen, als es vor Jahren ausgehend von dem damaligen Entwicklungsstand zu erwarten war. Diese Anlagen haben Schalleistungspegel von ca. 98-101 dB(A).

Bei einer Betrachtung der Einwirkungen von Geräuschabstrahlungen auf die nächsten Anwohner stellt sich sehr schnell heraus, daß eine "Lärmbelästigung" bei Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften nicht gegeben ist. Diese gesetzlichen Vorschriften und Grenzwerte sind der "Technischen Anleitung Lärm" im "Bundesimmissionsschutzgesetz" zu entnehmen.

Diese Technische Anleitung Lärm setzt der Geräuschabstrahlung in der Nähe von Wohngebieten sehr enge Grenzen. Im einzelnen sind danach folgende Grenzwerte einzuhalten:

* Gewerbegebiet:	Tag: 65 dB(A)	Nacht: 50 dB(A)
* Mischgebiet:	Tag: 60 dB(A)	Nacht: 45 dB(A)
* allgemeines Wohngebiet:	Tag: 55 dB(A)	Nacht: 40 dB(A)
* reines Wohngebiet:	Tag: 50 dB(A)	Nacht: 35 dB(A)

Für die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Windkraftanlagen bis hin zur 500 kW Klasse bedeutet dies Abstände für Einzelanlagen von ca. 400 m zu reinen Wohngebieten, ca. 300 m zu allgemeinen Wohngebieten und ca. 200 m zu Mischgebieten. Die Errichtung von Windparks mit 500 kW Anlagen wird Abstände von ca. 500 m zu den nächsten Wohngebäuden erfordern. Bei diesen Grenzwerten wird aber nicht berücksichtigt, daß bei starkem Wind die umgebungsbedingten Nebengeräusche stärker zunehmen. Bei Windgeschwindigkeiten von mehr als ca. 8-10 m/s sind diese Nebengeräusche in der Regel so laut, daß die Geräusche der Windkraftanlage völlig überdeckt werden (2).

Der Einhaltung des Bundesimmissionsschutzgesetzes kann bereits in der Planungsphase Genüge getan werden. Mit der Erstellung einer Geräuschprognose (Abb. 2) werden für die geplanten Windkraftanlagen die Einhaltung der Grenzwerte nach der TA Lärm überprüft. Es wird für jede Richtung der jeweils ungünstigste Fall der Schallausbreitung aus dem Schalleistungspegel der verwendeten Windkraftanlage mit dem Wind errechnet und für die Standortauswahl herangezogen.

Geräuschprognose für die Umgebung eines geplanten Windparks mit 10 Windkraftanlagen unter Berücksichtigung einer schon bestehenden Einzelanlage. Schalleistungspegel jeder Anlage: 100 dB(A).

Abb. 2: Geräuschprognose für einen Windpark nach VDI 2714
Fig. 2: Noise prediction for a wind farm due to VDI 2714

3.2 Schattenwurf und Reflexionen

Bei Sonnenschein werfen die Windkraftanlagen einen Schatten. Die sich drehenden Rotorblätter bewirken, daß der von ihnen ausgehende Schatten sich ebenfalls bewegt. Der Schlagschatten eines sich drehenden Rotorblatts kann zu einer Belästigung der Anwohner führen. Solche Schlagschatten treten jedoch nur in einem eng begrenzten Bereich um die Anlage herum und auch nur zu bestimmten und sehr begrenzten Zeiten eines Jahres auf.

Die Problematik des Schattenwurfs von Windkraftanlagen findet in letzter Zeit vermehrt Beachtung (3). Auf einem Grundstück, welches in 120 m Entfernung von einer Anlage mit einer Nabenhöhe von 30 m liegt, ist lediglich zwischen Ende September und Ende März ein Schatten von der Windkraftanlage zu sehen. Dabei ergibt sich unter Einbeziehung von Sonnenstand, Bewölkung und Windrichtung eine maximale Beschattungsdauer von 30 Minuten/Tag.

Diese grundlegende Abschätzung von (3) kann allerdings noch etwas relativiert werden unter Einbeziehung der Abstände von Windkraftanlagen zu Wohngebäuden, die sich aufgrund des Bundesimmissionsschutzgesetzes (s. oben) ergeben. Hier muß von ca. 200-300 m Abstand bei Einzelanlagen und 500 m Abstand bei Windparks ausgegangen werden. Die Berechnungen des Sonnengangs in Bezug zu einer Windkraftanlage in 200 m, 300 m und 500 m Abstand sind in Abb. 3 dargestellt.

Es ist zu erkennen, daß bei einer Anlage mit 40 m Rotordurchmesser und 50 m Nabenhöhe im Abstand von 200 m durchaus ein häufigeres Auftreten eines Schattenwurfs vorkommt. Vor allen Dingen ist zu bemerken, daß es sich, außer im ganz äußeren Bereich des Rotorkreises, auch um einen Schlagschatten handelt, also die Sonne komplett vom Rotorblatt abgedeckt wird. Die Berechnung der Zeiten pro Jahr, in denen der Schatten auftreten kann (Tab. 1), zeigt, daß rein theoretisch nur an knapp 45 Stunden im Jahr ein Schlagschatten auftreten kann.

Zusammen mit den Abschätzungen von (3), daß aufgrund der Windstärke (bei Flaute und bei zu starkem Wind stehen die Anlagen), der Windrichtung (Windrichtung nicht parallel zur Sonnenrichtung) und der Bewölkung (kein Sonnenschein: kein Schattenwurf)

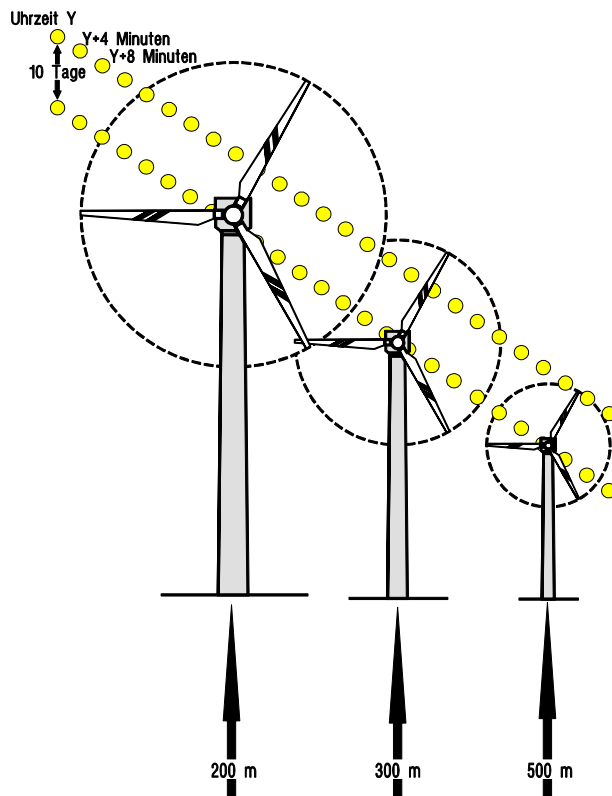


Abb. 3: Sonnengang in Bezug auf Windkraftanlagen (50 m Nabenhöhe, 40 m Rotordurchmesser) in verschiedenen Entfernungen vom Betrachtungsstandpunkt, berechnet für einen Standort am 54° nördlicher Breite. Die hier für nachmittags dargestellten Sonnenstände weisen eine Zeitdifferenz von 4 Minuten auf. Die Jahreszeit des Auftretens dieser Konstellation hängt ab von der Himmelsrichtung, in der die Anlage zum Betrachtungspunkt steht. Zwischen den beiden Sonnengängen liegen 10 Tage. Der Durchmesser der Sonne ist in korrekter Relation zur Anlagengröße ermittelt worden; nicht einbezogen wurden Brechungs- und Beugungseffekte an der Atmosphäre und den Rotorblättern.

Fig. 3: Sun's path in relation to wind turbines (50 m hub height, 40 m rotor diameter) having different distances from the point of view calculated for 54° of northern latitude. The positions of the sun are determined for the afternoon in time steps of 4 minutes. The season in which this constellation appears depends on the direction of the unit in relation to the point of view. Between the two paths there is a difference in time of 10 days. The diameter of the sun is related to the turbine size. Refraction and diffraction of the sun light by the atmosphere and the rotor blades are not considered.

nur knapp 20 % der Zeit tatsächlich ein Schattenwurf auftritt, bleiben nur 536 Minuten/Jahr, was einem Gesamtanteil von 0,102 % der gesamten Zeit eines Jahres entspricht.

Bei Abständen von 300 m oder sogar 500 m zur Anlage reduzieren sich die Zeitanteile weiter (Tab. 1). Außerdem tritt bei diesen Abständen auch verstärkt nur Halbschatten auf, d.h. die relative Fläche der Sonne ist größer als die relative Fläche der Rotorblätter, und die Sonne "scheint um die Blätter herum" (Abb. 3). Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die Himmelsrichtung, in der die Windkraftanlage vom Beobachtungsstandpunkt aus steht, ebenfalls Einfluß darauf hat, ob ein bewegter Schattenwurf auftreten kann und ob dieser Schattenwurf nur als Halbschatten auftritt (Tab. 1).

Abstand zur Anlage	maximale Beschattungszeit pro Tag / min.	maximale Anzahl der Beschattungstage pro Jahr	maximale Gesamtbeschattungszeit pro Jahr / min.	Beschattungszeit pro Jahr unter Berücksichtigung der Beschattungswahrscheinlichkeit* / min.	Anteil an der Gesamtjahreszeit (525600 min.)	Art des Schattens	Richtungen der Anlagen vom Betrachtungsstandpunkt aus (schwarz: Beschattung mit Schlagschatten möglich; grau: Beschattung möglich, aber nur Halbschatten; weiß: keine Beschattung möglich)
200 m	47,8	88	2678	536	0,102 %	überwiegend Schlagschatten	
300 m	32,7	62	1291	259	0,049 %	teils Schlagschatten teils Halbschatten	
500 m	20,5	40	522	104	0,020 %	überwiegend Halbschatten	

Tab. 1: Berechnung des Schattenwurfs einer Anlage (50 m Nabenhöhe, 40 m Rotordurchmesser) aufgestellt in verschiedenen Entfernungen von einem Betrachtungsstandpunkt auf dem 54° nördlicher Breite. Die Zeiten gelten für das mögliche Auftreten von bewegten Schatten. *Die Beschattungswahrscheinlichkeit wurde mit 20 % angenommen abhängig von Windrichtung, Windstärke und Bewölkung (3). Die letzte Spalte zeigt aus Sicht des Betrachtungsstandpunktes, in welcher Richtung die Anlage bewegten Schattenwurf verursacht. Für die Ermittlung der Himmelsrichtungen wurde das Sonnenstandsdiagramm aus (3) verwendet.

Tab. 1: Calculation of the shadows caused by a turbine (50 m hub height, 40 m rotor diameter) in different distances from the point of view situated on 54th° of northern latitude. The times are only valid for moving shadows. The shadows' probability is set to 20 % due to wind direction, strength of wind and clouds (3). The last column shows the direction of the turbine causing moving shadows. For the determination of the directions the diagram of sun positions of (3) was used.

Es bleibt festzuhalten, daß der mögliche Schattenwurf von einer Anlage nur in einem eng begrenzten Zeitraum pro Jahr auftreten kann. Die hier errechneten Zeiten reduzieren sich noch bei der Verwendung kleinerer Anlagen, da hier die größten momentan auf dem Markt verfügbaren Anlagen

berücksichtigt wurden. Bei einem Abstand von ca. 200 m zur Anlage ist sicher mit einer gewissen Lästigkeit zu rechnen, zumal es sich dabei überwiegend um Schlagschatten handelt. Entfernungen von unter 200 m zu einer Anlage sollten daher nicht vorkommen, wenn der Schatten das Anwesen eines Nachbarn erreichen kann. Die geringe Zeitdauer des Auftretens pro Jahr macht die Entscheidung zwischen 200 und 300 m zu einer Abwägungsfrage, wobei es sich empfiehlt, als Entscheidungsgrundlage in Zweifelsfällen die genauen Schattenwurfzonen und -zeiten detailliert berechnen zu lassen. Bei Abständen von 300 m und mehr ist der Zeitraum, in dem der Schattenwurf auftreten kann, sehr gering, und die Anteile mit Halbschatten nehmen stark zu, so daß hier von keiner Einschränkung gesprochen werden kann.

Behr (3) hat sich in seinem Artikel auch mit der Reflexion des Sonnenlichts an den Rotorblättern beschäftigt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß mit einer Gesamtwahrscheinlichkeit von ca. 10 % Lichtreflexionen auf einem Grundstück auftreten können. Dieses Ergebnis gilt wiederum für seine o.g. Annahmen des Abstands zwischen Wohngebäude und Windkraftanlage. Auch dieses Resultat wird durch die heutzutage realistischen Abstände von ca. 300-500 m zwischen Anlage und Gebäude relativiert. Nichtsdestotrotz erwächst aus dieser Problematik der Lichtreflexionen auch die Forderung an die Hersteller, bei der Farbgebung ihrer Anlagen darauf zu achten, daß matte Farben zu verwenden sind, die möglichst keine Reflexionen auslösen, so daß auch diese Problematik von untergeordneter Bedeutung ist.

3.3 Naturschutz

Die Genehmigung zur Errichtung von Windkraftanlagen ist wie oben beschrieben auch von der Einhaltung des Naturschutzgesetzes (bzw. in einigen Bundesländern des Landschaftspflegegesetzes) abhängig. Die Auflagen, die das Naturschutzgesetz macht, sind bereits sehr einschränkend. So sind Naturschutzgebiete, Nationalparks, Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, besonders geschützte Biotope und Wallhecken gegen jegliche Bebauung geschützt und damit auch gegen den Bau von Windkraftanlagen. Darüberhinaus wird in der Regel noch ein Abstand von 200 m zu diesen geschützten Bereichen freigehalten. Neben diesen geschützten Bereichen wird häufig mit Hilfe des Naturschutzgesetzes auch in weiteren Bereichen der Bau von Windkraftanlagen wenn nicht verhindert so doch stark eingeschränkt. Es sind im wesentlichen zwei Aspekte des Naturschutzes, die gegen die Windenergie eingebracht werden, zum einen die Beeinflussung der Tierwelt und zum anderen die des Landschaftsbildes.

3.3.1 Windkraftanlagen in der Tierwelt

Windkraftanlagen werden vom Menschen, wie auch alle anderen Bauwerke, in eine Umwelt gebaut, die auch für eine ganze Reihe von Tieren als Lebensraum dient. Daher ergibt sich zwangsläufig die Frage nach der Beeinträchtigung der Lebensräume der betroffenen Tiere.

Da Windkraftanlagen immer dorthin gebaut werden, wo der zu erwartende Energieertrag für die nähere Umgebung am höchsten ist und wo die bestehenden Gesetze (u.a. Baugesetz, Immissionsschutzgesetz und Naturschutzgesetz) eingehalten werden müssen, ist eine Beeinträchtigung von am Boden lebenden Tieren relativ gering, zumal deren normale Schutzgebiete wie Hecken, Bäume und Wälder nicht berührt werden.

Anders verhält es sich mit Vögeln, deren Revier die Luft ist. Bei ihnen könnte es zu Beeinträchtigungen ihres Lebensraums kommen. Zu dieser Problematik wurden bereits eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, vor allen Dingen im benachbarten Ausland, in Dänemark und den Niederlanden (z.B. (4) und (5)). In Deutschland hat sich die Norddeutsche Naturschutzakademie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie dieser Fragestellung angenommen.

In der Studie (6) wurden über den Zeitraum eines Jahres (1989/1990) 10 Standorte mit insgesamt 80 Windkraftanlagen untersucht. Die Statistik für 7 Standorte mit 69 Anlagen ergab, daß wahrscheinlich 32 Vögel mit der Windkraftanlage kollidierten und zu Tode kamen; für die drei anderen Standorte wurden keine Statistiken erstellt. Zum Vergleich sei erwähnt, daß im Zeitraum von Januar bis August 1989 am Funkturm Puan Klent auf Sylt 287 Vogelopfer gezählt wurden. Die Studie kommt konsequenterweise zu dem Schluß: "Aufgrund eigener Untersuchungen und solcher im benachbarten Ausland, läßt sich feststellen, daß sowohl in Niedersachsen als auch in Schleswig-Holstein z.Z. weder

durch Einzelanlagen noch durch Windparks ein ernsthaftes und bedeutendes Vogelschlagrisiko besteht". Aufgrund der vielfältigen Untersuchungen vor allen Dingen im benachbarten Ausland ist dieser Schluß sicher auch für die Zukunft gerechtfertigt.

Als weiteres Argument wird angeführt, daß durch Windkraftanlagen eine Beeinträchtigung des Lebensraums der Vögel entsteht. Aber auch hierzu zeigt o.g. Studie (6) deutlich, daß die Vögel durchaus weniger Probleme mit den Anlagen haben, als es in der Diskussion um die Windenergie häufig dargestellt wird. Brutvögel lassen sich durch die Windkraftanlagen offensichtlich nur geringfügig oder gar nicht beeindrucken. Zugvögel weichen den Anlagen nach den Erkenntnissen dieser und anderer Studien aus. Die Abstände zu den Windkraftanlagen wurden zwischen 50 und 100 m angegeben. Bei den Anlagengrößen von 20-30 m Rotordurchmesser könnte somit ein Windpark mit einem Abstand zwischen den Anlagen von 120-200 m unter Umständen eine "Riegelwirkung" auf Vögel haben. Die jetzt für Windparks kommende Anlagengeneration hat Rotordurchmesser von ca. 40 m, was aus Energieertragsgründen zu Abständen von 250-320 m zwischen den Anlagen führt. Damit verlieren Windparks weitgehend ihre "Riegelwirkung", da die Vögel zwischen den Anlagen hindurch fliegen können. Von einer Beeinträchtigung der Vogelwelt kann daher eigentlich auch nicht mehr gesprochen werden.

Das Thema Insekten wird nur kurz gestreift, da wahrscheinlich schon die Anfahrt zum Zählen der Insekten an den Windkraftanlagen zu mehr Insektenopfern führt, als an den Rotorblättern selbst zu finden sind. Zudem wird die kommende Windkraftanlagengeneration Nabenhöhen von 40-50 m haben bei einem Rotordurchmesser von 40 m. Die untere Arbeitsgrenze der Anlagen liegt somit bei 20-30 m. Die meisten Insekten halten sich aber in einer Höhe von 0-30 m auf (6). Damit ist auch der Insektenschlag an Windkraftanlagen nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Tiere haben sich in unserer Welt mit vielen von Menschen geschaffenen und nicht tiergerechten Objekten auseinanderzusetzen. Wie die zahlreichen Untersuchungen in verschiedenen Ländern gezeigt haben, können die Tiere offensichtlich weitaus besser mit den Windkraftanlagen umgehen, als dies in vielen Diskussionen ausgedrückt wird, oder aber das angebliche durch die Windenergie entstandene "Gefahrenpotential" für die Tierwelt ist weitaus geringer, als vielfach dargestellt. Unter Berücksichtigung der bestehenden Gesetze und der Vorgabe, Windkraftanlagen nicht direkt in bekannte Vogelfluglinien oder in nachweislich außerhalb von geschützten Gebieten liegende sehr empfindliche Brutgebiete zu stellen, sind die Risiken, die durch die Windenergie für die Tierwelt entstehen, vergleichsweise gering. Die Abstände zu den Hauptdeichen können sicher deutlich unter den geforderten 500 m liegen, zumal sich die Zugvögel wie schon seit Jahrhunderten an der Küstenlinie und nicht an den Deichen orientieren (6).

3.3.2 Landschaftsbild

Da, wie aufgezeigt, unter Einhaltung der verschiedenen gesetzlichen Grundlagen wenig oder nichts gegen die Genehmigung des Baus von Windkraftanlagen spricht, wird in vielen Fällen die Einwirkung des Bauobjekts auf das Landschaftsbild in die Diskussion aufgenommen. Diese Frage ist vor allen Dingen auch deshalb in den Vordergrund getreten, weil das Naturschutzgesetz vorschreibt, daß "Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft" zu sichern sind.

Hierbei handelt es sich um subjektive Betrachtungen und Einschätzungen. Von Befürwortern der Windenergie werden Windkraftanlagen als Bereicherung der Landschaft empfunden, für Widersacher stören sie das Landschaftsbild. Diese generellen Gegensätze werden auch nicht gelöst durch verschiedene "Objektivierungsversuche" bei der Beurteilung von Landschaftsbildern (z.B. (7), (8)). Es ist und bleibt eine subjektive Beurteilung, deren Lösung auch hier nicht geboten werden kann. Dennoch bedarf die Diskussion um die Beeinflussung des Landschaftsbilds einiger Anmerkungen.

Das Landschaftsbild wird durch eine Windkraftanlage natürlich mitgeprägt. Dies liegt schon in der Natur der Sache, da für eine effiziente Nutzung der Windenergie die Anlagen dort aufzustellen sind, wo sie bestmöglich vom Wind angeströmt werden. Dies bedeutet letztlich auf einer zumindest in der Hauptwindrichtung freien Fläche. Ein "Verstecken" der Anlagen ist demnach nicht möglich und kann auch nicht das Ziel sein.

Das flache norddeutsche Küstenland bietet bekanntermaßen die besten Voraussetzungen für die Nutzung der Windenergie, aber durch das große Interesse für den Bau neuer Anlagen ist hier damit auch das größte Konfliktpotential entstanden. Es wäre aber sicher falsch anzunehmen, daß dieser Landstrich unberührt ist oder war. Ohne den Eingriff des Menschen würde die norddeutsche Landschaft sehr viel anders aussehen (Küstenlinie, Bewuchs, Landwirtschaft), als wir es heute vorfinden. Hinzu kommen die vielen Bauwerke der verschiedensten Art, die der Mensch in diese Landschaft gesetzt hat und noch setzen wird. Auch große gleichförmige Felder sind zweifelhafte Landschaftselemente. Daher ist es sicher problematisch, wenn die Beurteilung des Landschaftsbildes von einer unberührten Natur ausgeht.

Aus technischer Sicht gibt es einige Aspekte, die bei der Beurteilung von Windkraftanlagen im Landschaftsbild berücksichtigt werden sollten:

- 1) Mit der weiteren Verbreitung von Windturbinen ergibt sich für die Hersteller unter dem Gesichtspunkt des Landschaftsbildes auch zwangsläufig die Frage nach dem Aussehen ihrer Anlagen. Es wird in absehbarer Zukunft sicher notwendig sein, unter Einbeziehung von professionellen Designern in den Entwicklungsprozeß, den Anlagen ein Aussehen zu geben, welches von Betreibern, Anwohnern und Besuchern der Landschaften noch freundlicher aufgenommen wird als die heutigen Maschinen. Deren Gestaltung basiert nur auf technischen Überlegungen, da diese Aspekte bisher in der Entwicklung der Windenergie verständlicherweise im Vordergrund standen. Nun da die Leistungsfähigkeit der Windenergie nachgewiesen ist, sollte neben die technische Weiterentwicklung auch die Ästhetik treten.
- 2) Die Vorstellungen über Windkraftanlagen in der Landschaft weichen häufig von dem ab, wie eine solche Anlage letztlich tatsächlich wirkt. Am Fuß eines 40-50 m hohen Turms stehend, wirkt er hoch und alles überragend. In einer Entfernung von ca. 500 m ist er nur noch ein vergleichsweise

Abb. 4: Windpark mit verschieden großen Anlagen. Welches ist die größte Anlage? (Auflösung s. unten¹)

Fig. 4: Wind farm with differently sized units. Which unit is the largest (for solution see below²)

kleines Objekt in der Landschaft, was den Vergleich mit beliebigen anderen Objekten erlaubt. Sollen Unbeteiligte bei mehreren versetzt in der Landschaft stehenden Anlagen schätzen, welches die größte oder kleinste Anlage ist, führt das immer wieder zu erstaunlichen Ergebnissen, die von der Wirklichkeit in den meisten Fällen abweichen (Abb. 4). Bei dem Trend zu größeren

¹Die größte Anlage steht rechts außen. Der Rotordurchmesser ist mit 60 m 2,4 mal größer als bei der Anlage im Vordergrund

²The largest unit is on the right. The rotor diameter has with 60 m 2.4 times the size of the unit in front.

Anlagen ist daher nicht zu befürchten, daß sie dominanter wirken als kleinere Anlagen. Damit ist es auch aus diesem Blickwinkel sinnvoll, die jeweils größten auf dem Markt verfügbaren Anlagen aufzustellen.

- 3) Die ökologischen Vorteile, die die Erzeugung elektrischer Energie aus der Windenergie mit sich bringt, sollten bei der Einschätzung berücksichtigt werden: die Nutzung der Windenergie schont die Ressourcen, und der Schadstoffausstoß wird mit jeder aus Windenergie erzeugten kWh elektrischer Arbeit reduziert (Tab. 2).

Zu Tab. 2 ist zu erwähnen, daß das Land Niedersachsen plant, bis zum Jahr 2000 1000 MW an Windenergie zu installieren. Dies bedeutet pro Jahr etwa die Erzeugung von 2.000.000.000 kWh. Ähnliche Pläne existieren auch für das Land Schleswig-Holstein, welches im Jahr 2005 1200 MW Windenergie installiert haben will. Die jährlich einzusparenden Schadstoffemissionen sind in Tab. 2 abzulesen.

Schadstoff	Ausstoß pro kWh* / t	Reduktion der Schadstoffemission bei der Installation von 1000 MW (Pläne des Lands Niedersachsen) / t	Reduktion der Schadstoffemission bei der Installation von 1200 MW (Pläne des Lands Schleswig-Holstein) / t
Schwefeldioxid	0,000008	16.000	19.200
Stickoxide	0,000006	12.000	14.400
Kohlendioxid	0,001250	2.500.000	3.000.000
Staub und Asche	0,0000009	1.800	21.600
Partikel	0,00007	140.000	168.000

Tab. 2: *Schadstoffemissionen bei Energieerzeugung aus der Verbrennung fossiler Energieträger*
**Die Werte nach Wind Power monthly (12/92) geben die oberen Grenzwerte des Schadstoffausstosses an.*

Tab. 2: *Pollution by coalfired plants. *The values taken from Wind Power monthly (12/92) give the upper limits of the air pollution.*

- 4) Aufgrund der Pläne der beiden Landesregierungen zum Ausbau der Windenergie werden vielfach Zahlen berechnet, wieviel Windkraftanlagen notwendig seien, um diese Ziele zu erfüllen. Dabei werden Anlagengrößen von 100 oder 125 kW Nennleistung betrachtet. Tatsache ist jedoch, daß die installierte Leistung pro Anlage für 1992 in beiden Bundesländern bereits bei ca. 250 kW/Anlage lag. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß die jetzt kommende Anlagengröße, die in den nächsten Jahren für die Erreichung der Ziele verwendet wird, eine Nennleistung von 500 kW hat und daß in 3-4 Jahren diese Anlagengröße von der nachfolgenden Generation der 1 MW Anlage abgelöst wird. Damit wird bereits dieses Jahr die mittlere Größe der installierten Anlagen Werte von ca. 400 kW/Anlage erreichen, und in wenigen Jahren wird sich der Wert sehr stark in Richtung 1 MW bewegen. Allein mit den 500 kW Anlagen werden nur ca. 2000 bzw. 2400 Anlagen notwendig sein, um die Ziele der beiden Landesregierungen zu realisieren. Rein von der Anlagenzahl her betrachtet, stehen heute schon rund 1/4 dieser Menge, ohne daß sie auffallen. Die Zahl wird weiter reduziert werden beim Einsatz von 1 MW Anlagen.
- 5) Der notwendige Landbedarf orientiert sich an der optimalen Wirtschaftlichkeit bei der Aufstellung von Windkraftanlagen in einem Windpark. Eine 500 kW Anlage benötigt hier eine Fläche von ca. 5,1 ha, was bei 2000 Anlagen zu einem Gesamtbedarf von 10200 ha führt. Auf die Gesamtfläche von Niedersachsen bezogen ist dies ein Flächenanteil von 0,22 %, bezogen auf die Fläche der Küstenkreise und -städte liegt der Flächenanteil bei 1,18 %. Die Verwendung einer 1 MW Anlage erfordert einen Flächenbedarf von 8,3 ha, was bei 1000 Anlagen 8300 ha ausmacht. Der Flächenanteil für ganz Niedersachsen beträgt 0,18 % und für die Küstenkreise 0,96 %. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die Fläche zwischen den Anlagen in beliebiger Form weiter genutzt werden kann, entweder landwirtschaftlich oder aber als Entwicklungsgebiet für verschiedenartige Biotope. Der eigentliche Anteil an versiegelter Fläche durch die Anlagenfundamente ist bei ca. 40 m² pro Fundament, verglichen mit der jeder anderen Oberflächenversiegelung, gering.

- 6) Bei der Aufstellung von Windkraftanlagen stellt sich die Frage, ob sie als Einzelanlage oder in einem Windpark genutzt werden soll. Generell gibt es hier keine abschließende Antwort. Für beide Aufstellungsformen sprechen einige Argumente. Bei der Einzelanlage können Grundstücksfragen, vorhandene Infrastrukturen, Netzanbindung und vorwiegende Eigenversorgung vorteilhaft genutzt werden. Für die Errichtung von Windparks spricht die konzentrierte Aufstellung von Anlagen, damit geringere Zersiedelung der Landschaft und Bewahrung von Freiräumen ohne Windkraftanlagen, Verringerung der anteiligen Infrastrukturkosten und eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bei der überwiegenden Einspeisung der Energie in das Netz. Potentielle Betreiber sollten auf jeden Fall prüfen, ob der Anschluß oder die Beteiligung an einem Windpark nicht wirtschaftlich wesentlich effizienter ist als der Betrieb einer Einzelanlage.
- 7) Bei der Frage nach der Anzahl der Rotorblätter, die die Anlage haben soll, wird z.Z., vor allem von der Genehmigungsseite, auf die fast ausschließliche Verwendung von drei Rotorblättern gedrungen. Die Begründung hierfür lautet, daß Anlagen mit nur zwei oder einem Rotorblatt ein "unruhigeres Bild in der Landschaft " ergeben würden. Mit der Entwicklung der 1 MW oder größerer Anlagen werden aus technischen Gründen jedoch auch verstärkt Zweiblattrotoren entwickelt und gebaut werden. Diese Anlagen werden kein "unruhigeres Landschaftsbild" liefern, als es auch gleichgroße Dreiblattrotoren vermitteln. Ursache für den vorliegenden Irrtum sind die bekannten kleineren Zwei- oder Einblattrotoren, die sich genau wie die kleinen Dreiblattrotoren sehr schnell drehen, und somit eine gewisse "Unruhe" verbreiten. Mit wachsendem Rotordurchmesser werden aufgrund der aus akustischen Gründen auf 60-70 m/s begrenzten Blattspitzengeschwindigkeit niedrigere Drehzahlen benutzt. Diese niedrigeren Drehzahlen ergeben ein "ruhigeres Landschaftsbild", egal ob mit Ein-, Zwei- oder Dreiblattrotor. Es ist daher mit Sicherheit davon auszugehen, daß wir in Zukunft zumindest sowohl Drei- als auch Zweiblattrotoren brauchen und sehen werden.

Von den Genehmigungsbehörden wird auf dem Weg zu einer Entscheidung, ob eine Windkraftanlage aufgestellt werden darf oder nicht, die Eingriffsregelung aus dem Naturschutzgesetz (z.B. § 12 Niedersächsisches Naturschutzgesetz) herangezogen und dem Betreiber eine bestimmte Auflage gemacht, entweder in Form einer Ausgleichsmaßnahme oder in Form einer Ausgleichsabgabe. Mit diesen Auflagen kann sicher ein gewisser Steuerungsmechanismus für das Bebauen oder Nichtbebauen bestimmter Gegenden erreicht werden. Häufig wird der Rückzug auf die Eingriffsregelung jedoch zum Verhinderer der Windenergie, nämlich genau dann, wenn durch die Auflagen die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt wird. In einem solchen Fall wird damit auch ein wesentlicher Beitrag zum Umweltschutz und damit letztendlich auch zum Naturschutz verhindert. Windenergie ist aktiver Umwelt- und damit auch Naturschutz.

4. Windenergie in der Öffentlichkeit

Bei der Betrachtung der Umweltverträglichkeit ergibt sich zwangsläufig auch die Frage nach der Akzeptanz der Windenergie in der Bevölkerung. Leider gibt es hierzu noch keine gesicherten statistischen Erkenntnisse.

Im wesentlichen haben einzelne Befragungen von Anwohnern und Urlaubern ergeben, daß wohl die überwiegende Mehrheit für den Ausbau der Windenergie ist. Dies trifft vor allen Dingen auf Urlauber zu, die mit der Windenergie konfrontiert werden. Sie sind in der Regel sehr positiv eingestellt und plädieren für einen weiteren Ausbau, da sie darauf setzen, daß ihnen so die Lebensqualität, sprich saubere Luft, in ihrem Urlaubsort erhalten bleibt.

Die Zustimmung der Urlauber erscheint doch etwas erstaunlich. Denn, nach Ansicht der Personen, die ein wirtschaftliches Interesse an den Urlaubern haben, müßte die Ablehnung bei dieser Gruppe am größten sein und soweit gehen, daß sie in den nächsten Jahren nicht zurückkommen. Aber nach den bisherigen Erkenntnissen ist genau das Gegenteil der Fall.

Die Zustimmung der meisten Personen zur Windenergie muß allerdings in einem differenzierten Licht gesehen werden. Sehr viele sind für den Bau weiterer Anlagen, aber dabei zeigt sich bei vielen der "NIMBY"-Effekt (Not in my backyard), der bei zahlreichen für unsere Welt unerläßlichen Dingen

anzutreffen ist (9). Dabei spielt natürlich auch eine Rolle, daß sich viele Menschen nicht vorstellen können, wie ein 40-50 m hoher Turm aus einer Entfernung von 500 m aussieht (s.oben). Die Gründe für eine Ablehnung der Windenergie sind vielfältig und sollten sehr ernst genommen werden. Dies trifft vor allen Dingen dann zu, wenn die oben beschriebenen Aspekte der Umweltverträglichkeit, Akustik und Schattenwurf bei dem Genehmigungsverfahren leichtfertig behandelt wurden und damit tatsächlich eine starke Beeinträchtigung der Lebensqualität von Anwohnern entsteht.

Wir haben bei eigenen Umfragen, die wir im Auftrag der Universität Amsterdam im Rahmen eines EG-Projekts durchgeführt haben, allerdings auch einige andere Gründe gehört, weshalb die Windenergienutzung abgelehnt wird. Im wesentlichen sind dies rein wirtschaftliche Gründe: das heißt, der Nachbar besitzt eine oder mehrere Windkraftanlagen und kann damit etwas Geld hinzuverdienen, was der Befragte nicht kann oder was ihm, aus welchen Gründen auch immer, nicht genehmigt wurde.

5. Bedeutung der Windenergie für die Natur

Die brennenden Probleme unserer Umwelt erfordern in vielen Bereichen dringende Beiträge zur Verringerung der Belastung von Umwelt und Natur. Die Energieerzeugung stellt dabei einen der ganz wesentlichen Bereiche dar. Zur Deckung des zukünftigen weltweiten Energiebedarfs müssen erhebliche Anstrengungen unternommen werden. Eine wesentliche Quelle, die uns zur Verfügung steht, ist das Energiesparen. Der verbleibende Energiebedarf muß so umweltschonend wie nur möglich abgedeckt werden. Daher kommt hierfür schon in der näheren Zukunft den regenerativen Energien eine erhebliche Bedeutung zu. Der einzige regenerative Energieträger, der momentan einen aufzeigbaren Anteil an der Energieversorgung trägt, ist die Wasserkraft, wobei das Potential für den weiteren Ausbau bei uns begrenzt ist (10). In diesem Zusammenhang kommt der Windenergie auch für Deutschland zur Zeit eine weitaus größere Rolle zu, zumal diese Energieform im Vergleich zur großen Zukunftsenergie der Photovoltaik an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit steht.

Dadurch, daß der Wind eine nicht immer zur Verfügung stehende Energiequelle ist, wird der Beitrag, den die Windenergie zur Energieversorgung liefern kann, von Kritikern immer wieder in Zweifel gezogen. Richtig ist, daß die Windenergie im wesentlichen eine Zusatzenergie ist. Aber es ist realistisch, daß mit der Windenergie mindestens 10 % des Energiebedarfs abgedeckt werden können und das nicht nur in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, wobei in Hinblick auf das Energiesparen die Frage der Bezugsgröße des Energiebedarfs offen ist (10).

Mit dem Bau von Windkraftanlagen wird nachweislich ein direkter positiver Einfluß auf die Umwelt genommen (s.oben). Damit ist die Nutzung der Windenergie im Sinne des Naturschutzgesetzes aus überwiegenden Gründen des Wohls der Allgemeinheit zu befürworten (z.B. § 53 Niedersächsisches Naturschutzgesetz). Dies sollte natürlich auch in die Entscheidungen über die Genehmigung von Windkraftanlagen mit einbezogen werden. Solche Bauwerke sind daher nicht zu vergleichen mit dem Bau anderer Kraftwerke, Industrieanlagen oder Hotels, denn die bringen Umwelt und Natur Nachteile bzw. keine oder nur mittelbare Vorteile.

Dagegen werden durch Windkraftanlagen, die nur effizient in offenem freien Gelände eingesetzt werden können, die Schadstoffemissionen verringert (Tab. 2) und Rohstoffe (Kohle, Erdöl oder Erdgas) eingespart. Die Verringerung der Abgabe von Schadstoffen ist ein Beitrag zur Verbesserung der Umweltsituation und damit des Naturhaushalts. Dies zu honorieren, ist auch eine Aufgabe, die durch das Naturschutzgesetz gefordert wird, nämlich die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts zu sichern (z.B. § 1 Niedersächsische Naturschutzgesetz).

Die heutigen und zukünftigen Umweltprobleme sind von globaler Ursache und Wirkung. Bei der Lösung dieser globalen Probleme sind sicher in vielen Bereichen lokale Einschränkungen in Kauf zu nehmen. Dies bedeutet, daß der komplette Schutz lokaler Bereiche heute dazu führt, daß wir global gesehen nichts an unserer Umweltsituation ändern, sondern sie noch weiter verschärfen. Wir müssen also bei allem Verständnis für die lokalen Interessen daran denken, den Umweltschutzgedanken global zu sehen, in allen Bereichen voran zu bringen und Maßnahmen zur Eindämmung des Schadstoffausstoßes oder der weiteren Erwärmung der Erdatmosphäre zu treffen. Ansonsten werden wir in 50 bis 100 Jahren keinen Naturschutz mehr benötigen, da es keine Natur mehr geben wird.

Die Umweltverträglichkeit der Windenergie wird durch die Anwendung der bestehenden Gesetze gewährleistet. Zusätzliche Einschränkungen sind mit Sicherheit nicht notwendig, denn neben den bestehenden Vorschriften werden z.B. auch Vorranggebiete für "Ruhige Erholung in Natur und Landschaft", "Rohstoffgewinnung" und "Natur und Landschaft" von Windparks freigehalten. Bei einer sinnvollen zielgerichteten Planung für den weiteren Ausbau der Windenergie auf der Basis der bestehenden Gesetze kann sicher allen Interessen im Bereich von Umwelt- und Naturschutz Rechnung getragen werden. Es wird Zeit, daß hier wieder alle Gruppen am gleichen Strang ziehen. Denn eines ist erstaunlicherweise zu beobachten. Die eigentlichen Widersacher der Windenergie und auch der anderen regenerativen Energien können sich z.Z. genüßlich zurücklehnen und verfolgen, wie sich Naturschützer und Windenergiebefürworter, die übrigens auch Naturschützer sind, über den weiteren notwendigen Ausbau streiten, ihn verzögern und letztlich einer Entlastung der Umweltbedingungen im Wege stehen.

Festzuhalten bleibt, die Verschmutzung der Umwelt geht auch an der Natur nicht vorbei. Schädigungen der Ozonschicht, globale Klimaerwärmungen mit dem Verschieben von Vegetationszonen und Meeresspiegelerhöhungen, saurer Regen, das Waldsterben etc. werden sich als erstes auf den Naturhaushalt auswirken und zu dramatischen Veränderungen auch im norddeutschen Küstenland führen. Die Lösung dieser Probleme kann nur durch viele Maßnahmen und Veränderungen unseres Bewußtseins und Verhaltens angegangen werden. Dabei ist die Windenergie einer der vielen Mosaiksteine für eine bessere Zukunft unserer Umwelt und Natur. Als Fazit läßt sich festhalten:

Die Nutzung der Windenergie ist aktiver Umwelt- und Naturschutz.

6. Literatur

- (1) Hohmeyer, O.: Soziale Kosten des Energieverbrauchs. Externe Effekte des Elektrizitätsverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland. - 2., rev. u. erw. Aufl. - Berlin u.a.: Springer, 1989. - XIII, 190 S.
 - (2) Klug, H.: Viel Wind um wenig Lärm. In: Sonnenenergie, 16(1991)4, S. 3-7.
 - (3) Behr, H.D.: Licht und Schatten. In: Wind-Kraft Journal, 12(1992)3, S. 7-10.
 - (4) Bleijenberg, A.N.: Windenergie en vogels. Oversight en beleidsoverwegingen. - Centrum voor energiebesparing en schone technologie (Hrsg.). - 1988.
 - (5) Winkelman, J.E.: Onderzoek naar de mogelijke invloed van wind turbines op vogels. In: Energiespectrum, (1988)11.
 - (6) Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen. - Böttger, Margret (Mitarb.) u.a.; Vauk, Gottfried (Projektltr.); Norddeutsche Naturschutzakademie (Schneverdingen) (Hrsg.). - Schneverdingen: NNA, 1990. - 124 S. (NNA-Berichte.3/ Sonderheft).
 - (7) Brux, H.: Windkraftanlagen und Landschaftsbild: Konfliktanalysen und Lösungswege - Beispiele aus der Praxis. In: DEWEK '92, Tagungsband. - Deutsches Windenergie-Institut (Wilhelmshaven) (Hrsg.). - Wilhelmshaven: DEWI, 1993.
 - (8) Hasse, J., Schwahn, C.: Windenergie und Ästhetik der Landschaft. Ästhetische Landschaftsverträglichkeit von Windenergieanlagen und Windenergieparks (Beispiel Wesermarsch). Teil I Aufgabenstellung und Ergebnisse. - Bunderhee und Göttingen, 63 S.
 - (9) Wolsink, M.: The siting problem: Wind power as a social dilemma. In: European Community Wind Energy Conference. Proceedings of an international conference held at Madrid, Spain 10-14 September 1990. - Palz, Wolfgang (Hrsg.); Europäische Kommission (Hrsg.). - Bedford: Stephens, 1990, S. 725-729.
 - (10) Kaltschmitt, M.: Potentiale erneuerbarer Energieträger im Kontext der Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland. Internationales Forum "Umweltverträglichkeit regenerativer Energieträger". TÜV-Rheinland 1992.
-

