

# WINDKRAFT IN DEUTSCHLAND – ENERGIE MIT ZUKUNFT?

OTMAR SEUFFERT, BENSHEIM

## SUMMARY

Climate change is the key topic of the year and is likely to remain so, as long as the recently Nobel Peace Prize-crowned IPCC is in a position to present unrefuted – in the sense of being accepted by a media- and thus publicity-presented majority of science, politics and the global community - and thus credible facts and models according to which the future of humankind appears to be highly threatened by the massive anthropogenic emission of climate-affecting trace gases, mainly so of CO<sub>2</sub> from the burning of fossil fuels. From it has grown the demand for a shift to renewable energies, as fast and as complete as possible in technologically advanced, and at least with serious efforts in threshold and developing countries, voiced in all national and supranational political and social institutions world-wide. All of them are trying to define this obviously necessary and gigantic energy turnaround, to organize and to canalize it. Germany is one of the main actors at all levels, international, national and intranational, as well as in all fields: in politics, science, technology, industry and know-how.

The national driving forces are wind, solar and, most recently, bio-energy. The effect, in the sense of productivity, of solar energy has been quite low so far, in spite of high efforts, also financially. Bio energy is on a steep rise, but is ecologically a high-risk enterprise, as the feeding of the world population and the production of bio fuels are competitively depends on the same acreage, and often even on the same agricultural products (e.g. small grains or maize). Bioenergy production thus would become unacceptable if it further increased the already unbearably high level of hunger in the world and the victims of it. Farmers and energy producers who in full knowledge of the world food shortage continue to replace food production by bio fuel production commit, in our opinion, a crime against humanity. It is the duty also of our government to monitor the global situation in this respect, to slow down by restrictive measures or possibly fully stop bio fuel production, for the simple reason that the German government, and others as well, not only financially support this “upgrading” of foodstuffs politically and financially, to the extent that bio fuel has by law to be mixed with the petroleum-based fuels.

The overriding role of alternative energies in our country, however, is wind power, with Germany being the world leader in all respects, be it the technology involved, the experience in operating the equipment, or the amount of electrical energy produced. The latter is obvious from the fact that wind-generated electricity accounts for 41.3% (30.5 GWh in 2006) of renewable-energy produced electricity, compared to a paltry 2.7% (2GWh in 2006) of solar electricity. The further development of wind energy production is not only reasonable, but also a high necessity, mainly so because wind energy at appropriate locations is not only the most productive one of all renewable energies in absolute terms, but also with respect to the economic and ecological constraints (investment, space required, environmental compatibility, CO<sub>2</sub> savings).

However, all these positive factors depend on the category and quality of production sites. This is because wind energy, to a much higher extent than solar or bio-energy, depends on specific conditions, and beyond the economic and ecological factors involved acceptance by the people is of major significance. The most important factor, though, is climate or, more specifically, the wind: its speed and continuity, air density, the permanence of wind directions, the scale and frequency of abrupt changes of direction as well as turbulences are the decisive elements. Each on its own, but even more their interaction in time and space determine how much electrical energy the wind can produce in the long run at a given site.

A distinction has to be made between onshore and offshore sites, the latter standing out with respect to all the individual elements mentioned, and even more so to their interaction. Thus wind-energy installations at sea have significant higher energy yields than those on land. Energy maxima lie in the distant offshore environment ( $\geq$  100 km from the coast, at water depths of 20 – 30 m), with equally the highest ecological compatibility, the highest CO<sub>2</sub> savings (lower energetic amortization times: only about 6 months), and also the least problems with popular acceptance. Higher investments are more than compensated for due to the large size of those wind parks and definitely higher efficiency (ca. 3,500 – 4,000 full load hours per year), and the more so since the companies owning the transmission lines have been obliged, by a law enacted Dec. 17, 2006 (Infrastrukturplanungsbeschleunigungsgesetz - Law to accelerate infrastructure planning), to take over the costs for linking the wind farms to the onshore electrical grid.

Wind energy sites on land pale in comparison. Even along the north-German coast average wind-turbine efficiency hardly reaches 2,000 full load hours (Lower Saxony and Mecklenburg-Western Pomerania ca. 1,700 each, Schleswig-Holstein ca. 2,120), which is only half of what can be expected from distant offshore sites. This is confirmed by the averages from 1992 to 2006 determined in a wind energy testing programme in Germany; the youngest figures for 2006 are even below the figures cited above (cf. Fig. 9). There is a further strong decrease towards the inland, to 1,500 h/y in Saxony, barely 1,300 h/y in Thuringia and Saxony-Anhalt, and hardly more than 1,200 h/y in Brandenburg, Rhineland-Palatinate and Hesse. Even lower is the figure for North-Rhine Westphalia, barely 1,100 h/a, and Bavaria and Baden-Wuerttemberg, at the end of the line, are as low as barely 900 h/y. Add to these miserable results compared to those from offshore, that everywhere on land they go hand in hand with much higher negative side effects. The less productive a wind-energy power plant on land is compared to an offshore one of the same capacity, the higher are its additional expenses, from the investment volume per kilowatt hour produced to the energetic time of amortization, as a third or even a fourth of the efficiency of an offshore turbine translates into a three- or fourfold increase of the energetic amortization time. In other words: in Hesse or Bavaria the same type of wind turbine will have to be in operation 1.5 to 2 years, compared to merely 6 months offshore, before just the CO<sub>2</sub> load accumulated during its production, operation and dismantling at the end of its lifetime will have been worked off. Only after that time one may speak of CO<sub>2</sub>-free energy production.

There is yet another problem: the acceptance of wind turbines on land is lower in regions which never had a tradition of wind mills, and even less the more a concentration of them affects the aspect of the landscape; it is not only their singsong noise, the reflections and shadows cast by the rotors, but mainly the growing dimensions of towers and rotors that disaffect people. The farther inland, the larger the dimensions have to be if they are to work efficiently, and thus future wind turbine monsters in southern Germany will have to be 160 to 180 m high, with rotor diameters of 120 to 125 m, which are already the norm for 5 MW turbines inland, with an upward tendency. In the distant offshore environment, in contrast, towers only need to be 75 to 100 m for the same efficiency. In addition, there is the fundamental economic question if any, or how many, additional wind turbines will be able to work profitably in the southern parts of the German republic. Aside from a rather small number of repowering projects there are hardly any more free top positions for setting up new turbines, and definitely not in Hesse. Even for "only" good locations in the more mountainous parts of southern Germany the question of profitability has to be asked, even with the most advanced technology, highest towers and largest rotors, as the massive price hikes for iron, steel and copper, as well as more costly credits have most recently sharply raised the level of economic efficiency. Defined as par between costs per kWh and the amount of EEG subsidies, for a 1.5 MW turbine it already lies at 1,500 full load hours, according to a recent estimate by the Federal Ministry for the Environment (BMU), and this at an assumed mixed interest rate of only 4%, well below the normal rates and disregarding their upwards tendency (cf. Fig. 10).

But these are by far not all the obstacles standing in the way of a further, or even intensified development of wind energy in the deep south of our country, in Hesse, Bavaria and Baden-Wuerttemberg. There are some highly probable climatic developments: since 1994 there has been a stepwise negative trend of the physical energy of the wind (W/m<sup>2</sup>) for all of Germany. The progressive weakening of the wind power of more than 30% on the coast and an average of 40% inland further emphasizes the disadvantage of the inland compared to coastal, and even more so offshore locations. This progressive decrease in wind energy for Germany, as one of the expressions of the present climate change, is due to the fact that although the frequency of westerly winds has increased, they have become less strong, and that they more frequently alternate with easterly winds, especially in the north of the country. The reason behind it might be a long-term decrease of the temperature- and thus also the pressure gradient between the tropics and the polar and sub polar regions, triggered and maintained by the currently observed strong warming of the Arctic, most visible in the retreat of the wintery sea-ice cover there. As it can be assumed that this will be a continuous process, the physical wind situation in Germany will similarly get worse, in the sense of winds getting weaker. Again the inland will be more affected than the distant offshore region. Thus the outlook for further inland construction of wind turbines is quite bleak.

In conclusion: **there is a future for wind energy, world-wide and also in Germany**, but preferably in places where there is a maximum of efficiency, a minimum of negative side effects (short energetic amortization time etc.), an optimum of acceptance by the public, as well as an optimum of ecological compatibility. For Germany there is no doubt that **the future of wind energy use lies in the offshore regions**, and even more so in the far offshore parts. Only there all site requirements are highly positive, and they are likely to remain so with respect to any short- or long-term changes of the environment, no matter whether they are purely natural (as the short-term increase in wind energy in the present year 2007), purely anthropogenic (e.g. in case of increasing demand of land for other economic purposes or due to economic or ecological re-evaluation of wind turbine sites), or due to the interplay of humans and nature, as in case of continued climate change towards warmer conditions with its negative effects on wind energy in the mid-latitudes.

In addition to the offshore realm there certainly will also be favourable conditions for wind-produced electricity in coastal areas for decades to come, in particular with respect to repowering, i.e. the replacement of older by

stronger and more efficient wind turbines. With some limitations this will also be the case for the more suitable parts of the near-coastal states of northern and eastern Germany, though with decreasing efficiency, in particular if the predictions of negative effects of continued climate change turn out to be true. Within and south of the German Uplands region, in Thuringia, Hesse, Rhineland-Palatinate and Saarland even now the economic outlook is far from good. When comparing the yield, at equal investments, between the coast and its hinterland, it can only be called bleak for Hesse, Bavaria and Baden-Wuerttemberg, with the exception of the rather small number of excellent wind-exposed sites, most of which have already been occupied by wind turbines. It is only there that repowering would make any sense, although even there the economic and ecological returns will be considerably less than on the coast, not to mention the considerable opposition by the public. As there will be a considerable increase of these and all the other negative factors mentioned, already in the next two decades to come, there is definitely no future for wind energy in those states, economically, ecologically, and with respect to its acceptance by the public.

**Keywords:** wind energy, energy discussion, CO<sub>2</sub>-savings, wind energy and climate change, Germany

## ZUSAMMENFASSUNG

Klimawandel ist das Topthema des Jahres und wird es auch bleiben, solange das jüngst mit dem Friedensnobelpreis gekrönte IPCC (International Panel ) unwiderlegte, d.h. von einer medien- und damit öffentlichkeitspräsenten Mehrheit aus Wissenschaft, Politik und Weltgesellschaft akzeptierte und von daher glaubwürdige Fakten und Modelle präsentieren kann, die die Zukunft der Menschheit durch den massiven anthropogen bedingten Ausstoß von klimawirksamen Spurengasen, insbesondere von CO<sub>2</sub> aus fossilen Brennstoffen, erheblich gefährdet erscheinen lassen. Ein schnellstmöglicher und zugleich möglichst weitgehender Umstieg auf Erneuerbare Energien (bei den hochtechnisierten Ländern) bzw. zumindest ein ernsthafter Einstieg in diese (bei den Schwellen- und Entwicklungsländer) ist die daraus erwachsene Forderung, die derzeit weltweit wiederholt in allen nationalen und supranationalen politischen und gesellschaftlichen Institutionen. Denn sie alle versuchen, diese offensichtlich notwendige gigantische Energiewende zu definieren, zu organisieren und zu kanalisieren. Deutschland ist dabei einer der Hauptakteure, auf allen Ebenen, international, national und intranational, und auf allen Feldern: politisch, wissenschaftlich-technisch, industriell und im „Know How“.

Nationale Zugpferde sind dabei die Windenergie, die Sonnenenergie und neuerdings die Bioenergie. Von diesen hat die Solarenergie jedenfalls bisher trotz hohem, auch finanziellem Aufwand nur wenig Effekt – sprich: Produktivitätsumfang – erreicht; die Bioenergie andererseits ist zwar derzeit auf einem Höhenflug, stellt allerdings insofern ein ökologisch hochriskantes Unternehmen dar, als die Ernährung der Weltbevölkerung und die Gewinnung von Biotreibstoffen um dieselben Anbauflächen und darin vielfach sogar um dieselben landwirtschaftlichen Produkte (Getreide, Mais etc.) konkurrieren. Dies ist u.E. spätestens dann nicht mehr vertretbar, wenn das jetzt schon unerträglich hohe Maß an Hunger auf der Erde eben durch diese Ausweitung der Biospritgewinnung auf der Basis von Ackerbauprodukten nachweislich den Hunger und seine Opfer mehren würde. Land- bzw. Energiewirte, die ihre Nutzflächen in Kenntnis einer solchen Ernährungsnotlage weiterhin und ganz bewusst zur Biospritgewinnung anstatt zur Nahrungsmittelproduktion nutzen, begingen dann nach unserer Auffassung ein Verbrechen an der Menschheit. Dies durch genaue Beobachtung der diesbezüglichen globalen Situation und ggf. durch restriktive Maßnahmen rechtzeitig zu bremsen oder ggf. gänzlich zu verhindern, ist schon deshalb Aufgabe des Staates, weil er diese „Veredelung“ von Nahrungsmitteln nicht nur forciert und finanziell fördert, sondern den Biosprit sogar per Gesetz zu Zwangsbestandteilen der herkömmlichen Treibstoffe gemacht hat.

Die Windenergie spielt demgegenüber bei uns eine überragende Rolle, denn da sind wir Weltmarktführer, in allen Belangen: in der Entwicklung der Technik, in der Erfahrung, als Betreiber von Anlagen und in dem, was hinten herauskommt: bei der Produktion von Windstrom. Der hohe Anteil von 41,3% (30,5 GWh in 2006) an der gesamten Stromerzeugung durch erneuerbare Energien gegenüber beispielsweise nur bescheidene 2,7% (2 GWh in 2006) der Solarenergie dokumentiert dies und lässt zugleich ihren weiteren verstärkten Ausbau nicht nur sinnvoll, sondern dringend notwendig erscheinen, erst recht, weil die Windenergie an dafür geeigneten Standorten unter allen erneuerbaren Energien sowohl absolut, als auch bezogen auf die ökonomischen und ökologischen Randbedingungen (Investitionen, Flächenbedarf, Umweltverträglichkeit, CO<sub>2</sub>-Einsparung) die höchste Produktivität erreicht, und dies in vergleichsweise sehr kurzen Zeiteinheiten.

Freilich, alle diese Gunstfaktoren steigen und fallen mit der Standortkategorie und mit der Standortgüte; denn die Windenergie ist in sehr viel höherem Maße als beispielsweise die Solar- oder Bioenergie an spezifische Voraussetzungen gebunden, und auch dabei spielen ökonomische und ökologische Faktoren und darüber hinaus die Frage der Akzeptanz durch die Bevölkerung eine wichtige Rolle. Der wichtigste Faktor dabei ist freilich das Klima in Gestalt des Windes: Geschwindigkeit und Kontinuität, Luftdichte, Richtungskonstanz, Ausmaß und Häufigkeit von abrupten Richtungsänderungen und Turbulenzen sind die dabei entscheidenden Teilelemente, die

sowohl jedes für sich, wie auch insbesondere in ihrem gegenseitigen Zusammenspiel in Raum und Zeit bestimmen, welche Leistung der Wind an einem Standort über längere Zeit erbringen kann.

Dies bedeutet standortbezogen zunächst eine Zweiteilung in Onshore und Offshore, wobei Offshore-Standorte deutlich voranstellen, und zwar in allen genannten Teilelementen und erst recht im gegenseitigen Zusammenspiel. Windenergie-Anlagen im Meer bringen von daher auf Dauer entschieden höhere Windenergieleistungen als solche an Land. Die Leistungsmaxima liegen dabei im fernen Offshore ( $\geq 100$  km vor der Küste, bei Wassertiefen von 20-30 m) bei zugleich ökologisch erheblich größerer Verträglichkeit, deutlich höheren CO<sub>2</sub>-Einsparungsraten (geringere energetische Amortisationszeiten: ca. 6 Monate) und weitestgehend fehlende Akzeptanzprobleme. Höhere Investitionskosten werden dabei durch größere Einheiten (Windparks) und die entschieden höheren Leistungen (ca. 3.500 – 4.000 Volllaststunden) weit überkompensiert, erst recht, seitdem mit dem Infrastrukturplanungsbeschleunigungsgesetz (17.12.2006) die Übertragungsnetzbetreiber die Kosten der Netzanbindung zum Anknüpfungspunkt an Land übernehmen müssen.

Demgegenüber fallen Windenergiestandorte an Land deutlich ab. Schon in den deutschen Küstenländern leisten Windräder im Durchschnitt mit noch nicht einmal 2.000 Volllaststunden (Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern je ca. 1.700, Schleswig-Holstein ca. 2.120,) nur die Hälfte dessen, was im fernen Offshore erwartet werden darf. Dies zeigen die Mittelwerte von 1992-2006, die im Rahmen des Breitentests „Windenergie“ in Deutschland gemessen wurden, und die jüngsten Zahlen darin, die von 2006, liegen sogar noch darunter (s. Abb. 9). Landeinwärts nehmen die Leistungen danach schrittweise noch einmal deutlich ab, zunächst auf rund 1.500 h/a (in Sachsen), dann weiter auf noch knapp 1.300 h/a (in Thüringen und Sachsen-Anhalt) und auf kaum mehr als 1.200 h/a (in Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Hessen). Noch weniger, nämlich nur knapp 1.100 h/a weist Nordrhein-Westfalen in dieser Statistik auf, in der Bayern und Baden-Württemberg mit Werten von nur noch knapp 900 h/a die Schlusslichter bilden. Und diese im Vergleich zu den Offshore-Werten am Ende geradezu erbärmlichen Leistungen sind überall im Binnenland auch noch mit wesentlich höheren „Nebenwirkungen“ verbunden, denn je weniger Leistung ein Windenergie-Kraftwerk an Land im Vergleich zu einem mit gleichem Leistungsvermögen auf See erbringt, desto höher sind zugleich dessen „Nebenkosten“, von den Investitionsvolumina je erzeugter Kilowattstunde bis hin zur energetischen Amortisationszeit. Denn ein Drittel oder gar nur ein Viertel der Leistung im Vergleich zum fernen Offshore bedeutet zugleich eine Verdrei- bis Vervielfachung der energetischen Amortisationszeit. Mit anderen Worten: In Hessen oder Bayern muss die gleiche Windenergie-Anlage 1 ½ oder gar 2 Jahre gegenüber nur 6 Monaten im Offshore arbeiten, ehe sie auch nur die CO<sub>2</sub>-Last abgearbeitet hat, die bei ihrer Produktion, ihrem Betrieb und ihrem Abbau anfallen. Erst dann kann man hier von einer CO<sub>2</sub>-freien Energieerzeugung sprechen.

Und noch eines kommt hinzu: die Akzeptanz von Windkraftwerken im Binnenland ist umso geringer, je traditionsfremder sie dort sind und vor allem, je massiver sie jeweils die Landschaft beeinträchtigen; und dabei spielen neben dem Singsang, den Reflexionen und Schattenwürfen der Rotoren vor allem die Dimensionen der Türme und Rotoren eine gewichtige Rolle. Und weil auch hier gilt, je weiter im Binnenland, desto höher müssen die Türme und desto größer die Rotoren sein, um überhaupt noch wirtschaftlich arbeiten zu können, desto gigantischer würden im Süden Deutschlands künftighin neue Windradungetüme aufragen: 160 – 180 Meter, mit Rotordurchmessern von 120-125 Metern. Denn dies sind die Normgrößen bei den heute üblichen 5 MW-Anlagen im Binnenland, mit weiter steigender Tendenz. Im fernen Offshore dagegen reichen selbst für Höchstleistungsgeräte Türme von 75-100 Meter Höhe völlig aus. Und dazu stellt sich hier noch eine grundsätzliche ökonomische Frage: die nämlich, ob, und ggf. wie viele Windenergie-Anlagen im Süden unseres Landes überhaupt noch wirtschaftlich arbeiten können; denn außer für relativ wenige Repoweringvorhaben gibt es dort kaum mehr Toplagen für neues Gerät, schon gar nicht in Hessen. Und an „nur“ guten Lagen im reliefstärkeren Gelände Süddeutschlands stellt sich heute selbst bei modernstem Gerät, den höchsten Türmen und den größten Rotoren schon die Frage der Wirtschaftlichkeit; denn die massiven Preissteigerungen bei Eisen, Stahl, Kupfer und bei den Krediten haben den Level der Wirtschaftlichkeit jüngst deutlich nach oben gehoben. Er liegt heute – definiert als Pari zwischen den Kosten pro kWh und der Höhe der EEG-Förderung – bei einer 1,5 MW-Anlage nach einem jüngsten Gutachten für das BMU schon bei wenigstens 1.500 Volllaststunden, und dies schon bei einem Mischzinssatz von nur 4% mit zusätzlich deutlichem Anstieg bei den üblicherweise derzeit wesentlich höheren Zinsen (s. Abb. 10).

Und dies sind noch lange nicht alle Hemmnisse, die dem weiteren, gar noch verstärkten Ausbau der Windenergie im tiefen Süden unseres Landes entgegenstehen, vor allem in Hessen, Bayern und Baden-Württemberg. Es kommen erhebliche, mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit klimatisch bedingte Entwicklungen hinzu; denn seit 1994 hat sich die physische Energie des Windes ( $W/m^2$ ) in ganz Deutschland schrittweise, und dabei insgesamt mit deutlich negativem Trend verändert, und zwar bei allen Standorttypen, abgestuft von der Küste zum Binnenland und innerhalb des Binnenlandes in Abhängigkeit von der Standortqualität. Das Ausmaß dieser progressiven Verschlechterung der Antriebsbasis Windenergie ist mit deutlich über 30% an der Küste und mehr als 40% im Landesinnern beachtlich (s. Abb. 8) und zeigt an ihrem deutlich höherem Grad im Binnenland wiederum dessen Benachteiligung gegenüber den Küsten- und erst recht Offshore-Arealen. Wir gehen davon aus, dass der Auslöser dieses progressiven Energieabbaus in einer vom aktuellen Klimawandel gesteuerten

allgemeinen Veränderung des Windregimes in Deutschland zu suchen ist, bei der die Winde aus westlichen Richtungen zwar an Häufigkeit zugenommen, an Stärke aber insgesamt abgenommen haben und zudem häufiger mit Ostwinden alternieren, vor allem im Norden. Ursache könnte eine längerfristige Verringerung des Temperatur- und damit Druckgefälles zwischen der Tropik- und der Polar-Subpolarregion sein, die von der aktuell auffallend starken Erwärmung der Arktis im zirkumpolaren Bereich ausgelöst und dadurch gesteuert wird. Der gerade in jüngster Zeit massive Rückgang der winterlichen Meereisbedeckung legt davon optisch berechtigt Zeugnis ab. Da bei dieser Sachlage davon auszugehen ist, dass dieser Vorgang mit dem Klimawandel weiter fortschreitet, dürfte sich die physische Windsituation in unserem Land allgemein weiter verschlechtern, wobei aber wiederum das ferne Binnenland am stärksten und das ferne Offshore am wenigsten betroffen sein werden. Insofern ist auch von daher der weitere Ausbau von Windenergie-Anlagen im Binnenland negativ belegt.

Als Fazit hieraus kann man festhalten: **die Windenergie hat Zukunft, weltweit und auch in Deutschland**, und zwar bevorzugt dort, wo ein Maximum an Leistung, ein Minimum an „Nebenwirkungen“ (geringe energetische Amortisationszeit etc.), ein Optimum an Akzeptanz durch die Bevölkerung und ein Optimum an ökologischer Verträglichkeit zusammentreffen. Dies aber ist in hohem Maße eine Standortfrage. **Für Deutschland gilt dabei ganz eindeutig: Die Zukunft der Windenergie liegt im Offshore**, und dort vorrangig im fernen Offshore; denn nur hier sind alle förderlichen Standorteigenschaften im hoch positiven Bereich und diese Vorrangstellung gegenüber dem Onshore-Bereich wird auch unter allen denkbaren, kurz- oder längerfristigen Veränderungen der Umweltbedingungen gewahrt bleiben, gleichgültig, ob solche Variationen nun primär naturbedingt (z.B. kurzfristige Veränderung der Antriebsleistung des Windes in klimatischen Ausnahmejahren, wie sie etwa im laufenden Jahr 2007 gegeben sind), anthropogen veranlasst (z.B. verstärkter Platzbedarf an Land für andere Bedürfnisse des wirtschaftenden Menschen, Wandel der ökonomischen und/oder ökologischen Bewertung von Landstandorten) oder durch das Zusammenspiel von Mensch und Natur bedingt sein werden (beispielsweise durch einen weiter fortschreitenden Klimawandel und dessen Rückwirkungen auf die Windsituation).

Neben dem Offshore-Bereich werden sicher auch im küstennahen Gebiet noch auf Jahrzehnte hinaus gute bis sehr gute Bedingungen für die Windstrom-Erzeugung bestehen, dort vor allem mit Blick auf das Repowering. Dies gilt mit Abstrichen auch noch für Teile der küstennahen Länder Nord- und Ostdeutschlands, dort allerdings vorwiegend für vom Relief und/oder von der Nutzung her begünstigte Standorte. Mit zunehmender zeitlicher Distanz von heute werden sich freilich die Bedingungen in allen diesen Regionen, von der Küste bis zum Rand der Mittelgebirgsschwelle, und auf allen Feldern, d.h. beim Leistungsvermögen ebenso wie bei der ökologischen Verträglichkeit und der Akzeptanz zunehmend verschlechtern, erst recht, wenn dazu noch Negativeinflüsse durch den Fortgang des Klimawandels hinzukommen. In und jenseits der deutschen Mittelgebirgsschwelle, in Thüringen, Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland sind schon heute die Aussichten mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit bescheiden, beim Vergleich der Erträge gleicher Anlagen und damit plus/minus gleicher Investitionen mit solchen an der Küste und deren Hinterländern vor allem in Hessen, Bayern und Baden-Württemberg geradezu jämmerlich, ausgenommen nur relativ wenige Top-Standorte auf Höhenrücken und Gebirgshöhen, die freilich jetzt schon weitestgehend besetzt sind. Nur hier erscheint zudem ein Repowering überhaupt sinnvoll, wobei man sich freilich darüber im Klaren sein muss, dass selbst dann wegen der im Vergleich zur Küste stark verlängerten energetischen Amortisationszeiten der ökologische Nettogewinn (die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen) erheblich geringer sein wird. Und dies alles ist heute schon verknüpft mit erheblichen Akzeptanzproblemen. Da diese und alle anderen Negativfaktoren in Zukunft noch erheblich wachsen werden, und zwar schon in den nächsten beiden Jahrzehnten, kann man der Gewinnung von Windenergie in diesen Ländern keinerlei Zukunft zubilligen, und dies im wirtschaftlichen, im ökologischen und im Sinne der Akzeptanz durch die Bevölkerung.

**Schlüsselbegriffe:** Windenergie, Energiediskussion, CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial, Windenergie und Klimawandel, Deutschland