

Ein weiter Weg...

An aerial photograph of a wind farm. The landscape is a patchwork of golden-brown and green fields. In the foreground, there is a large, dark-roofed barn and a smaller building with a red roof. Numerous white wind turbines are scattered across the fields, arranged in a grid-like pattern. The sky is filled with soft, white clouds.

... von der Windmühle
zur Windenergieanlage

Die Probleme bei der Verwendung nicht erneuerbarer Energien haben im vergangenen Jahrzehnt den Anstoß gegeben, regenerative Energien verstärkt zur Stromerzeugung einzusetzen. Als Energieversorgungsunternehmen im windreichsten Land der Bundesrepublik sah sich die SCHLESWAG schon früh dazu herausgefordert, technische Entwicklungen im Bereich der Windenergienutzung zu fördern.

So beteiligte sich das Unternehmen zusammen mit der HEW und dem RWE am Projekt „Große

„Ärgerlich
Aus der Mühle schaut der
Müller,
der so gerne mahlen will.
Stiller wird der Wind und stiller,
und die Mühle stehet still.

So geht's immer, wie ich finde,
rief der Müller voller Zorn.
Hat man Korn, so fehlt's am
Winde,
hat man Wind, so fehlt das
Korn.“

– Wilhelm Busch –

Windenergieanlage“ (GROWIAN).
Und am Bau des ersten deutschen
Windenergieparks im Kaiser-Wil-

helm-Koog sind mit der SCHLESWAG und der HEW wiederum die Elektrizitätsversorger maßgeblich beteiligt.

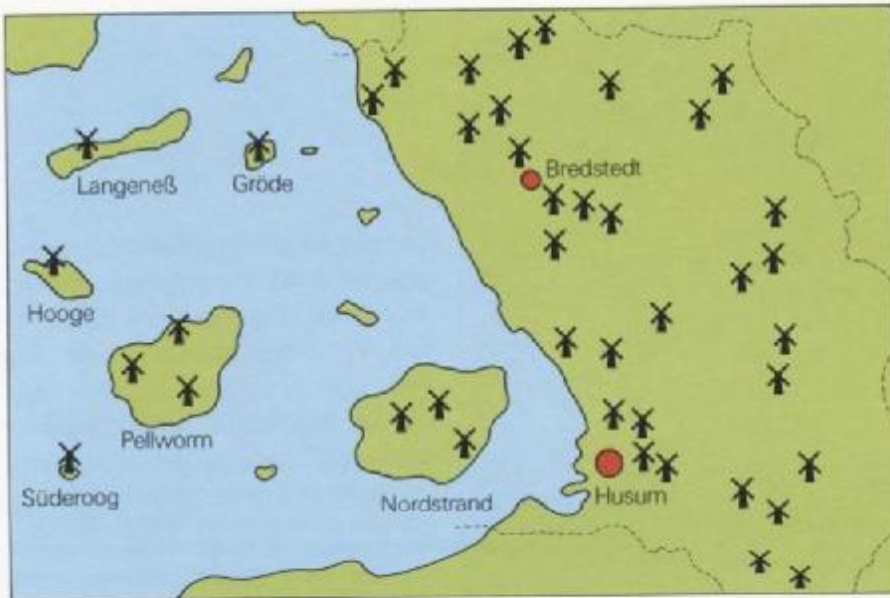
Während die Erwartungen in der Öffentlichkeit zwischen Euphorie und Skepsis schwankten, setzte die SCHLESWAG von Anfang an auf die praktische Erprobung von Windenergieanlagen. Dabei galt es, die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen des technisch Machbaren und wirtschaftlich Sinnvollen auszuloten. Die SCHLESWAG wird den Weg, Erfahrungen in der Praxis zu sammeln und auswertbare Erkenntnisse in technische Fortentwicklung umzusetzen, weiter verfolgen.

Das Bemühen, die Bewegungsenergie des Windes in mechanische und elektrische Energie umzuwandeln, ist keineswegs neueren Datums. Jahrtausende nutzte der Mensch dieses Angebot, um Korn zu mahlen und Wasser zu fördern. In Deutschland drehten sich im letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts ca. 30 000 Windmühlen. Eine alte Aufzeichnung zeigt zum Beispiel im Kreis Husum im Jahre 1900 ca. 40 Windmühlenstandorte: Erst genauere wissenschaftliche und technische Kenntnisse erlaubten es, zu Beginn dieses Jahrhunderts die Windenergie zur Elektrizitätserzeugung einzusetzen. So war bereits 1906 auch in Schleswig-Holstein, und zwar in Husum, eine erste Windkraftanlage zur Stromerzeugung in Betrieb.

Im Jahre 1949 gründeten Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Herstellerfirmen im Zeichen der Energieverknappung nach dem

Mühle „Anna“ in Todenbüttel

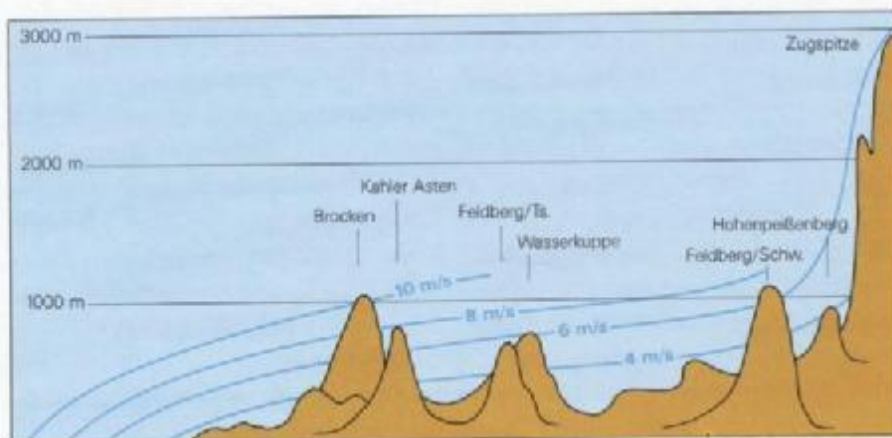




Zweiten Weltkrieg die „Studiengesellschaft Windkraft e.V.“, um die Einsatzmöglichkeiten windgetriebener Generatoren für die Stromlieferung in das öffentliche Netz eingehend zu untersuchen. Erste Erfahrungen sammelten SCHLESWAG und HEW in den Jahren 1952–54 an einer 9 kW-Versuchsanlage in Büsum/Dithmarschen. Entscheidend für eine effektive Energienutzung sind die meteorologischen und geographischen Verhältnisse. Wegen der geringen Luftreibung an den Wasseroberflächen der Meere erreichen die Seewinde im Küstengebiet hohe Windgeschwindigkeiten, nehmen aber landeinwärts aufgrund zunehmender Unebenheiten der Erd-

oberfläche, z. B. durch Bewuchs und Bebauung, stark ab. Große Windgeschwindigkeiten werden in höhere Lagen verdrängt. Für die Bundesrepublik Deutschland sind hier diejenigen Zonen dargestellt, die für den Betrieb von Windkraftanlagen günstig sind. Die dunkelblaue Zone mit einem Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von mehr als 5 m/s umfaßt nur einen kleinen Küstenstreifen an der Nord- und Ostsee sowie die Bergkuppen einiger Mittelgebirge. Die hellblaue Zone weist nur noch mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 4 bis 5 m/s auf. Ein Bildausschnitt von der nördlichsten Westküste Schleswig-Holsteins zeigt, wie stark bereits wenige Kilometer

landeinwärts die Windgeschwindigkeit abnimmt. Eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Windenergie erfordert jedoch eine über das Jahr gemittelte



Windgeschwindigkeit von mindestens 5 m/s. Daher haben die Winddaten am Aufstellungsort – Windgeschwindigkeiten, Häufigkeitsverteilung, tages- und jahreszeitlicher Verlauf – einen entscheidenden Einfluß auf den wirtschaftlichen Betrieb der Windenergieanlage. Hier ist insbesondere zu berücksichtigen, daß die erzeugbare elektrische Jahresenergiemenge von der dritten Potenz der mittlere

ren Windgeschwindigkeit abhängig ist: Sinkt also die mittlere Windgeschwindigkeit auf $\frac{1}{3}$, so reduziert sich die Energieausbeute auf $\frac{1}{27}$! Physikalisch bedingt trägt auch der theoretisch größtmögliche Umwandlungswirkungsgrad eines frei umströmten Windrades nur 59 %. In der Praxis werden heute mit aerodynamisch optimalen Profilen Werte von ca. 45 % erreicht. Bei der Elektrizitätserzeugung verursachen mechanische, elektrische und regelungstechnische Verluste eine weitere Reduktion des jährlichen mittleren Gesamtwirkungsgrades auf ca. 35 bis 25 %.

Viel gravierender ist es für ein EVU, das den elektrischen Strom jederzeit und ausreichend bereitstellen muß, daß die Erzeugung des „Windstromes“ vom zufälligen Windangebot abhängt.

Dies wirkt sich in zweierlei Hinsicht aus:

Erstens ist die installierte Leistung nicht gesichert verfügbar, denn die erzeugte Leistung schwankt je nach Windstärke zwischen 0 % und 100 % und kann daher konventionelle Kraftwerksleistung nicht oder nur minimal ersetzen.

Zweitens ist die Ausnutzung der installierten Leistung aus den gleichen Gründen vergleichsweise gering. Ein Maßstab hierfür sind die jährlichen Benutzungsstunden der installierten Leistung. Sie ergeben sich aus der gesamten tatsächlich erzeugten Jahresarbeit, dividiert durch die installierte Leistung. Für Windmühlen ergeben sich nur um die 2000 Benutzungsstunden bei einer Jahresstundenzahl von 8760. Als Folge der Ölpreiskrisen in 1973 und 1978 brachten steigende



Brennstoffpreise und der Ruf nach verstärkter Nutzung natürlicher Energiequellen die Windenergie wieder in die Diskussion. Weltweit befinden sich heute rd. 16 000 Windkraftanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 1500 MW in Betrieb. Mit 90 % steht der weitaus größte Teil von ihnen in Kalifornien, das sich wegen der durch Thermik bedingten günstigen Windverhältnisse als Standort für Windenergieanlagen besonders gut anbietet. Danach folgen Dänemark mit 7 %, andere europäische Länder mit 1 %, und 2 % verteilen sich auf den „Rest der Welt“.

Im Herbst 1983 wurde an der schleswig-holsteinischen Westküste im Kaiser-Wilhelm-Koog, der zu den windreichsten Gebieten der Bundesrepublik zählt, im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie ausgeschrieben Projektes die „Große Windenergieanlage“ – GROWIAN – mit einer Nennleistung von 3000 kW in Betrieb genommen. Auch die SCHLESWAG beteiligte sich gemeinsam mit anderen Stromversorgungsunternehmen an diesem Projekt. Das Forschungsvorhaben wurde – wie geplant – im Sommer 1987 abgeschlossen und hat

grundlegende Erkenntnisse und praktische Erfahrungen gebracht, die für die Weiterentwicklung großer Windenergieanlagen wichtig sind.

Der Kaiser-Wilhelm-Koog wird aber auch künftig Schauplatz bundesdeutscher Windenergieforschung sein. Hier entstand durch Zusammenarbeit von Land, Kreisen, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen der erste deutsche Windenergiepark – die „Windenergiepark Westküste GmbH“.

Ausschlaggebend für die Entscheidung des Bundesforschungsministers, dieses unter 20 Bewerbern ausgesuchte Projekt zu fördern, waren einerseits der mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5,7 m/s windgünstigste Standort und andererseits die durch das Forschungsvorhaben GROWIAN vorhandene Infrastruktur sowie die bereits bestehende Anbindung an das Stromverteilungsnetz der SCHLESWAG.

In zunächst zwei Baustufen entstanden auf einem Gelände von rund 20 Hektar – das sind etwa 14 Fußballfelder – 30 Anlagen zwischen 25 und 55 Kilowatt (kW) mit einer Gesamtleistung von 1000 kW. In einem dritten Bauabschnitt kamen im Herbst 1988 zwei Köster-Anlagen mit je 165 kW hinzu. Auf Basis der vorliegenden meteorologischen Meßdaten wird bei der installierten Gesamtleistung von 1330 kW eine jährliche elektrische Energielieferung von rund 2,7 Mio. kWh erwartet, die über zwei 630 kVA-Transformatoren in das 20 kV-Netz der SCHLESWAG eingespeist wird.

Berücksichtigt man bei Investitionskosten von 6,3 Mio. DM die

bereits für GROWIAN getätigten Infrastruktur-Investitionen von 0,7 Mio. DM, ergeben sich bei einer Benutzungsdauer von ca. 2000 Stunden sowie unter Berücksichtigung von Wartung, Instandhaltung und Kapitaldienst Stromerzeugungskosten, die unter denen der 1000 kW-Baustufe liegen. Eine Kostensenkung ergibt sich, weil sich einerseits die Erschließungskosten auf eine größere Gesamtleistung verteilen, andererseits die neuen 165 kW-Anlagen den Strom kostengünstiger als die kleineren Einheiten produzieren. So hat sich inzwischen herausgestellt, daß sich die niedrigsten Stromkosten bei Anlagen zwischen 100 kW und 400 kW einstellen.

Im August 1987 ging der Windenergiepark Westküste in Betrieb. Er lieferte im ersten Betriebsjahr eine elektrische Energie von knapp 1,7 Mio. kWh. Damit wurde das gesteckte Ziel von 2 Mio. kWh annähernd erreicht.

Das Ergebnis ist als durchaus zufriedenstellend zu bezeichnen, weil im ersten Betriebsjahr naturgemäß mehr Schwachstellen auftreten und sich negativ auswirken als in späteren Jahren. So zeigten sich unter anderem Fehler in der hydraulischen Blattwinkelverstellung, die den Rotor an unterschiedliche Windgeschwindigkeiten anpaßt. In anderen Fällen setzte das rauhe Nordseeklima der Generator-Isolation zu. Ausfälle waren die Folge. Da ein Generatortausch mit Kran in dem feuchten Gelände nur nach längeren Trockenperioden möglich war, ergaben sich angesichts der Witterungsverhältnisse zwangsläufig längere Ausfallzeiten. An anderen Anlagen führten



Mängel in der Steuerung und Probleme bei der Abstimmung von Komponenten zu nicht erwarteten Abschaltungen.

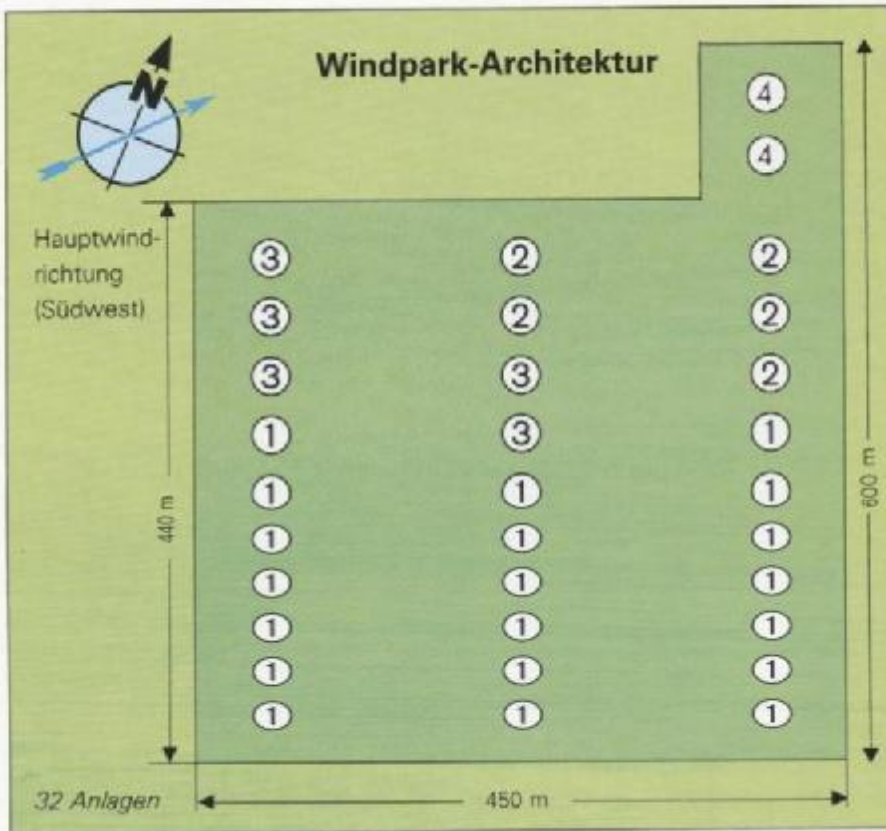
Mit großem Engagement bemühten sich Hersteller und Betreiber darum, die noch bestehenden Mängel zu beseitigen und das Ergebnis zu verbessern. Neue Isolationen wurden erprobt, Fehlfunktionen in der Steuerung der Anlagen unter die Lupe genommen und behoben.

Sorge bereitete den Technikern auch der Geräuschpegel eines Anlagentyps. So regte hier das Getriebe den Turm im Bereich seiner Resonanzfrequenz derart an, daß es zu erheblichen Geräuschbelästigungen kam. Der Hersteller ergriff inzwischen verschiedene Maßnahmen, die zur Lösung des Problems führten, allerdings auch längere Ausfallzeiten bei der Stromproduktion zur Folge hatten.

Im ersten Betriebsjahr stellte sich heraus, daß selbst die großzügig bemessenen Abstände von Anlage zu Anlage keine optimale Windenergienutzung erlauben. Spürbar negativen Einfluß auf die Energiebilanz übt z. B. auch ein Einzelgehöft aus, das 120 m von der nächsten Anlage entfernt liegt.

Die „Windenergiepark Westküste GmbH“ wird die während des Betriebes gesammelten technischen Erkenntnisse und wirtschaftlichen Erfahrungen jedem ernsthaften Interessenten zur Verfügung stellen. Als Betriebsführerin will die SCHLESWAG damit auch denjenigen Kunden mit Rat zur Seite stehen, die ihren eigenen Strombedarf künftig mit Windenergieanlagen decken wollen. Darüber hinaus ist sie bereit, als Vertragspartner privater Windstromerzeuger Überschußstrom in ihr Netz aufzunehmen und somit zur Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen beizutragen. Ein geographischer Überblick über die im Jahre 1987 im Versorgungsgebiet der SCHLESWAG vorhandenen 28 Windkraftanlagen bekräftigt, daß dieses partnerschaftliche Angebot inzwischen zahlreich angenommen wird. Bei aller Förderung der Windenergienutzung sollten jedoch auch die Grenzen dieses Angebotes im Auge behalten werden:

Im Jahre 1987 lieferten diese 28 Windkraftanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 6002 kW 1,3 Mio. kWh. Das entspricht nur 0,02 % der Gesamtstromabgabe der SCHLESWAG.



Typ „Aeroman“ (1)



Typ „Enercon“ (2)



Typ „elektrOmat“ (3)



Typ „Adler 25“ (4)

TECHNISCHE DATEN

Hersteller	MAN	Gesellschaft für Energieanlagen	Windkraft- Zentrale	Köster
Type	Typ 1 Aeroman 12,5/30	Typ 2 ENERCON – 15	Typ 3 elekromat – 25	Typ 4 Adler 25
Anlagenzahl	20	5	5	2
Rotor				
Anzahl der Blätter	2	3	3	3
Rotordurchmesser in Metern	12,5	15,3	10,4	25
Anordnung der Rotorblätter zum Mast	Luv	Luv	Luv	Lee
Nabenhöhe in Metern	16	22,5	14,5	22,7
Windrichtungs- nachführung	passiv (Seitenrad)	aktiv (E-Motor)	passiv (Seitenrad)	aktiv (hydraulisch)
Schnellaufzahl	9	5,5	5,2	6,2
Drehzahl in U/min	100	20-55	10-72	33 und 50
Anpassung an die unter- schiedlichen Wind- geschwindigkeiten durch	Blatt- verstellung	variable Drehzahl	variable Drehzahl	Blatt- verstellung
Getriebe				
Übersetzungsverhältnis	1:17,5	1:19,9	1:25	1:31
Generator				
Bauart	Asynchron	Synchron	Synchron	Asynchron
Nennleistung in Kilowatt (kW)	30	55	25	165
Nennspannung in Volt	380	380	380	380
Leistungsabgabe ins Netz	direkt	über Wechselrichter	über Wechselrichter	direkt
Nenngeschwindigkeit in m/s	11,9 (Windstärke 6)	12,5 (Windstärke 6)	11,0 (Windstärke 6)	13 (Windstärke 6)
Einschaltgeschwindigkeit in m/s	3,8 (Windstärke 3)	3,5 (Windstärke 3)	3,0 (Windstärke 2-3)	3,4 (Windstärke 3)
Abschaltgeschwindigkeit in m/s	keine Abschaltung	25 (Windstärke 10)	30 (Windstärke 11)	20 (Windstärke 8)
Mast	Stahlrohr achtkantig	Gittermast	Gittermast	Stahlrohr abgespannt
Flächenbedarf	Die Gesamtfläche des Windenergieparks beträgt ca. 21 ha			
Energielieferung	Die 32 Windenergieanlagen werden im Jahr insgesamt rd. 2,7 Mio. kWh elektrische Arbeit erzeugen.			

Die WINDENERGIEPARK WESTKÜSTE GmbH verwirklicht als Bau- und Betreibergesellschaft das vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) ausgeschriebene Vorhaben „Förderung eines Windparks im Rahmen des Energieforschungsprogramms“.

Die WINDENERGIEPARK WESTKÜSTE GmbH wurde im November 1986 gegründet. An ihr sind beteiligt: SCHLESWAG Aktiengesellschaft (50 %), Entwicklungsgesellschaft Brunsbüttel mbH (30 %), Hamburgische Electricitäts-Werke Aktiengesellschaft (20 %). Gesell-

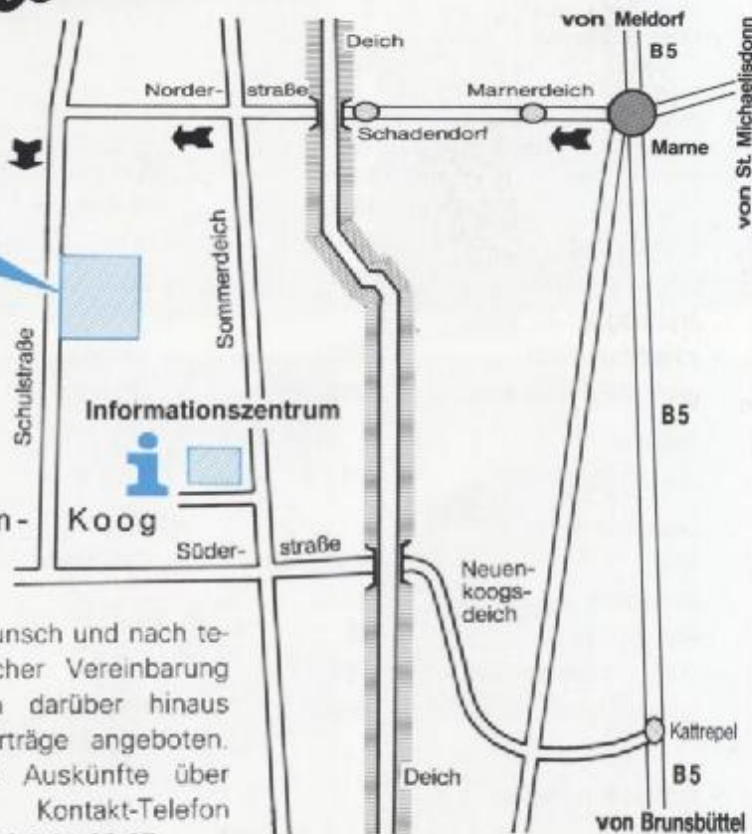
schafter der Entwicklungsgesellschaft Brunsbüttel mbH sind die Kreise Dithmarschen und Steinburg, das Land Schleswig-Holstein sowie die Stadt Brunsbüttel.

Herzlich willkommen



Windenergiepark Westküste

Kaiser-Wilhelm-



Um die Besucher des Windenergieparks umfassend über die Möglichkeiten und Grenzen additiver Energienutzung ins Bild setzen zu können, hat die Windenergiepark Westküste GmbH am Eingang zum ehemaligen GROWIAN-Gelände ein Informationszentrum eingerichtet. Hier erhalten Gäste anhand von Info-Tafeln, Windkraft-Modellen und Videofilmen eine Übersicht über den Einsatz additiver Energien – speziell der Windenergie – sowie einen Überblick über den Stand der Technik der im Windpark eingesetzten Anlagen.

Auf Wunsch und nach telefonischer Vereinbarung werden darüber hinaus Fachvorträge angeboten. Nähere Auskünfte über das Kontakt-Telefon (0 43 31) 2 01-22 07.

P. S. Im Informationsgebäude präsentiert die Gemeinde Kaiser-Wilhelm-Koog die nähere Umgebung des Windenergieparks als ideale

Ferienlandschaft für Ruhe suchende Bürger, die das Meer, das weite Land und den hohen Himmel zu schätzen wissen.

Herausgeber: **WINDENERGIEPARK WESTKÜSTE GmbH** Kieler Str. 19, 2370 Rendsburg