

# *Erlebniszentrum Energie-Welten*

Projektskizze

TIB/UB Hannover 89  
127 429 735



1

## Aufgabenstellung

Das Designbüro Marion Jahnke wurde am 1.8.2004 durch den Bürgermeister der Stadt Friedrichstadt Herrn Peter Hofmann mit der Erarbeitung eines fachlichen Konzeptes für das Erlebniszentrum »Energie-Welten« beauftragt. Im Rahmen dieser Projektskizze, die die ersten Basisbausteine zur Realisierung der Umweltbildungs-Einrichtung liefern soll, sind folgende Leistungen zu erbringen:

- » Sondierung der Inhalte
- » Gewichtung der Themen für das Ausstellungsvorhaben
- » Entwicklung der Projektstrategie
- » Konzeption der Erlebnis-Ausstellung
- » Ermittlung des Raumbedarfs
- » Ermittlung des Personalbedarfs
- » Abschätzung des Investitionsvolumens
- » Abschätzung laufender Betriebskosten
- » Prüfung der Standortkriterien und -potenziale
- » Erarbeitung eines Zeitplans
- » Sondierung potenzieller Förderer und Sponsoren
- » Prüfung der Rahmenbedingungen für einen Architektur-Wettbewerb

F06 B 347

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter Förderkennzeichen 0329955 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.



»Wie wäre  
unsere Welt  
ohne sie –  
die Energie?«

... häufig dunkel!

---

FOG 8347



... oftmals kalt!



... wieder mühsam!



***Verehrte Leserin \_ verehrter Leser \_***

Vorab einige Tipps zum Umgang mit diesem Werk. Für die Rastlosen unserer Zeit empfehlen wir den schnellen Zugang über die farbigen Einleger. Sie verschaffen Ihnen einen ersten Eindruck zum Projektvorhaben »Energie-Welten«.

Für einen tiefergehenden – noch zügigen – Einblick haben wir für Sie vor jedes Thema komprimierte Einleitungspassagen gestellt und bieten Ihnen zudem auf der »Marginalienspur« die wichtigsten, die Haupttexte flankierende Stichworte.

Die geneigte Leserin, den geneigten Leser laden wir mit der Lektüre des gesamten Textwerkes ein auf eine spannende Entdeckungsreise durch diese faszinierende Erlebniswelt der »Erneuerbaren Energien«.

TECHNISCHE  
INFORMATIONSBIBLIOTHEK  
UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
HANNOVER

## ***Erlebniszentrum Energie-Welten***

---

Projektskizze

# Inhalt

|  |                |
|--|----------------|
| <b>Vorwort</b>   | <b>05</b>      |
| <b>Einleitung</b>  | <b>06</b>      |
| Energie – das Zukunfts-Thema                                       | 06             |
| <b>Sondierung der Themenfelder</b>                                 | <b>09 – 38</b> |
| Elektrizität   | 09             |
| Die herkömmlichen Energiequellen                                   | 10             |
| Die Erneuerbaren Energien  | 18             |
| Klimawandel und Klimaschutz  | 36             |
| <b>Zur Konzeption der Ausstellung</b>                              | <b>39 – 48</b> |
| Zehn Projekt-Phasen – Von der Ausstellungsplanung zur Realisation  | 39             |
| Die Konzeption der Ausstellung »Energie-Welten«                    | 42             |
| Wechsel von Ruhe- und Aktionszonen                                 | 43             |
| Kommunikations-Design – Kriterien zur Gestaltung von Ausstellungen | 44             |
| Leitlinien der Ausstellungsdidaktik – Zur Methodik der Vermittlung | 45             |
| Zielgruppenspezifisches Planen                                     | 46             |
| Evaluation als strategische Planungsmethode                        | 47             |
| <b>Mit Phantasie auf Reisen gehen</b>                              | <b>49 – 67</b> |
| Rundgang durch die Ausstellung                                     | 49             |
| Lern-Spaß unter freiem Himmel – Rundgang durch das Außengelände    | 63             |
| Das Veranstaltungs- und Begleitprogramm                            | 68             |



## **Zur Architektur** **70**

- Anforderungsprofil an die Architektur des Zentrums Energie-Welten 70
- Ökologie am Bau 72
- Das Raumprogramm 74
- Kostenschätzung der Baumaßnahme nach DIN 276 75
- Landschaftsarchitektur – Freiraumplanung des Außengeländes 76
- Kostenschätzung zur Freiraumgestaltung 77

## **Standortpotenziale** **78**

- Neue Tourismus-Impulse für Schleswig-Holstein 78
- Touristen in Friedrichstadt – Tendenz steigend! 79
- Vielversprechende Standorte erlauben jegliche Mobilität 81
- Standort-Bedingungen im Kreis Nordfriesland 83
- Eine starke Region – Nordfriesland im Aufwind 84
- Husum – Hauptstadt der Windenergie 85
- Das »Kompetenzzentrum Windenergie« in Schleswig-Holstein 86
- Konkurrenz belebt das Geschäft, aber – Teamplayer leben länger! 87
- Besucherzahlen anderer Zentren 89
- Prognose zu Besucheraufkommen und Einnahmen aus Eintrittsgeldern 90

## **Diese Sache ist es wert!** **93**

- Personalplan 93
- Zeitplan 94
- Kostenplan zum Erlebniszentrum Energie-Welten 95
- Kalkulation der laufenden Betriebskosten pro Jahr 96



## Vorwort

Weltweit übernimmt Deutschland bei der Nutzung der Windenergie die Vorreiterrolle – Schleswig-Holstein wiederum liegt im Bundesvergleich an erster Stelle. An den Küsten von Nord- und Ostsee kündigt sich der Ausbau von Offshore-Windparks an, aber auch die anderen Erneuerbaren Energien sind für Schleswig-Holstein ein Zukunftsthema. Deshalb erscheint das »Land zwischen den Meeren« prädestiniert, mit dem Erlebniszentrum »Energie-Welten« diese zukunftsweisenden Inhalte umfassend zu präsentieren.

Vor dem Hintergrund der globalen Bedeutung von Energiefragen eignet sich dieses Projekt in besonderer Weise, im Spannungsfeld zwischen Naturverträglichkeit, wirtschaftlicher Tragfähigkeit, sozialer Gerechtigkeit und kultureller Identität einen bedeutsamen Entwicklungsbeitrag zu leisten.

Seit vielen Jahren betreue ich vor allem aus didaktischer Sicht Konzeption, Aufbau und Evaluation moderner Zentren der Umweltbildung: Otterzentrum Hankensbüttel, Seehundstation Friedrichskoog, Wattenmeerhaus Wilhelmshaven, Multimar Wattforum Tönning, Fledermausforum Bad Segeberg.

Das besucherorientierte Konzept der vorliegenden Projektskizze umreißt die Idee eines Umweltzentrums, das seine Inhalte publikumswirksam an einem authentischen Ort an der schleswig-holsteinischen Westküste darstellen wird. Die originäre Aufbereitung des breitgefächerten Themenkataloges begründet das Alleinstellungsmerkmal und schafft eine eigenständige Erlebniswelt.

Als wichtiger Beitrag zur »Bildung für nachhaltige Entwicklung« wird hier der Wissenstransfer über gesamtgesellschaftlich relevante Diskussionsfelder in die breite Öffentlichkeit hoch wirkungsvoll stattfinden.

Das geplante Erlebniszentrum »Energie-Welten« wird für die Westküsten-Region und das Land Schleswig-Holstein eine wegweisende Bereicherung und eine zusätzliche Attraktion sein.

**Prof. Dr. Willfried Janßen**

*Landesnatuschutzbeauftragter des  
Landes Schleswig-Holstein*



## Einleitung

### Energie – das Zukunfts-Thema

*Schon immer war der Mensch auf Energie in ihren unterschiedlichsten Formen angewiesen. Die Kraft der Sonne wurde – mittelbar – genutzt: Durch den Verzehr von Pflanzen und Tieren. Nachwachsende Energieträger wie Holz und Gras wurden verfeuert, später bediente man sich auch der Kraft des Windes und des Wassers.*

Lange Zeit stand der globale Energiebedarf des Menschen im direktem Zusammenhang mit dem Bevölkerungswachstum. Mit steigender Bevölkerungszahl wuchs zunächst die Menge des verbrauchten Materials, diese ›Energieverluste‹ glichen die regenerativen Ressourcen aus. Kahlschläge wie z. B. im Mittelmeerraum und die sich anschließende Verkarstung waren die ersten Signale für die fehlende Nachhaltigkeit im menschlichen Wirtschaften mit der Natur.

Der Welt-Energieverbrauch  
wächst schneller als  
die Weltbevölkerung

Der erste Schritt in eine Spirale, die über kurz oder lang zu einer defizitären Energiebilanz (Verbrauch höher als Zuwachs) führt, war die Einführung von Maschinen, die ihre Energie aus nachwachsenden und zunehmend fossilen Quellen bezogen. Den nächsten Sprung bildete die Erschließung der Erdölreserven in großem Stil – ab jetzt nutzte man einen Energieträger, dessen Menge endlich ist.

Die breite Verwendung der Energiequellen hat unser Leben einfacher gemacht. Aber in welchem Verhältnis stehen Naturressourcen, die menschliche Gesellschaft und ihre Errungenschaften mit dem damit verbundenen Energieverbrauch? Welche Energiebilanz zieht unsere Ökonomie, wenn man nicht nur Güter und Dienstleistungen der Wirtschaft rechnet, sondern auch die Güter und Dienstleistungen der Natur?

Die derzeitige Energieversorgung der Bundesrepublik basiert zu 86 % auf dem Einsatz fossiler Energieträger. Erdöl deckt dabei 40 % des Gesamtverbrauches, auf Braun- und Steinkohle entfallen 25 % und Erdgas schlägt mit 21% zu Buche.

Fossile Ressourcen sind  
nur noch zeitlich  
begrenzt verfügbar

Die Nutzung nicht-regenerativer Energieträger birgt jedoch zwei wesentliche Nachteile:

1. » Ihre Menge ist endlich! – Die Verfügbarkeit fossiler Energieträger und des Urans sind beschränkt. So beziffern beispielhafte Hochrechnungen die Reichweite von Steinkohle auf ca. 160 Jahre, bei Braunkohle sind es ca. 260, bei Erdgas ca. 66 Jahre. Erdöl

## ***Energie – das Zukunfts-Thema***



**Energie mit dem Schwerpunkt Windkraft an Land und auf Hoher See ist in Schleswig-Holstein ein »Zukunfts-Thema«. Und das an einem authentischen Ort, denn im »Land zwischen den Meeren« weht der Wind fast immer. Schleswig-Holstein ist zwar noch kein High-Tech-Land, Fakt aber ist: Mehr als ein Fünftel des Umsatzes des verarbeitenden Gewerbes erwirtschaften heute schon Hochtechnologie-Unternehmen, und gerade die Windenergie ist hier ein entscheidender ökonomischer Fortschrittmotor.**

Das nördlichste Bundesland ist bereits Vorreiter bei der Stromerzeugung aus Wind – auch die weltgrößte Windkraftanlage steht hier in Brunsbüttel. Im »Windkraftland« werden die einhergehenden betriebs- und volkswirtschaftlichen Aspekte wertgeschätzt und der Umweltschutzaspekt gelobt. Mit dem Erlebniszentrum »Energie-Welten« bietet sich der Westküstenregion nun die einmalige Chance, ein (inter-)national beachtetes Forum zum Zukunfts-Thema »Erneuerbare Energien« zu schaffen, um die globalen Einsatzpotenziale und Entwicklungsperspektiven mit überregionaler Resonanz vorzustellen.

wird in ca. 45 Jahren nicht mehr zur Verfügung stehen, die Uranreserven reichen rund 130 Jahre.

2. » Die Verbrennung fossiler Energieträger erzeugt klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen mit erheblichen Negativauswirkungen auf Mensch und Umwelt. Der Treibhauseffekt zeigt schon jetzt weltweit Auswirkungen auf Flora und Fauna und wird auch für uns Menschen nicht ohne Folgen bleiben: Extreme Wetterereignisse beispielsweise kündigen kommende Probleme erst an.

Kohlendioxid ist  
hauptverantwortlich für  
den Klimawandel

Die Nutzung Erneuerbarer Energien bietet sich als Alternative ohne schädliche Klimaeffekte an. Allein die Windenergie leistet schon jetzt einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Im Jahr 2002 hat die Windenergienutzung in Deutschland bereits rund 13,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart, d.h. rund 1,5 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. 2001 lag der Anteil der Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien noch bei 6 % – laut Bundesregierung soll dieser Wert bis 2050 auf insgesamt 13 % anwachsen. Dies allein würde unsere Kohlendioxid-Emission bereits erheblich mindern.

Der Treibhauseffekt  
zwingt zum Umdenken

Die Erneuerbaren Energien zeigen auch gesamtwirtschaftlich eine weitaus bessere Bilanz, allerdings wurde deren Ausbau über Jahrzehnte hinweg nicht gebührend gefördert: Zwischen 1956 und 1998 gab das Bundesforschungsministerium ca. 23 Mrd. Euro für die Energieforschung aus. Für Erneuerbare Energien wurden erst nach der Ölkrise in den 1970er Jahren Gelder bereitgestellt. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits 2,6 Mrd. Euro in die Erforschung der Kernenergie geflossen. Seither gab man weitere 15,3 Mrd. Euro für die Kernenergieforschung aus, den Erneuerbaren Energien und der rationellen Energienutzung war gerade mal ein Fünftel dieser Summe vergönnt. Selbst nach der UN-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro, die eine nachhaltige Wirtschaftsweise forderte, lagen die Forschungsausgaben für Kernenergie weit über denen für Erneuerbare Energien. Und obwohl von Expertenseite große Zweifel bestehen, ob ein Fusionsreaktor vor 2050 überhaupt effektiv einsetzbar sein wird – und dann zumindest wirtschaftlich Energie produziert – liegen die bewilligten Gelder für die Erforschung der Kernfusion und der Erneuerbaren Energien heutzutage trotzdem gleich auf.

Schon heute wäre es technisch machbar, nahezu die sechsfache Menge des momentan benötigten Weltenergiebedarfs aus kombinierten Erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind, Erdwärme, Biomasse und Wasserkraft zu erzeugen. Einem Mix aus diesen »Zukunfts-Energien« wird zugetraut, die Forderungen nach Klimaverträglichkeit, Ressourcenschonung, Risikoarmut, Sozialverträglichkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz erfüllen zu können.

Erneuerbare Energien  
könnten bis zu 600 %  
des Weltenergiebedarfs  
decken

Es zeigt sich immer deutlicher, dass der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren Energien eine notwendige Voraussetzung für eine »nachhaltige Energiezukunft« ist. Globale wie nationale Zukunftsentwürfe zeigen wachsende Anteile der Erneuerbaren Energien an der künftigen Energieversorgung.

Auch die Bundesrepublik Deutschland setzt auf diesen Mix aus Erneuerbaren Energien: Bis 2010 soll sich deren Beitrag zur Deckung des Strom- wie des Primärenergieverbrauchs verdoppeln. Bis zum Jahr 2050 sollen die Erneuerbaren Energien 50 % des gesamten Energiebedarfs in Deutschland decken. Mit dem Zukunftsinvesti-

tionsprogramm ZIP hat die Bundesregierung ein Instrument geschaffen, das auf dem Gebiet der Energieerzeugung ›nachhaltiges Wirtschaften‹ fördert.

Die breitangelegte Nutzung der Erneuerbaren Energien deckt sich mit dem Ziel des »Sustainable Development« – der Nachhaltigkeit – wie er 1992 beim »Weltumweltgipfel in Rio de Janeiro« formuliert wurde und in das Abschlussdokument der »Lokalen Agenda 21« einfließt:

Nachhaltig bedeutet »anhaltend«, »lange nachwirkend« und »dauernd« mit dem Ziel »weiter zu wirken«. Der Begriff wurde erstmals in der Forstwirtschaft verwendet: Demnach soll nur soviel Holz aus dem Wald entnommen werden, wie in dem jeweiligen Gebiet nachwachsen kann.

»Nachhaltigkeit« ist die  
Anleitung für eine  
zukunftsfähige Form der  
Energienutzung

Nachhaltige Entwicklung beschreibt nicht mehr nur das ökonomische Wachstum als Ziel, sondern gleichberechtigt auch den Schutz der Umwelt und die gesellschaftliche Solidarität. Sie ist das globale Zusammenwirken ökonomischer, ökologischer sowie sozialer Bestrebungen mit dem Ansatz, auch den nachfolgenden Generationen die gleichen Chancen zur wirtschaftlichen Entwicklung zu sichern. Ziel ist die Lösung langfristiger und weltweiter Probleme; zu den Zielsetzungen zählen beispielsweise der Klimaschutz, der Schutz der Regenwälder oder die Erhaltung der Biodiversität.

In der Bevölkerung  
wächst die Einsicht

Die konventionelle Energienutzung zeigt weltweit spürbare Auswirkungen und steht gesamtgesellschaftlich in der Diskussion. Eine Allensbach-Studie aus dem Jahre 2003 belegt, dass viele BundesbürgerInnen auf die Frage, welche Energieformen zukünftig genutzt werden sollten, häufig die »Erneuerbaren Energien« als Antwort fallen lassen. Soll ein breiter gesellschaftlicher und politischer Konsens entstehen, müssen alle – insbesondere die Energie-VerbraucherInnen – umfassend informiert werden.

Alle regenerativen Energiequellen werden in einem Mix gemeinsam ihren Beitrag zu einer zukunftsfähigen Lösung der anstehenden Probleme leisten. Dieser Themenkomplex muss in seiner Gesamtheit beleuchtet werden, will man dem Informationsbedürfnis breiter Bevölkerungsschichten nachkommen.

Die »Energie-Welten«  
zeigen das ganze Bild

Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« wird daher die natürlichen Energie-Potenziale der Erde erlebbar und deren Nutzung verständlich darstellen, einen Überblick über Problemstellungen und Lösungsstrategien bieten und zukunftsweisende technische Aspekte in allen Facetten erlebnisorientiert präsentieren.

Schleswig-Holstein ist  
Windkraftland –  
Onshore wie Offshore

Im Fokus des Themenfeldes »Erneuerbare Energien« liegen die Nutzung der Windkraft und die »Offshore-Windkraftanlagen«. Die BesucherInnen können sich im Zentrum ein umfassendes Bild über den Stand der Technik, Forschung und des Umweltschutzes machen und erhalten einen sehr guten Überblick über die globalen Auswirkungen und Konsequenzen der heutigen Form der Energienutzung.

Neben dem Wissenstransfer wird ein weiterer Effekt des Erlebniszentrums »Energie-Welten« sein, die Akzeptanz gegenüber den Erneuerbaren Energien in der breiten Öffentlichkeit zu steigern. Die BesucherInnen erfahren, wie sie selbst aktiv werden und ihren ganz persönlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.

## *Sondierung der Themenfelder*

# 2

Das Umweltzentrum »Energie-Welten« lädt seine BesucherInnen zur Entdeckungsreise vom Mittelpunkt der Erde bis hinauf zur Sonne und vom ersten Lagerfeuer bis hin zur Brennstoffzelle ein. Dabei wird die breite Palette der herkömmlichen und regenerativen Energien erstmalig so detailliert und aktuell in einer modernen, interaktiven Ausstellung ereignisreich und informativ vorgestellt.

Als erlebnisorientiertes Freizeitangebot werden auf rund 2.000 m<sup>2</sup> Indoor- und 25.000 m<sup>2</sup> Outdoor-Ausstellungsfläche folgende Kernthemen veranschaulicht:

- Strom und Wärme, Energieverbrauch und -bedarf, Mobilität
- Herkömmliche Energieträger wie Öl, Erdgas, Kohle und Atomkraft
- Umweltverträglichkeit, Klima, Klimaschutz und »Nachhaltige Entwicklung«
- Regenerative Energieträger wie Wind, Wasser, Wasserstoff, Erdwärme, Sonne und Biomasse

### Elektrizität

*Das spektakulärste Auftreten der Elektrizität ist der Blitz. Elektrischer Strom durchfließt unser Nervensystem. Unsere Alltagswelt lebt vom Strom – wie sehr, merken wir meist erst, wenn dieser einmal ausfällt. Aber was steckt hinter diesem Alltagsphänomen?*

*Die spannenden physikalischen Grundlagen werden anhand interaktiver Experimental-Stationen im Erlebniszentrum »Energie-Welten« verstehbar, von Ampere bis Volt. Was ist eigentlich ein Generator, Transformator, Dynamo oder eine Batterie? Wie Strom erzeugt wird und letztlich in der Steckdose zur Verfügung steht, zeigen beispielsweise anschaulich das Modell einer Kraftwerksanlage oder Installationen zur Starkstromtechnik.*

Elektrizität bezeichnet in der Physik ein auf Anziehung bzw. Abstoßung elektrisch geladener Teilchen beruhendes, in Gestalt der elektrischen Ladung oder des elektrischen Stroms auftretendes Phänomen der Natur.

Schon im antiken Griechenland war die elektrostatische Aufladung des Bernsteins bekannt, den man »Elektron« nannte. Seitdem reißt der Forscherdrang nicht ab: Schon im 1. Jahrhundert vor Christus wurde im antiken Bagdad mit Elektrizität experimentiert. Die bahnbrechenden Entdeckungen stammen jedoch aus der Neuzeit: Leibniz erforscht um 1640 elektrische Aufladungsfunken, 1720 wird von Pieter v. Mussenbroek der erste Kondensator erfunden. Um 1800 entsteht die erste Batterie, André Ampere erfindet das Galvanometer, den elektrischen Telegraphen und den Elektromagneten. Georg Simon Ohm erforscht das Phänomen des elektrischen Widerstands, Faraday erfindet den Dynamo und James Joule beobachtet die Wärme, die stromdurchflossene Leiter ausstrahlen. Thomas Alva Edison erfindet zwischen 1860 und 1880 den Phonographen, Fernsprecher und die elektrische Glühlampe. Zur gleichen Zeit bringt Zénobe Gramme mit Dynamos Beleuchtungsanlagen zum strahlen, Marcel Déprez überträgt elektrische Energie in Form von Gleichstrom, Nikola Tesla schafft die Übermittlung elektrischer Energie über weite Strecken durch eine Drehstrom-Überlandleitung. Und die Entwicklung bleibt nicht stehen: Von Microchip bis Supraleitung stehen spannende Forschungsfelder offen.

Elektrischer Strom –  
ein Naturphänomen

Was ist Strom?  
Von Ampere über Volt  
zum Supraleiter

Elektrizität und ihre  
Entdecker

# 2

## Die herkömmlichen Energien

### Braun- und Steinkohle

*Kohle ist der Energierohstoff mit den weltweit größten Reserven. Doch mit der Nutzung von Braun- und Steinkohle sind Umweltgefährdungen verbunden: Emissionen von Treibhausgasen, Gewässergefährdung und die Veränderung der Landschaft durch den Tagebau.*

*Das »Erlebnisszentrum Energie-Welten« zeigt auf, dass die Nutzung der Kohle auf dem heutigen Stand nicht den Anforderungen einer »Nachhaltigen Energiewirtschaft« entspricht, wirft aber auch einen Blick auf zukunftssträchtige Entwicklungen, wie die kohlebasierte Brennstoffzelle.*

Die Kohle liegt weltweit als größte Rohstoffmenge vor

Die Braunkohle ist eine dichte, hölzrig-faserige Substanz, entstanden im Tertiär aus abgestorbenen Laub-, Nadel- und Palmenwäldern und wird vorwiegend im Tagebau gefördert. Steinkohle, auch Hartkohle genannt, ist ein hartes, oft glänzendes Gestein (quasi verdichtete Braunkohle). Sie hat einen höheren Brennwert und wird größtenteils unter Tage abgebaut.

Kohle ist der Energierohstoff mit den weltweit größten vorhandenen Mengen. So waren im Jahr 2000 Reserven in Höhe von 670 Gigatonnen Steinkohleeinheiten (Gt sKE) nachgewiesen, davon 603 Gt sKE Hartkohle und 67 Gt sKE Weichbraunkohle. Mit Reserven von ca. 203 Gt sKE sind die USA größtes »Kohleland« (ca. 30 % der Welt). Russland folgt mit ca. 104 Gt sKE (ca. 16 %) vor China, Australien und Indien. Die Reserven Deutschlands mit ca. 34 Gt sKE basieren auf ca. 21,6 Gt sKE Hartkohle und ca. 12,8 Gt sKE Weichbraunkohle. Jedoch ist die deutsche Steinkohle aufgrund der hohen Gewinnungskosten nur bedingt als Reserve anzusehen. Die Informationslage ist in einer Reihe von Ländern sehr verbesserungswürdig. Deswegen sind in Zukunft deutliche Änderungen bei den Mengen an Kohlereserven und -ressourcen zu erwarten.

Nach rund 260 Jahren geht uns die Kohle aus

Die statistische Reichweite der weltweiten Hartkohle-Reserven, bezogen auf die Förderung von 2001, beträgt voraussichtlich ca. 160 Jahre, die der Weichbraunkohle ca. 260 Jahre. Weltweit wurden mit ca. 571 Megatonnen (Mt) etwa 16 % der geförderten Hartkohle gehandelt. Damit setzte sich die Expansion des Steinkohleweltmarktes fort. Davon entfielen mehr als 50 % des Handelsvolumens auf den ostasiatischen Wirtschaftsraum, etwa ein Drittel auf die Europäische Union. Im Jahr 2001 importierte Deutschland 35 Mt sKE Hartkohle, dies überstieg die Eigenförderung von 27,9 Mt sKE.

CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Umweltzerstörungen sind die Begleiter dieser fossilen Energie

Stromerzeugung mit Hilfe von Braunkohle-Kraftwerken ist mit den nachhaltigen Klimaschutzzielen Deutschlands nicht vereinbar. So reicht die alleinige Steigerung der Wirkungsgrade nicht aus, um aus Braunkohle einen nachhaltigen Energieträger zu machen und damit zu einer langfristigen Klimaentlastung beizutragen. Die Problematik der CO<sub>2</sub>-Abscheidung bleibt bestehen. Neben den Auswirkungen der Braunkohle-Nutzung auf das Klima stellt der Braunkohleabbau einen einschneidenden

Eingriff in die Umwelt dar. Die Flächen-Inanspruchnahme durch den Abbau ist enorm, und oftmals verbunden mit großräumigen Reliefänderungen. Zudem spricht die stark eingeschränkte Nutzbarkeit der Abbauflächen nach ihrer Renaturierung bzw. Rekultivierung und der Versatz ganzer Ortschaften gegen das Gemeinwohlinteresse. Gewässer werden durch die Zuführung stark belasteter Abwässer (z.B. Sickerwässer bei Abraummalden) mit hohem Gehalt an verschiedenen Salzen, Radionukleiden und Schwermetallen belastet. Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt durch weiträumige Grundwasserabsenkungen haben weitreichende Folgen für die Natur und die damit einhergehende Grundwasserverknappung um mehrere Milliarden Kubikmeter Wasser führt letztendlich zu entsprechenden Problemen für die zukünftige Trinkwasserversorgung.

Wie bei der Energiegewinnung aus anderen fossilen Brennstoffen führt auch die Verwertung der Braun- bzw. Steinkohle zu Schadstoffausstößen und Freisetzung von Treibhausgasen und damit zu Umweltbelastungen und Klimaveränderungen.

Eine neue Brennstoffzellen-Technologie macht die Kohleverstromung effektiver: Scientific Applications & Research Associates (SARA), eine Technologiefirma in Kalifornien, hat das Patent auf eine Brennstoffzelle, die auf Kohle basiert, angemeldet. Die Kohleressourcen der USA reichen nach Schätzungen des US-Energieministeriums bei gleich bleibendem Verbrauchsvolumen so für weitere 275 Jahre und sind damit doppelt so groß wie die erschlossenen Vorkommen des Landes an Erdöl und Erdgas zusammen. Zur Zeit werden ca. 52 % der gesamten in den USA generierten Elektrizität in Kohlekraftwerken erzeugt. Ein großer Anteil dieser Kraftwerke wird innerhalb den nächsten 30 Jahren wegen ihres Alters ersetzt. Die auf Verbrennung beruhenden Kraftwerke benötigen enorme Mengen von Wasser, um die Verbrennungshitze zuerst in Wasserdampf umzuwandeln und dann mit Hilfe riesiger Turbinen elektrische Energie zu erzeugen. Dann wird das Wasser in einem Kühlwasserkreislauf wieder abgekühlt. Im Gegensatz dazu benötigen SARA-Kohlenstoff-Brennstoffzellen kein Wasser. Basierend auf einem elektrochemischen Prozess wird hier die direkte Umwandlung der in Kohle enthaltenen Energie in elektrische Energie ermöglicht. Im Vergleich zu herkömmlichen Kohlekraftwerken ist diese neue Technologie fast doppelt so effizient – und produziert weniger unerwünschte Nebenprodukte. Es fallen keine Stickstoffoxid-, Schwefeldioxid- und Bleiemissionen an. Das im SARA-Prozess entstehende CO<sub>2</sub> – ca. 50 % von normalen Kohlekraftwerken – kann durch neue Techniken isoliert werden, um das Entweichen in die Atmosphäre zu verhindern.

Der großflächige Abbau beeinträchtigt den natürlichen Wasserhaushalt

In einer neuartigen Brennstoffzelle wird Kohle direkt zu Strom

Die SARA-Kohlenstoff-Brennstoffzellen arbeiten umweltfreundlicher

## Erdöl

*Erdöl ist zur Zeit der wichtigste Energie- und Rohstofflieferant einer stetig wachsenden Erdbevölkerung. In naher Zukunft werden die Lagerstätten erschöpft sein, schon jetzt finden geostrategische Auseinandersetzungen um die Lagergebiete statt.*

*Die Nutzung fossiler Energie – gerade die des Erdöls als weltweite Grundlage der Mobilität – schädigt nachhaltig die Umwelt und das Weltklima. 42 % des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes – als Klimakiller Nummer 1 – wird durch Ölverbrennung verursacht – und Tankerunglücke verseuchen tausende Kilometer Küste.*

Erdöl sorgt weltweit für Mobilität. Doch die Vorräte nähern sich dem Ende

*Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« macht die Problematik deutlich und zeigt Alternativen auf: Die Entwicklung und den Ausbau regenerativer Ressourcen für Energiegewinnung, Mobilität und Kunststoffherzeugung.*

Erdöl, im internationalen Sprachgebrauch »Petroleum«, ist ein natürlich vorkommendes, flüssiges Gemisch aus Kohlenwasserstoffen, welches in unterschiedlichen Refinementsschritten zu Produkten wie Benzin, Kerosin und Ausgangsstoffen für die Kunststoffherstellung aufbereitet wird. Die Erdöllagerstätten bildeten sich vor rund 600 Mio. Jahren in marinen Ablagerungsbereichen aus organischem Material wie tierischem und pflanzlichem Plankton. Dieser Faulschlamm wandelte sich unter Luftabschluss in chemischen Prozessen in »Mikronaphta« und reicherte sich in Speichergesteinen an.

Diese Ressource ist heute der wichtigste Primärenergieträger und zugleich wichtigster Rohstoff für die Petrochemie. 90 % der weltweiten Mobilität hängen direkt vom Rohöl ab. So sind auch die täglichen Förder- und Verbrauchsmengen weltweit gigantisch: Nahezu 80 Mio. Barrel (1 Barrel ~ 159 Liter) werden täglich gefördert und verbraucht.

Nahezu die Hälfte des Erdöls ist verbraucht. Die globale Reichweite wird nunmehr auf weitere 45 Jahre geschätzt

Die Vorkommen dieses fossilen Energieträgers sind endlich: Bisher wurde nahezu die Hälfte des vermutlich vorhandenen Erdöls gefördert. Es gibt unterschiedliche Erwartungen, wie lange die in der Erde lagernden Reserven die stetig wachsende Menschheit mit diesem Grundstoff versorgen können. Allgemein geht man davon aus, dass der »depletion mid-point«, bei dem die Hälfte des noch in den Tiefen der Erde vermuteten Erdöls gefördert ist, innerhalb der nächsten 10 bis 20 Jahre erreicht sein wird. Dies bedeutet, in ca. 45 Jahren sind die Weltressourcen verbraucht.

Die Erschöpfung der Lagerstätten ist nicht das einzige Problem: Hauptursache der Veränderung des Weltklimas ist die Verbrennung fossiler Energieträger wie des Erdöls. Es kommt zur Emission schädlicher Treibhausgase wie Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Wissenschaftler prognostizieren als Folge des Treibhauseffektes unter anderem den Anstieg des Meeresspiegels und vermehrt extreme Wetterereignisse.

Verlässliche Zahlen zum Umfang der globalen Reserven sind schwer zu finden, da diese interessengebunden und zielgerichtet veröffentlicht werden. Zum Beispiel wurden die geschätzten Reserven der OPEC-Staaten aus den 1980er Jahren nach oben »gerundet«, da sich nach ihnen die Förderquote richtete. Wissenschaftler prognostizieren bei konstanter Produktion eine globale Förderdauer von rund 45 Jahren. Die bereits geförderten Erdöl-Mengen des jeweiligen Gesamtpotenzials betragen in Nordamerika ca. 50 %, in der GUS fast 33 %, im Nahen Osten rund 20 % und der OECD an die 60 %.

Insgesamt wurden weltweit bis 2001 rund 128 Gigatonnen Erdöl gefördert

Bisher wurde weltweit fast die Hälfte des vorhandenen Erdöls gefördert. Ende 2001 betragen die Welt-Erdölreserven ca. 152 Gt. Auf die Länder des Nahen Ostens entfallen ca. 62 % der Weltreserven, ca. 14 % auf die USA und knapp 10 % auf die GUS. Die Verteilung bei wirtschaftspolitischen Gruppen ist noch ungleichmäßiger. So verfügt die OPEC über fast 75 % der Reserven (davon 61 % in der Golf-Region) und die OECD nur über 8 %. Der Nahe Osten und Nordamerika waren wichtigste Förderregionen. Die Welt-Erdölförderung stieg auf 3.524,4 Mt im Jahr 2001. So wurden seit Beginn der industriellen Erdölförderung weltweit bis Ende 2001 insgesamt ca. 128 Gt Erdöl gewonnen, davon die Hälfte innerhalb der letzten 20 Jahre.

Der Bedarf an Erdöl und Erdgas wird wesentlich davon abhängen, wie viele Menschen in den nächsten 50 Jahren die Welt bevölkern. Auf der Erde leben zurzeit 6,4 Mrd. Menschen – 2050 sind es wahrscheinlich mehr als 9 Mrd.

Nach wie vor ist Erdöl der wichtigste Energielieferant der Welt. Rund 40 % der benötigten Energie liefert dieser fossile Energieträger. So wurden im Jahr 2000 ca. 75 Mio. Barrel Öl am Tag gefördert. Die steigende Nachfrage – die Prognose für 2025 lautet plus 60 % – führt zu einem hohen Beschaffungsdruck. Die Ölkonzerne dringen auf Grund der begrenzten Verfügbarkeit der Ressourcen in ökologisch sensible Regionen vor. Bei der Erdölproduktion, der Förderung, dem Transport und nicht zuletzt beim Verbrauch entstehen gravierende Probleme und Risiken – für die Gesellschaft und die Natur.

Die USA sind im internationalen Vergleich im Jahre 2003 mit 25,4 % des Weltverbrauchs der größte Einzelkonsument. West-Europa beanspruchte knapp 18 %, China hat Japan erstmals als zweitgrößten Einzelkonsumenten abgelöst. Japans Anteil stagnierte bei 6,8 %, während der Chinas von 6,7 % in 2002 auf 7,1 % in 2003 zulegen. Für die Zukunft bis 2025 geht die Internationale Energieagentur (IEA) von einem Wachstum des Weltverbrauches um insgesamt +1,8 % jährlich aus. Die sogenannten »Entwicklungsländer« werden mit +2,6 % Wachstumsmotor sein; dabei liegen Länder wie China und Indien an der Spitze. Die größte jährliche Wachstumsrate von 2002 – 2025 wird für Indien mit +4,1 % prognostiziert, China folgt mit +3,3 %. Und auch für die USA wird noch eine Steigerung des Verbrauches von +1,6 % pro Jahr erwartet, während die Raten für Japan und West-Europa nur dezent zulegen sollen, um +0,8 % resp. +0,4 %.

Die Auffindungs- und Förderkosten pro Barrel sind je nach Herkunft unterschiedlich hoch. Die höchsten Kosten verzeichnen die USA »Offshore«, die niedrigsten Kosten entstehen in Afrika. So rechnet man weltweit mit durchschnittlich 5,83 Dollar pro Barrel. Hinzu kommen Produktionskosten für die Raffination. Die Produktionskosten sinken: z.B. bei Erdöl aus Ölschiefer auf rund ein Viertel. Im letzten Jahrzehnt hat man sehr große Mengen Rohöl aus über 500 m tiefen Meereslagen gefördert. Während man hier 1990 nur 7 Mrd. Barrel gefördert hat, betragen diese Mengen heute das Vierfache.

Der technische Fortschritt ist an der Trefferquote von Probebohrungen abzulesen. Nur eine von 10 Bohrungen führte vor 15 Jahren tatsächlich zum Erfolg, heute ist es bereits jede zweite. Vor der westafrikanischen Küste und Brasilien wurden Bohrrechte für Felder erworben, die ca. 3.000 m unter dem Meeresspiegel liegen. Vor wenigen Jahrzehnten galten noch 75 m Tiefe in der Nordsee als Maximum. Bei existenten Feldern beträgt die Ausbeute heute 35 %, bei neuen Feldern sogar bis zu 50 %, 1979 waren es nur 20 %. So ist heute jährlich ein Ausbeuteplus von 0,2 % bis 1 % bei existenten Feldern anzunehmen. Mittels neuer Verfahren konnte 1985 nicht nur die Länge von Ölfeldern, sondern auch deren Tiefe ermittelt werden, somit erhöhte sich die Zahl der »sicheren Reserven« um 42 %. Mittlerweile werden sogar Satelliten zur Ölsuche eingesetzt. Sie zeigen nicht nur natürliche Bodensenken, die auf Ölfelder schließen lassen, sondern können auch Unregelmäßigkeiten im Schwerfeld der Erde ermitteln, um später dann in einem komplizierten Verfahren Rückschlüsse auf die unter der Oberfläche schlummernden Bodenschätze zu ziehen.

Mit der Weltbevölkerung wächst der Energiebedarf – überproportional

Bei ungebremstem Erdölverbrauch steigen die Probleme

Erdölverbrauch – Nationen wie China und Indien holen mächtig auf

Neue Techniken der Exploration – die Suche nach dem Öl wird intensiver

2004 verbrauchte  
Deutschland  
35.000.000.000 Liter  
Dieselkraftstoff

Die USA konnten zu Beginn der 1950er Jahre ihren Bedarf an Mineralöl und seinen Produkten nahezu eigenständig decken. Jedoch klafft nun bei stetig steigendem Verbrauch und zurückgehender Eigenproduktion eine Lücke, die zunehmend durch Importe gedeckt werden muss. Importe und Eigenproduktion hielten sich 1994 noch die Waage. 1995 liegen die Importe erstmals über der Eigenproduktion. Den Großteil verschlingt dabei der Transportsektor, also das Motorbenzin wie auch das Kerosin. Die zunehmende Mobilität der Gesellschaft findet ihren Widerhall im Rohölkonsum. Gerade im Transportsektor liegen die größten Wachstumserwartungen, deutlich geringer im Bereich der Industrie; stagnierende Mengen werden im häuslichen Bereich (vor allem Heizen) und bei der Stromerzeugung (in dem Maße wie Erdöl dort durch Erd- wie Flüssiggas ersetzt wird) prognostiziert.

11 Mio. m<sup>3</sup> Erdöl pumpt die Menschheit täglich aus der Tiefe. Das entspricht ungefähr dem zweifachen Fassungsvermögen der 147 m hohen Cheops-Pyramide. 125 Mio. Tonnen Öl verbraucht Deutschland jährlich und steht damit an Platz 5 der Welt-rangliste direkt hinter den USA, China, Russland und Japan. 35 Mrd. Liter Dieselkraftstoff wurden 2004 in Deutschland verbraucht, 89 % der gesamten Ackerfläche wären nötig, um diesen Bedarf mit »Sun-Diesel« aus nachwachsenden Rohstoffen zu decken.

## Erdgas

Das »saubere« Erdgas  
ist vermutlich in  
160 Jahren verbraucht

*Erdgas ist der fossile Energieträger mit dem größten Zukunftspotential: Es lässt sich rückstandsarm verbrennen und ohne Umwandlung direkt nutzen. Optimistische Schätzungen gehen davon aus, dass die Lagerstätten die Weltbevölkerung noch bis zu 160 Jahre versorgen können.*

*Die Ausstellung im Erlebniszentrum »Energie-Welten« wird zeigen, wie diese Energieform mit den »Erneuerbaren Energien« – gerade der Windkraft – zusammenarbeitet. Wissenschaftliche Erkenntnisse über die Gashydrate werden vorgestellt, die an sich schon faszinierend sind: Weißer Schnee aus der Tiefsee, der mit blauer Flamme brennt.*

Erdgas besteht aus brennbaren, gasförmigen Kohlenwasserstoffen (vorwiegend Methan), die in einigen tausend Metern Tiefe unter der Erdoberfläche lagern. Es ist ein reines Naturprodukt. Vor ca. 600 Mio. Jahren ist Erdgas aus abgestorbenen tierischen und pflanzlichen Lebewesen, vor allem Kleinstorganismen, die auf den Grund urzeitlicher Ozeane sanken, entstanden. Durch den zunehmenden Druck der sich darauf ablagernden Sedimentschichten bildete sich zunächst Erdöl und dann schließlich bei höheren Temperaturen auch das Erdgas.

Erdgasverbrennung –  
weniger CO<sub>2</sub>- und  
Schadstoff-Emissionen

Das Besondere am Erdgas ist das Verhältnis von Kohlenstoff zu Wasserstoff. Dadurch lässt sich das Gas nahezu rückstandslos verbrennen. Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen. So ist auch der Ausstoß an Schadstoffen wesentlich geringer. Ein weiterer positiver Aspekt ist die direkte Nutzung. Erdgas kann in seinem natürlichen Zustand verwendet werden, ohne vorher umgewandelt werden zu müssen, wie das bei Heizöl oder Strom der Fall ist. Der Transport erfolgt ohne direkte Belastung der öffentlichen

Verkehrswege in unterirdischen Gasleitungen und damit ohne offensichtliche Beeinträchtigung von Natur und Landschaftsbild.

Inklusive aller bis dahin bekannten Reserven und Ressourcen reichen die Vorkommen nach grober Schätzung seitens der Wissenschaftler ca. 160 Jahre. Jedoch kein Spezialist kann exakt berechnen, wo Erdgas vorkommt und wie lange es reicht. In dieser Hinsicht ist die Natur schwer zu durchschauen.

Heute gibt es jedoch verbesserte Methoden, neue Erdgasvorkommen zu erschließen. Die Ressourcen sind weltweit unterschiedlich verteilt. Zu den Fundgebieten gehören der Ferne Osten, hier besonders China, Russland, Nordamerika, der Nahe Osten, der Arabische Golf, Afrika mit Nigeria und Algerien und – in geringerem Maße – Europa mit Deutschland, Norwegen, Frankreich, den Niederlanden und Italien.

Rund ein Drittel des Erdgases bezieht Deutschland aus dem 3.000 km entfernten Sibirien. Erdgas ist ein Abfallprodukt bei der Erdölgewinnung, das »noch« kostengünstig bezogen werden kann. Einer Prognose zufolge wird Gas in naher Zukunft den größten absoluten Zuwachs an der Stromversorgung in Deutschland zu verzeichnen haben (von 40 TWh in 1997 auf 121,9 TWh in 2020).

Das größte Einzelvorkommen dieser fossilen Energie befindet sich laut Einschätzung von Fachleuten in etwa 2.000 bis 3.000 m Tiefe vor der nordamerikanischen Ostküste. Es handelt sich dabei um eine physikalische Verbindung aus Gas und Wasser, sogenanntes Gashydrat. Gashydrate liegen wie ein fester schneeartiger Belag am Boden des Atlantiks. Es besteht bei Wissenschaftlern jedoch noch keine Klarheit darüber, wie man das Gashydrat fördern kann, ohne das empfindliche ökologische System des Meeresbodens zu stören. Auch gibt es erhebliche Auseinandersetzungen über die Nutzung dieser Gashydrate, denn bei ihrer Förderung besteht die Gefahr, dass in hohem Maße Klimagase freigesetzt werden.

Über 30 % des in Deutschland verbrauchten Erdgases stammt aus Sibirien

Gashydrate – der Abbau des »Schnees« am Boden des Atlantiks setzt Klimagase frei

## Atomkraft

*Atomkraft, auch Kernenergie genannt, ist wohl die am stärksten kontrovers diskutierte Form der Energiegewinnung. Im Erlebniszentrum »Energie-Welten« werden die unterschiedlichen Standpunkte vorgestellt und die Problematik der Endlichkeit der Uranvorkommen, ähnlich wie bei den fossilen Brennstoffen, dargestellt. Auch die technischen Entwicklungen und Subventions-Strategien im Bereich der Fusionstechnologie werden beleuchtet.*

Atomkraft: Keine Treibhausgase, aber sehr risikoreich

Die bei der Atomenergie-Gewinnung »freiwerdende« Kernkraft ist wesentlich stärker, als die chemische Reaktionsenergie. Bei der Spaltung eines Uran-Atoms wird 50.000.000 mal mehr Energie frei als bei der Verbrennung von Kohlenstoff. Die technische Gewinnung dieser Energie benötigt Uran als Grundstoff und ist erst seit den 1940er Jahren möglich.

Heute sind weltweit rund 440 Atomkraftwerke im Betrieb, 42 befinden sich im Bau, weitere 142 in der Planung. Die Hauptgefahren der Kernkraft liegen in der nicht friedlichen Nutzung, im radioaktiven Staub beim Uran-Abbau, im Risiko bei der Herstellung der Brennstäbe und in der ungelösten Frage der Endlagerung. Der einzige

In ca. 130 Jahren  
gehen die Vorkommen  
zur Neige

Die Uran-Reserven  
sind zu 99 % auf 10 Länder  
der Welt konzentriert

Vorteil dieser Form der Energie-Gewinnung: Keine Emission von Treibhausgasen. Uran steht mit Reserven von 1,57 Mt für noch rund 130 Jahre zur Versorgung der weltweiten Kernkraftwerke zur Verfügung. Im Jahr 2001 verbrauchten die Kernkraftwerke mit einer Leistung von 354 GW ca. 64.400 t Uran, wovon ca. 34.000 t aus der Bergwerksproduktion kamen. Weltweit sind die Uranvorkommen begrenzt verteilt: Zu fast 99 % liegen die Reserven, die bis zu 40 Dollar/kg Uran Gewinn bringen, in 10 Ländern: z.B. in Australien (646.000 t Uran, ca. 41 %), Kanada (265.000 t Uran, ca. 17 %), Kasachstan (232.000 t Uran, ca. 15 %), Südafrika (118.000 t Uran, ca. 8 %). Über 80 % der Gesamtvorkommen sind auf diese vier Länder konzentriert. Bei Uran besteht seit mehreren Jahren – im Gegensatz zu fossilen Energie-Rohstoffen – eine Lücke zwischen Förderung und Verbrauch.

Bei einem jährlichen Verbrauch um die 60.000 t Uran lag die Weltbergwerksförderung in den letzten fünf Jahren zwischen 32.200 und 37.300 t Uran. Diese Lücke wird aus früher angelegten zivilen Lagerbeständen und zunehmend aus strategischen (militärischen) Lagerbeständen, besonders Russlands, gedeckt. Aus der Abrüstung von Kernwaffen verfügbar werdendes Uran spielt für den künftigen Verbrauch ebenso eine Rolle wie das aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen verfügbare Uran und Plutonium. Die Großverbraucher USA, Frankreich, Japan, Deutschland und Großbritannien haben entweder nur eine geringe Eigenförderung (USA, Frankreich) oder aber sind ausschließlich auf Importe angewiesen. Die Tendenz der Förderkonzentration wird sich auf wenige Länder mit kostengünstigen Lagerstätten (Kanada, Australien, Kasachstan, Usbekistan) bei anhaltend niedrigen Preisen fortsetzen. So produzierten die fünf größten Bergwerksgesellschaften im Jahr 2001 ca. 80% des Urans.

Weltweit schreitet  
der Nuklearausbau  
voran

Vor allem asiatische Staaten und Russland betreiben den Ausbau der nuklearen Kapazitäten – und dies nicht ohne Risiken: In China ist die Kontrolle durch die Internationale Atomenergie-Agentur (IAEA) bei Pekings Nuklearprogramm nur eingeschränkt möglich. In Russland sind zur Zeit 30 AKW in Betrieb, vier sind stillgelegt wie in Tschernobyl, fünf sind im Bau und 32 in Planung. Je höher der Nuklearanteil an der Stromversorgung, desto mehr Öl und Gas kann Russland exportieren und auf dem Weltmarkt gegen Devisen tauschen.

Risiken beim  
Uran-Bergbau und  
AKW-Betrieb

Die Risiken dieser Energiequelle sind zahlreich: Im Uran-Bergbau werden aus 1 t Erz 5 kg Uran gewonnen. Der dabei frei werdende radioaktive Staub gefährdet die Umwelt. Beim Kontakt mit Wasser entsteht aggressive radioaktive Fluss-Säure. Die Herstellung der Brennelemente ist risikoreich und im Betrieb des AKW reichert sich die Radioaktivität der Brennstäbe auf das bis zu 100fache an. Die Wiederaufbereitungstechnik birgt Risiken (aus La Hague in Frankreich fließen z.B. pro Tag 1,5 Mio. Liter radioaktives Wasser in den Ärmelkanal; Sellafield in England pumpt sogar täglich 9 Mio. Liter ins Meer). Ungelöst ist das Problem des Transportes und der Zwischen- und Endlagerung (kein Endlager kann hochradioaktiven Abfall dauerhaft sicher von der Außenwelt abschirmen). Schmuggel und Diebstahl radioaktivem Materials nehmen zu: In der EU verschwindet rund 70 mal pro Jahr radioaktives Material, was sich zum Bau von »Dirty Bombs« eignet.

Atomstrom ist teurer als  
Strom aus Gas und Kohle

Der Bau eines AKW kostet 5–10 Jahre Zeit und mehrere Milliarden Euro. Ein Gaswerk mit gleicher Leistung hingegen ist in einem Drittel der Zeit errichtet, die

Baukosten betragen gerade mal ein Viertel. Ein AKW verbraucht schon beim Bau 75 % der Investitionssumme, die sich erst nach 25 Jahren amortisiert. Diesen Startnachteil können AKW in ihrer gesamten Laufzeit nicht mehr wettmachen: Unterm Strich ist nukleare Energie 15% teurer als Gas und 6% teurer als Kohle.

Zahlreiche  
Problemfelder müssen  
abgewogen werden

Einige sehen in der Kernenergie die Lösung der Energieprobleme. Das Argument, Atomenergie emittiere keine Treibhausgase und trage daher nicht zum Klimawandel bei, wird in jüngster Zeit verstärkt bei Forderungen nach einem Ausbau der Atomenergie eingesetzt, ebenso wie die sinkende Abhängigkeit von Rohstofflieferungen aus dem Ausland. Es hat sich jedoch gezeigt, dass dem eine Reihe grundsätzlicher Probleme entgegenstehen. Das Schwerwiegendste ist vermutlich das Risiko der ›Proliferation‹, d.h. der Weitergabe von Atomtechnologie zu nichtfriedlichen Zwecken. Das betrifft Material ebenso wie Know-how, das eigentlich für friedliche Zwecke bestimmt war, dann aber auch für kriegerische oder terroristische Zwecke eingesetzt werden kann. Seit den Flugzeugattaken auf das World Trade Center 2001 wird das Risiko von gezielten Anschlägen auf Kernkraftwerke als eine ernstzunehmende Bedrohung eingestuft.

Auch ohne Terroranschläge und Kriege geht eine große Gefahr von atomaren Einrichtungen aus. Möglicherweise unbeantwortbar bleibt die Frage, wie sich der Atommüll sicher und zugleich mit vertretbarem Aufwand endlagern lässt. Ein großer Teil der radioaktiven Abfälle wird noch mehrere tausend Jahre strahlen. Wirbürden kommenden Generationen eine hochbrisante Hinterlassenschaft auf, die den Zeitraum der bisherigen kulturellen Entwicklung der Menschheit bei weitem übersteigt. Zum anderen zeigt eine ganze Reihe von Zwischenfällen, der schwerste davon 1986 in Tschernobyl, dass atomare Unfälle sehr viel mehr als ein zu vernachlässigendes Restrisiko sind.

Radioaktive  
Abfälle strahlen noch  
Jahrtausende

Gelegentlich wird die Kernfusion – wie früher die Kernspaltung – als endgültige Lösung der Energieprobleme der Menschheit bemüht. Nach wie vor ist die Form ihrer Nutzung nur erahnbar und niemand kann mit Sicherheit sagen, ob sie jemals in ausreichendem Umfang anwendbar sein wird. Zudem verschlingt die Fusionsforschung ungeheure Geldmengen. Allein im Zeitraum 2002–2006 liegt die Förderung durch die EU bei 750 Mio. Euro. Das Kostenargument trifft nicht nur die Kernfusionsforschung, sondern die Kernenergienutzung insgesamt. So betrug die Subventionen für die Nuklearindustrie in Europa im Zeitraum 1974–1998 rund 55 Mrd. Euro. Zudem wird die Atomenergie massiv dadurch subventioniert, dass die AKW-Betreiber die Risiken einer AKW-Katastrophe nur marginal versichern müssen, der Einsatz von Kernbrennstoffen – im Gegensatz zum Einsatz von Gas und Öl – zur Stromerzeugung nicht besteuert wird und die Entsorgungsrückstellungen (derzeit etwa 35 Mrd. Euro) den deutschen AKW-Betreibern steuerfrei zur Verfügung stehen, während sie in fast allen Staaten, in denen es Atomkraftwerke gibt, in öffentliche Fonds einzuzahlen sind. Für die Neueinführung eines Energieträgers mag eine solche Subvention sinnvoll sein, solange man von seinem Nutzen und seiner Zweckmäßigkeit überzeugt ist. Eine noch Jahrzehnte nach der Einführung weiterlaufende Förderung durch öffentliche Gelder ist als »Dauersubvention« treffender bezeichnet. All diese Probleme zeichnen die Kernenergie als »nicht zukunftsweisend« aus. Viele Länder, darunter auch Deutschland, haben sich deshalb für eine Nicht-Nutzung oder den ›Ausstieg‹ entschieden.

Kernfusion: Nutzen  
wie Gefahren sind noch  
nicht absehbar

# 2

## Die Erneuerbaren Energien

### Sonnenenergie

*Die Sonne ist Ursprung der meisten regenerativen Energiequellen, neben der Solar-energie ist sie auch der Motor der Energiegewinnung aus Wind und Biomasse. Die Sonneneinstrahlung kann direkt genutzt werden – und ihr Potenzial ist gigantisch: Ein Solarpark in der Sahara mit 120 km<sup>2</sup> Fläche würde beispielsweise ausreichen, ganz Deutschland mit Strom zu versorgen.*

*Im Erlebniszentrum »Energie-Welten« bildet die Kraft der Sonne einen Schwerpunkt im Themenkreis der »Nachhaltigen Energiewirtschaft«.*

**Pro Sekunde strahlt die Sonne mehr Energie ab, als die Menschheit bisher verbraucht hat**

380 % des Weltenergiebedarfs könnten theoretisch durch die Sonnenenergie gedeckt werden. Aktuell sind es in Deutschland 0,02 % bei der Stromerzeugung und 0,2 % bei der Wärmeerzeugung. Die Technik der ›Photovoltaik‹, der ›Thermischen Solar-Energienutzung‹ und der ›Solarthermischen Kraftwerke‹ erzeugt Strom oder Wärme direkt aus Sonneneinstrahlung.

Die Photovoltaik basiert auf dem Prinzip, dass das Sonnenlicht von einem Verbund von elektronischen Halbleitern (Silizium-Solarzellen) direkt in Strom umgewandelt wird. Diese bestehen aus einer dünnen Scheibe hochreinem Siliziums (ca. 0,3 mm dick.) Durch gezieltes Einbringen von Fremdatomen werden zwei Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften erzeugt. Trifft nun Licht auf diese Zelle, bewirkt die Lichtenergie, dass Elektronen von einer Schicht in die andere wechseln. So entsteht an den äußeren Kontakten eine Spannung von ca. 0,5 Volt. Während die Spannung konstant bleibt, hängt die Stromstärke direkt von der eingestrahnten Lichtleistung bzw. von der Größe der Solarzelle ab. Der Wirkungsgrad von kristallinen Solarzellen beläuft sich auf ca. 15 %, sinkt aber bei steigender Wärme, weswegen Photovoltaikanlagen immer gut belüftet werden.

**Photovoltaik ist vielfältig nutzbar**

Die Vorteile der Photovoltaik sind vielfältig: Keinerlei Emissionen beim Betrieb, kein Lärm, keine Abgase, hohe Lebensdauer (da keine beweglichen Teile), hohe Umweltverträglichkeit, Betrieb und Entsorgung sind unproblematisch und der Rohstoff Silizium (zweithäufigstes Element der Erdkruste) ist nahezu unbegrenzt verfügbar. Die Photovoltaik erschließt einen extrem großen Anwendungsbereich vom Kleinteil (Taschenrechner) bis zur solaren Großanlage. Trifft Sonnenlicht beispielsweise auf einen dunklen Gegenstand, so wird dieser erwärmt. Dieser allgemein bekannte Effekt bildet die Grundlage der thermischen Energienutzung. Bei

dem weit verbreiteten Flachkollektor handelt es sich um einen Absorber, der in einem Kasten mit transparenter Vorderseite und gut abgedämmten Seiten sitzt. Ein solcher Sonnenkollektor verwandelt ca. 80 % der eingestrahnten Energie in Wärme. Bei direkter Sonneneinstrahlung werden dabei hohe Temperaturen erreicht.

Eine thermische Solaranlage mit ca. 6m<sup>2</sup> Fläche und einem 400 Liter-Speicher kann in den Sommermonaten den Warmwasserbedarf eines 4-Personenhaushaltes decken. Über das Jahr gerechnet wird der Energiebedarf um 50 % – 80 % verringert und ca. 300 l Öl eingespart. Die Investitionskosten einer solchen Anlage belaufen sich derzeit auf ca. 3.500 Euro.

Sobald Sonnenlicht stark gebündelt wird, lassen sich sehr hohe Temperaturen erreichen. Bei solarthermischen Großkraftwerken wird das Sonnenlicht durch nachgeführte Spiegelsysteme auf einen Punkt konzentriert: So lassen sich Temperaturen bis zu 800°C erreichen. Im Brennpunkt wird dann eine Flüssigkeit erhitzt und Dampf erzeugt, mit dem dann wie in jedem anderen herkömmlichen Kraftwerk mittels Gasturbinen Strom produziert werden kann. Das in der kalifornischen Mojave-Wüste stehende Parabolrinnenkraftwerk produziert so mit seinen 2,3 Mio. m<sup>2</sup> Spiegelfläche insgesamt 354 MW. In Spanien sind zwei 50 MW - Kraftwerke in Planung bzw. im Bau.

Mit solarthermischen Kraftwerken lassen sich Leistungseinheiten bis zu 200 MW erzeugen. Laut einer Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) könnten in den nächsten 15 Jahren allein im Mittelmeerraum bis zu 13.500 MW in solarthermischen Anlagen produziert werden. Das entspricht der Leistung von 10 Atomkraftwerken.

Würde die Solarstrahlung in der Sahara mit einem Wirkungsgrad von 10% genutzt, so könnten wir den heutigen Energiebedarf mit einer Fläche von 700 x 700 km vollständig decken.

Pro Jahr strahlt die Sonne in Deutschland soviel Energie auf einen Quadratmeter, wie in 100l Erdöl enthalten ist. Die Sonnenenergie ist in unseren Breiten nur um die Hälfte geringer als in den Tropen und Subtropen, daher macht es Sinn, auch hier die Sonnenenergie zu nutzen. Zwar ist der Ertrag geringer, jedoch entfallen die Kosten für den Transport und die mit ihm einhergehenden Probleme. Auch in der BRD liefert die Sonne noch ein Vielfaches der benötigten Energie: Von den rund 3.500 km<sup>2</sup> Dachflächen wären 800 km<sup>2</sup> solartechnisch nutzbar. Diese Fläche könnte bereits heute ca. 16% des aktuellen Strombedarfs decken. Nicht gerechnet die noch zur Verfügung stehenden Fassaden und technischen Bauten wie zum Beispiel Brücken oder Lärmschutzwände.

Die Wertschätzung der Solarenergie reicht weit zurück: In fast allen frühen Kulturen – von den Ägyptern bis in die Neuzeit – findet sich ein mehr oder weniger ausgeübter Sonnenkult. Es sind bereits vereinzelte Ansätze passiver Nutzung in der Architektur der alten Ägypter, in Mesopotamien und den frühen südamerikanischen Hochkulturen zu erkennen. Jedoch ist die aktive Nutzung der Sonnenenergie eine Errungenschaft der Neuzeit. 1839 entdeckte Henry Becquerel, ein französischer Physiker, den Photoeffekt und schuf so die Grundlage für die heutige Solarzelle. Ende des 19. Jahrhunderts baute Charles Fritts Vakuum-Fotozellen mit aufgedampfter Selen-Schicht, die als Belichtungsmesser eingesetzt wurden. Solarzellen aus Silizium sind noch relativ neu: In den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden sie von dem us-Konzern Bell hergestellt und hatten damals bereits einen Wirkungsgrad von 6%.

Solarkollektoren mit  
6 m<sup>2</sup> Fläche erhitzen  
Wasser für 4 Personen

Solarenergie zu  
nutzen, macht auch in  
Deutschland Sinn

Schon die antiken Römer  
kannten die Solararchitektur:  
Der »Heliocaminos« war  
ein der Sonne zugewandter  
Raum

Diese Photovoltaik wurde in den letzten Jahrzehnten stetig weiterentwickelt, besonders im Umfeld der Raumfahrttechnologie.

Dagegen wird das Prinzip der Solarthermie seit langem angewandt, denn Brennwie auch Hohlspiegel gab es schon in der Antike. Die Vorläufer der heutigen Solar-Kollektoren wurden im 18. Jahrhundert von dem Naturforscher Horace-Bénédict de Saussure erfunden. Die äußerst günstigen Preise fossiler Energieträger und die weit verbreitete Skepsis bezüglich der Sonneneinstrahlung in Mitteleuropa waren bis in die 1970er Jahre Gründe für deren geringen Einsatz. Dies änderte sich seit der ersten Ölkrise in den 1970er Jahren. Seither entwickelt sich die solare Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung zum Standard umweltbewussten Bauens.

## Windkraft

*Die Nutzung der Windenergie und die Installation von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich wird ein zentrales Thema im Erlebniszentrum »Energie-Welten« sein. Die BesucherInnen erfahren anschaulich, wie sich dieser Hochtechnologiebereich in den Mix der nachhaltigen Energieformen der Zukunft einbindet. Die Chancen dieser Technologie werden gezeigt, Lösungsansätze für das Problem der Wetterabhängigkeit im Zusammenspiel mit anderen Energiequellen beleuchtet und Fragen des Umweltschutzes und der politischen Förderung erörtert. Das Zentrum präsentiert die jeweils neuesten Forschungsergebnisse und entwickelt seine Ausstellungsinhalte so auf aktuellstem Niveau weiter.*

Windkraft im Aufwind –  
Deutschland ist führend  
in der Windenergienutzung

Die Deutschen sind Weltmeister im Bau von Windkraftanlagen – rund 16.000 Stück drehen sich hierzulande im Wind. Windenergie hat mit einer Leistung von mehr als 13.000 MW im Sommer 2003 sogar die Wasserkraft überholt, die bis Anfang der 1990er unter den regenerativen Energien praktisch konkurrenzlos war. Bis 2020 könnte der Wind nach einem Greenpeace-Szenario weltweit 12 % des Stroms liefern. Klagen über eine »Verspargelung« der Landschaft begrenzen die Standorte an Land, doch Windparks vor den Küsten bergen riesige Potenziale.

Die Windenergie könnte bis zu 50 % des Weltenergiebedarfs decken, der Anteil an der Stromerzeugung in Deutschland lag im Jahre 2003 bei 3,5 % – mit stark steigender Tendenz. Die Bilanz der Windenergieleistung der installierten Anlagen im internationalen Vergleich (Stand 2002) zeigt, dass sich in der BRD die meisten Windräder drehen: Deutschland 39 %, Spanien 15 %, USA 15 %, Dänemark 9 % (decken 15 % des Strombedarfs), Indien 5 %, Restliche Länder EU 11 %, andere Länder 6 %.

Voraussetzung für  
die Windnutzung waren  
Rad und Segel

Pioniere waren die Perser: Sie nutzten im 10. Jahrhundert als Erste die Windmühlen – Europa begann 200 Jahre später – um 1850 drehten sich in Deutschland 20.000 Windräder an Mühlen, Sägewerken und Anlagen zur Bodenbewässerung. Windräder sind bereits seit 2000 v. Chr. bekannt. Sie wurden in Mesopotamien zur Bewässerung benutzt. Sogenannte Bockwindmühlen waren im 12. und 13. Jahrhundert in England und Frankreich im Gebrauch. Von hier aus verbreiteten sich die Windmühlen über das gesamte europäische Festland und wurden technisch immer weiter perfektioniert. In Holland entstand eine große, auf Windkraft basierende Industrie. Gegen Ende des

ausklingenden 19. Jahrhunderts begann das erste Mühlensterben, Anfang des 20. Jahrhunderts war der Niedergang besiegelt, um erst in den 1970er Jahren durch fin-dige Konstrukteure eine Renaissance zu erleben.

Renaissance der  
Windkraft

Die ersten modernen Windkraftwerke vor 20 Jahren produzierten gerade mal ein 20stel der Strommenge der größten Anlagen von heute. Und die Entwicklung geht weiter: Gigantische Aufwindanlagen mit Turmhöhen von über 1.000 m sind geplant. Unter einem großen Glasdach wird Luft durch Sonneneinstrahlung erwärmt und steigt durch den in der Mitte montierten hohen Kamin nach oben. Der erzeugte starke Auftrieb treibt Turbinen im Innern des Turmes an. Ein Pilotprojekt dieses Kraftwerk-tyes mit einem 194 m hohen Turm hat in Spanien seinen Praxistest mit einer Leistung von 50 kW bestanden. Der renommierte Star-Architekt Schlaich (Dach des Mün-chener Olympiastadion, 1972) plant nun ein gigantisches Großprojekt in Mildura im Südosten Australiens. Dort soll unter einem 36 km<sup>2</sup> großem Glasdach Luft erwärmt und dann in einem 1.000 m hohen Kamin eine maximale Stromerzeugungsleistung von 200 MW erreichen.

Aufwindkraftwerk in  
Australien in Planung

Die dänische Industrie entwickelte sich in den 1980er Jahren zum weltweit bedeu-tendsten Hersteller und Exporteur von Windkraftanlagen. In Dänemark wurden 2002 und 2003 die zwei größten Offshore-Windparks der Welt errichtet. 15% des Stroms kommen inzwischen aus Windturbinen. Dänemark hat im letzten Jahr den höchsten Zuwachs an Windenergieanlagen pro Kopf in Europa gehabt. Nach einem verspäteten Start ist nun Deutschland durch eine enorme Entwicklung im Bereich der Windkraft zu dem Land mit der höchsten installierten Windleistung bei Windanlagen geworden. Ende 2004 waren in Deutschland 15.790 Windräder mit einer Gesamtleistung von 15.325 MW installiert. Die Windkraft hat sich mit einem Anteil von rund 54 % mittler-weile zur stärksten Kraft der Erneuerbaren Energien etabliert und die bisher tradi-tionell führende Wasserkraft klar überholt.

In Dänemark stehen die  
beiden größten  
Offshore-Windparks  
der Welt

Nach der Automobilindustrie ist die Windindustrie der zweitwichtigste Kunde der deutschen Stahlindustrie. Allein von den Herstellern, Zulieferern und Projektierern im Bereich der Windkraft wurden in den letzten Jahren rund 50.000 Arbeitsplätze geschaffen.

Windkraft schafft  
neue Arbeitsplätze

Doch es gibt bei der Nutzung der Windenergie Problemfelder: Wind ist launisch, schon jetzt laufen als Reserveleistung für die eingespeiste Windkraft sechs Kohle-kraftwerke im Standby-Modus – Netzschwankungen werden so aufgefangen.

Problemfelder  
der Windenergie

Nicht nur bei Windkraft, auch bei anderen regenerativen Energien wie Sonne oder Biomasse, bauen Politiker wie Stromkonzerne systematisch neue Hindernisse auf: Es stehen Vorwürfe einer »Subventionsmentalität« in der Windenergiebranche, wo Betreibern »Abzocke« vorgeworfen wird, im Raum. Die Subventionen im Jahre 2003 betragen 7,8 Mrd. Euro.

Natürlich verursachen Windenergieanlagen Geräusche. Die örtlichen Behörden sind jedoch verpflichtet, keine Anlagen zu genehmigen, die lauter arbeiten, als die sogenannte »Technische Anleitung Lärm« erlaubt. Bei der Genehmigung von Wind-rädern müssen die Behörden berücksichtigen, dass Anwohner nicht andauernd in deren Schatten leben wollen. Das wird auch durch Auflagen in Genehmigungen verhindert. Darüber hinaus reichen grundsätzlich die von den Windenergieanlagen

An geeigneten  
Standorten gibt es nur  
wenig Vogelschlag

einzuhaltenen Sicherheitsabstände aus, um die benachbarten Wohngrundstücke nicht unzumutbar durch den Schattenschlag zu beeinträchtigen. Den sogenannten »Disco-Effekt« der sich drehenden Windflügel gibt es heute kaum mehr. Er kann weitgehend reduziert werden, indem man die Flügel mit matten Farben anstreicht, die das Sonnenlicht nicht zurückwerfen. Windkraftanlagen werden in der Öffentlichkeit gemeinhin als »Vogelschredder« bezeichnet. Der Nachweis ist problematisch, weil die Vögel, die zweifellos dabei umkommen, meist von kleinen Raubtieren wie Mardern, Füchsen oder streunenden Katzen verschleppt und gefressen werden. Grundsätzlich stehen Windräder als Todesursache außer Frage, allein der quantitative Aspekt ist diskutierbar.

Eine Studie besagt: Die  
Erneuerbaren Energien  
liegen voll im Trend

Eine Allensbach-Studie vom 3. November 2003 zeigt: Ginge es allein nach den Wünschen und Idealvorstellungen, würden Sonne, Wind und Wasser die wichtigsten Säulen der künftigen Energieversorgung bilden, mit großem Abstand gefolgt von Gas, Kernenergie und Erdöl. Auf die Frage, welche Energiequellen in den nächsten zwanzig, dreißig Jahren die Energieversorgung vor allem sicherstellen sollten, liegt das Ergebnis der Mehrfachnennungen klar im Trend: 70 % die Sonnenenergie, 55 % die Windenergie und 50 % Wasserkraftwerke. Erdgas erreicht lediglich 31 %, die Kernenergie 19 %.

Offshore-Windparks in der  
deutschen Ausschließlichen  
Wirtschafts-Zone

Die Windenergienutzung auf Hoher See – Offshore – kann viele Problemfelder dieser Technik lösen, bringt aber auch neue Herausforderungen. Bisher wurden von der Genehmigungsbehörde, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), sieben Windparks in der Nordsee genehmigt, die insgesamt fast 250 Anlagen umfassen. Weitere sechs Projekte befinden sich vor Abschluss des Verwaltungsverfahrens, weitere sechs sind kurz davor, diesen Stand zu erreichen. Wie realistisch die Umsetzung ist, zeigt u.a. die Beteiligung der großen Energieversorger an verschiedenen Projekten. Der Ausbau dieser Energieform soll umwelt-, natur- und volkswirtschaftlich verträglich gestaltet werden und stufenweise erfolgen. In der beschlossenen Novelle des Bundesnaturschutzgesetzes sind wichtige Neuregelungen für den Meeresnaturschutz in der »Ausschließlichen Wirtschafts-Zone (AWZ)« enthalten. Dies betrifft die Ausweisung von Schutzgebieten in der AWZ sowie Regelungen zu den besonderen Eignungsgebieten für Windkraftanlagen und zum Genehmigungsverfahren nach der »Seeanlagenverordnung«.

Der Wind weht auf See  
stärker und beständiger

Die räumliche Gleichförmigkeit der Windfelder und die Windstärken auf See sind sehr viel beständiger und heftiger als an Land. Damit laufen die Windräder im Jahresdurchschnitt gleichmäßiger und mit einem höheren Nutzungsgrad. Korrosion und Wartungsarbeiten sind gegenüber den Landanlagen neue Herausforderungen, die neue Lösungen erfordern.

Verlärmung unter Wasser  
durch Offshore-WKAs

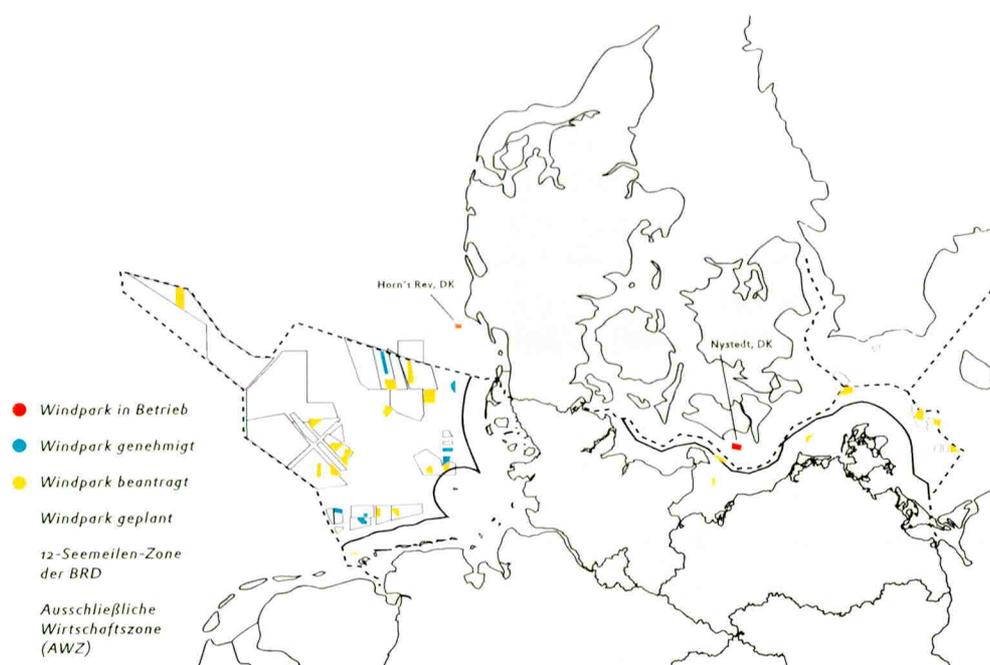
Windkraftanlagen erzeugen Vibrationen und andere niederfrequente Schallsignale. Die »Verlärmung« ist bei Offshore-Windkraftanlagen ein nicht zu unterschätzendes Problem, denn im Wasser ist die Schallausbreitung um ein Vielfaches schneller und weitreichender. Da Schall sich in Wasserkörpern unterschiedlicher Dichte auch unterschiedlich schnell ausbreitet, kommt es an Grenzschichten zur Reflexion von Schallwellen ähnlich der Lichtbrechung. Im offenen Ozean entsteht häufig eine warme Deckschicht, unter der eine kalte Schicht Wasser wiederum auf einem schwe-

renen salzreichen Wasserkörper liegt. Die beiden Grenzen können für Schall undurchdringlich sein. Damit entsteht ein Kanal, der Schall über weite Entfernung fixieren und transportieren kann. Dies Phänomen heißt soFAR-Kanal und ist z.B. u-Boot-Fahrern wohlbekannt. Schallsignale, die von Walen ausgestoßen werden, können so über weite Entfernungen von Artgenossen wahrgenommen werden. Inwiefern die Echolokation der Schweinswale durch weittragenden »Windpark-Lärm« beeinträchtigt wird, ist Forschungsgegenstand der MINOS-Studien.

Die meisten Offshore-Windparks wurden bisher in küstennahem Flachwasser bis ca. 10 m Tiefe errichtet. Dies ist in deutschen Küstengewässern aufgrund der Wattenmeernationalparks und anderer Schutzgebiete ausgeschlossen. Daher müssen die Windparks in größeren Wassertiefen errichtet werden. So stehen die Bauarbeiten vor neuen Herausforderungen: Fundamente werden im Sediment in relativ großen Wassertiefen (um die 20 m und mehr) geschalt und gegossen. Man muss dabei vor Augen haben, dass die Nordsee nicht das »friedlichste« Meer ist, sondern dass die Tage mit Wind über 5 Beaufort überwiegen und, dass eine solche Dünung auch eine Bewegung der Wassersäule bis zum Meeresboden zur Folge hat. Unter diesen Bedingungen sind auf die Fundamente Pfähle zu setzen, die die Gondeln und Rotoren tragen.

Der Umweltschutzaspekt ist bei der Konzeption und Genehmigung von Offshore-Windkraftparks ein wichtiger Themenkomplex. Zur Grundlagenermittlung werden Untersuchungen auf den Messplattformen in Nord- und Ostsee zum Vogelzug und zur Schallemission durch Windkraftanlagen auf See durchgeführt. Zudem gibt es ergänzende Forschungsprojekte über das Hörvermögen von Seehunden und Kleinwalen. Großflächige Bestandserhebungen von Meeressäugern und Rastvögeln werden vorgenommen. Desweiteren beschäftigen sich andere Vorhaben mit der Simulation von Schiffskollisionen sowie mit der Problematik der Trassenführung der Kabel unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher und juristischer Aspekte.

Forschungsprojekte  
untersuchen mögliche  
Auswirkungen der Offshore-  
Windkraftnutzung



Im Juli 2004 liegen  
30 Anträge auf Errichtung  
eines Offshore-Windparks  
beim BSH vor.  
Hiervon sind 24 in der  
Nordsee und 6 in der Ostsee  
geplant. Bis August 2004  
hat das BSH 7 Windparks  
in der deutschen AWZ  
genehmigt.

## Neue umweltbezogene Forschungsergebnisse zum Ausbau der Offshore-Energienutzung

Ein Beitrag von Dr. Adolf Kellermann, Friedrichstadt

Ausbau der Offshore-Windenergie wird von zahlreichen Forschungsvorhaben begleitet

Der Ausbau der Offshore-Windenergie-Gewinnung hat zu einem enormen Wissensgewinn auf dem Gebiet der Ökologie der Hohen See geführt. Im Laufe des Jahres 2001 wurde deutlich, dass für die Bewertung der Auswirkungen großer Windenergieanlagen auf die Lebewelt der Nord- und Ostsee umfangreiche Begleituntersuchungen auf großer Fläche erforderlich sein würden. Erfahrungen mit Offshore-Windparks in Skandinavien waren nur bedingt verwendbar, da die Ergebnisse an sehr viel küstennäheren Standorten gewonnen wurden. Daher hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Anfang 2002 sieben umweltbezogene Forschungsvorhaben initiiert, die eine Fülle umweltbezogener, aber auch gesetzgeberischer Aspekte des Ausbaus der Offshore-Energienutzung bearbeiten. Zwei davon befassen sich mit möglichen Auswirkungen auf die marine Lebewelt: *BEOFINO* (Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee) und *MINOS* (Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich). Derzeit konnte vor allem das Vorhaben *MINOS* eine Fülle von Ergebnissen präsentieren, die hier zusammengefasst werden sollen.

Windanlagen produzieren Schall – Ein Problem für die Lebewesen im Meer?

Im Forschungsvorhaben *MINOS* erkunden WissenschaftlerInnen u.a. Verbreitung und Wanderrouten von Robben, Schweinswalen sowie Seevögeln im Verlauf der Jahreszeiten in Nord- und Ostsee. Dabei untersuchen sie auch deren mögliche Gefährdung durch große Windenergieanlagen auf Hoher See. Die Forschungsergebnisse dienen als Bewertungsgrundlage für einen umweltgerechten, verantwortungsvollen Ausbau der Windkraftnutzung im Meer.

Darüberhinaus wird im Thema Akustik und Auswirkungen den sehr starken Schallemissionen, wie sie beim Bau und Dauerbetrieb von Offshore-Windparks auftreten, auch international große Aufmerksamkeit geschenkt. So liegen Ergebnisse einer internationalen Arbeitsgruppe zu diesem Thema vor.

### *Schall-Emissionen und Empfindlichkeit von Meeressäugern und Fischen*

Stört der Schall die Wale, Fische und Robben?

Meeressäuger – Wale: Die Anatomie des Walohres unterscheidet sich von Landsäugetieren in mehrfacher Hinsicht, wahrscheinlich aufgrund der spezifischen Probleme der Schallwahrnehmung unter Wasser im Gegensatz zur Luft. Bei Zahnwalen dürfte die Echolokation, also die Ortung von Objekten unter Wasser, eine Rolle spielen. Bei ihnen gilt es inzwischen als sicher, dass die Schallwellen im Wesentlichen über den Unterkiefer den Kopf erreichen und über einen oder mehrere fettgefüllte Kanäle zum Innenohr gelangen. Bei Bartenwalen ist der Weg der Übertragung von Schall unbekannt. Anatomische Ähnlichkeiten legen aber ähnliche Transmissionswege nahe. Während das Mittelohr im Bau von dem der Landsäugetiere abweicht, ist das Innenohr sehr ähnlich strukturiert. Allerdings sind manche Elemente in Anpassung an die Wahrnehmung von Ultraschall robuster, z.B. Membranen bei Zahnwalen. Bei Bartenwalen sind z.B. manche Membranen dünn und weit, was mit dem Hörvermögen im Infraschallbereich einhergeht. Im Allgemeinen gilt bei Zahnwalen, dass, je größer die Walart (z.B. Schwertwale), desto niedriger ist der obere Frequenzbereich

der Wahrnehmung. Je kleiner die Art ist (z.B. Delphine und Tümmler), desto höher ist der Frequenzbereich der oberen wahrgenommenen Töne. In Zahlen sind dies 100 bzw. 150 Kilohertz (kHz) als Grenzwerte der Tonhöhe. Zum Vergleich: Menschen nehmen Töne zwischen 20 Hz und 20 kHz wahr, Wale hören gut bis unter 10 Hz. Wie bei Menschen tritt auch bei Walen im Alter eine Einschränkung des Hörens im oberen Frequenzbereich auf. Die bekannten »Walgesänge« der Bartenwale liegen im Frequenzbereich von 10 bis 20 Hz mit einzelnen Elementen von 5 – 10 kHz.

»Ich höre was, was Du nicht hörst!«, sagt der Wal zum Menschen

Eine wichtige Größe in Bezug auf mögliche Schäden des Gehörs durch Schall ist der Schwellenwert und die Einflussgröße für seine Bestimmung. Schalldruck und -intensität können hier ermittelt werden. Auch die zeitliche Dauer des Signals spielt hier eine Rolle, seine Wirksamkeit hängt von der Tonhöhe ab. Diese Parameter und Vorgänge werden derzeit noch intensiv untersucht, so auch im Projekt MINOS. Maskierungseffekte, also die Überlagerung der eigenen Töne oder wahrgenommener Fremdgeräusche durch Störungen (»Lärm«), treten in ähnlichen Bandbreiten auf wie bei anderen Säugern, z.B. Menschen. Die Wahrnehmung von Tönen ist bei Zahnwalen auch stark von der Richtung des einfallenden Schalls abhängig. Direkt von vorn auftreffende Signale werden am besten wahrgenommen, Schall von der Seite oder von hinten am wenigsten stark. Dieser Effekt ist bei hochfrequenten Signalen am stärksten ausgeprägt.

Das MINOS-Projekt erforscht Auswirkungen von Lärm auf das Hörvermögen von Meeressäugern

#### **Auswirkungen von Schall auf Wale**

Die möglichen Wirkungen von Schall reichen von zeitweisem Hörverlust bis hin zu schweren Gewebeschäden wie nach Unterwasserexplosionen. Hohe Schallintensität kann die Hörempfindlichkeit herabsetzen (den Schwellenwert des Hörvermögens). Sie kann vorübergehend reduziert werden oder permanent verloren gehen. Sehr intensive Schalleinwirkung kann, gerade über längere Zeiträume, zu irreversibler Zellschädigung und damit zu einem permanentem Hörverlust führen. Aus ethischen Gründen gibt es und wird es dazu wenige bzw. keine Experimente mit Walen geben. Man kann aber aus Analogieschlüssen zu Landsäugetieren (z.B. Ratten), die unfreiwillig solchen Ereignissen ausgesetzt waren, Erkenntnisse gewinnen.

Im Gegensatz zu Walen sind Robben bisher kaum untersucht worden. Im Projekt MINOS wurden jetzt die einheimischen Seehunde unter dem Blickwinkel der Wirkung von Schall erforscht. Sie zeigten deutlich differenzierte Hörvermögen und Empfindlichkeiten und sind im Allgemeinen im tieffrequenten Bereich empfindlicher als z.B. Schweinswale.

#### **Gewebeschädigung bei Walen**

Die Forschung hat sich auf die Auswirkungen von Schallemissionen wie z.B. durch Sonar auf das Hörvermögen und auf Verhaltensmuster konzentriert. Einige Erkenntnisse bzw. Hypothesen liegen aber auch zu Auswirkungen vor, die nicht in Zusammenhang zum Hörvermögen stehen. Schäden durch Resonanzschwingungen sind nicht belegt, jedoch könnte Sonar die Blasengröße des Stickstoffs beeinflussen, der im Gewebe gelöst vorliegt. Insbesondere im übersättigten Gewebe könnte Sonar die Blasen vergrößern, was zur Bildung von Embolien, Geweberissen und Druckzunahmen führen würde. Besonders die Schnabelwale haben nach ihren arttypischen Tauchgängen mehrfach stickstoffübersättigte Gewebe (> 300%), was sie besonders

Hörverlust bis schwere Gewebeschäden können die Folge hoher Schallintensitäten sein

anfällig für diese Schädigung macht. Die oben geschilderten Symptome sind auch als Taucher- oder Dekompressionskrankheit bekannt. Die direktesten Hinweise auf einen Zusammenhang haben Strandungen von Schnabelwalen bei den Kanarischen Inseln im Jahr 2002 geliefert, denen Sonareinsätze bei Marineübungen vorangingen. Allerdings sind diese Erkenntnisse sehr neu und bedürfen weiterer wissenschaftlicher Prüfung.

111 Jahre alte Wal-Knochen  
dienen der Forschung

Neueste Hinweise kommen aus Studien an Pottwalknochen. Knochen- und Knorpelläsionen an 17 vollständig oder teilweise erhaltenen Skeletten von Pottwalen lassen vermuten, dass aus dem Gewebe ausperlende Gasblasen den Walen zusetzen. Als Folge kann es auch zum Absterben von Knochengewebe kommen (dysbare Osteonekrose). Die untersuchten Knochen stammten aus Atlantik und Pazifik und waren über einen Zeitraum von 111 Jahren gesammelt worden. Die Schäden zeigten sich in Form zahlreicher feiner Vertiefungen und Substanzverluste an der Oberfläche der Knochen, alte Pottwale waren stärker betroffen als kleine, jüngere Tiere.

### *Maskierung von Walkommunikation und -ortung*

Akustische Signale werden von Walen für diverse Zwecke eingesetzt: Kommunikation, Nahrungssuche, Ortung von Fressfeinden, Navigation und möglicherweise zum Töten von Beute. In jedem Fall muss der Wal Töne hören, seien es seine eigenen, ihre Echos oder Geräusche anderer. Dafür müssen diese Geräusche lauter als die Umgebungsgeräusche sein. Das Hörvermögen muss sensibel genug sein, um beide trennen zu können.

Mehrere Umgebungsgeräusche lassen sich gruppieren:

- Physikalisch: Winderzeugt, turbulenz erzeugt, seismisch, thermisch, Regen, ausgehend vom Meeresboden oder Eisbergen
- Biologisch: Von Tieren erzeugte Laute, direkt oder durch Bewegungen
- Menschengemachte Umgebungsgeräusche: Schiffsmotoren, Propeller, Wasserverdrängung und entsprechende Laute oder Schwingungen, Spritzwasser

Diese Geräuschkulisse bildet den Hintergrund, vor dem Wale die für sie relevante Umgebung wahrnehmen. Allerdings müssen wir bedenken, dass der Schalldruck mit der Entfernung von der Quelle, abhängig von mehreren Faktoren, abnimmt, da er sich wie eine Kugel rundum ausbreitet. Auch verhalten sich Töne verschiedener Frequenzen im Wasser nicht gleich. Hochfrequenter Schall reicht nicht so weit wie niederfrequente, tiefe Töne. Damit noch nicht genug, Schallausbreitung im Ozean hängt von Wassertiefe, Schichtung des Wassers, von Meeresboden- und Meeresoberflächeneigenschaften ab.

Schall hat viele  
Ursachen – natürliche oder  
menschengemachte

Es gibt sichere Anzeichen dafür, dass in den vergangenen Jahrzehnten der menschengemachte Lärmanteil an Unterwassergeräuschen drastisch gestiegen ist. Beigetragen haben die Schifffahrt, Öl- und Gasgewinnung auf Hoher See sowie die Nutzung von Sonar für militärische Zwecke und Exploration. Es gibt diverse Hinweise auf Reaktionen von Walen auf menschengemachten Unterwasserlärm. Belugas verändern ihre Lautäußerung, wenn sie in Gebiete mit höherem Hintergrundlärm verbracht werden. Schalldruck und Frequenz werden erhöht, vielleicht mit dem Ziel, der Maskierung eigener Töne zuvorzukommen. Pottwale stellen ihre Lautäußerung ein, wenn militärisches Sonar aktiv ist. Ähnliches wurde bei Buckelwalen beobachtet, die

Schallquellen auch aktiv vermeiden. Die Charakteristik der Lautäußerung kann also durchaus von menschlichen Schallquellen verändert werden. Festzustellen, welche Auswirkungen das in der Summe hat, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

### *Verhaltensänderungen von Walen*

Darunter mag eine Reihe von Stereotypen fallen, die potenziell von akustischen Signalen, direkt oder indirekt beeinflusst werden können. So zeigen z.B. Grönlandwale kürzere Auftauchzeiten, weniger Atemzüge und kürzere Tauchgänge, wenn sie menschengemachtem Lärm ausgesetzt sind. Zu den Verhaltensänderungen zählen möglicherweise auch abgebrochene Tauchgänge nach schallinduzierter Stickstoffausgasung im Gewebe, wie oben beschrieben. Eine Vielzahl von Einzelbeobachtungen ist in der Literatur beschrieben worden, ohne dass im Einzelfall generelle Regeln hätten abgeleitet werden oder Konsequenzen für die Art oder den Bestand hätten dokumentiert werden können.

Auf Verlärmung reagieren

Meeressäuger mit

Verhaltensänderungen

### *Auswirkungen von Schall auf Fische*

Das Innenohr der Fische ist ihr zentrales Organ für das Hören und den Gleichgewichtssinn. Auch die Schwimmblase ist bei vielen Fischarten, wo vorhanden, in die Schallwahrnehmung einbezogen. Da die Gewebeflüssigkeiten der Fische meist ähnliche Dichte haben wie das umgebende Meerwasser, wird der Schall durch den Körper dem Innenohr zugeleitet. Dort wird der Schall über Vibration der Gehörsteinchen (Otolithen) Haarzellen zugeleitet, die Nervenzellen stimulieren. Ein anderer Übertragungsweg ist der über die Schwimmblase, die Schalldruck als Vibrationen an das Innenohr weiterleitet. Bei einigen Fischen ist die Schwimmblase über kleine Knöchelchen mit dem Innenohr verbunden. Auch andere Knochen wie Schädel oder Wirbelsäule können in die Schallwahrnehmung eingebunden sein. Die Frequenzwahrnehmung reicht vom nieder- (50 Hz) bis hochfrequenten Bereich (180 kHz), wobei die Schwimmblase die Wahrnehmung deutlich erweitert.

Viele Fische produzieren selbst Geräusche, z.B. tropische Grunzerfische. Hintergrundlärm kann die Schallwahrnehmung der Fische maskieren, also verdecken. Fische setzen Schall für verschiedene Zwecke ein: Zur Partnerwerbung oder Brutpflege, zur Revierverteidigung oder als Schutz- oder Fluchtreflex. Fische können die Schallsignale ihrer Beute oder ihrer Rivalen orten.

Schall kann die Sinneshärchen im Innenohr zerstören. Es ist wenig erforscht, ob diese sich regenerieren können. Auch die Schwimmblase kann durch sehr intensive Beschallung zerstört werden. In Fischaugen kann ein ähnlicher Effekt auftreten wie im Blut von Meeressäugern (s.o.). Dort herrscht hohe Sauerstoffspannung und es kann durch intensive Beschallung zur Ausgasung und Gewebeschädigung kommen. Die Ei- und Larvenstadien sind relativ unempfindlich gegenüber kurzzeitiger Beschallung. Verhaltensänderungen gegenüber seismischer Beschallung sind gut dokumentiert und reichen von Schreckreaktionen über Änderungen des Schwimmverhaltens und der Schwimmposition bis hin zu horizontalem Davonschwimmen bzw. Vermeidung der Schallquelle. Diese Effekte werden u.a. zur Vergrämung von Fischen z.B. vor Kraftwerkseinlässen genutzt. Es wurden auch unmittelbare Reaktionen z.B. eines Heringsschwarms auf sich nähernde Schiffe beobachtet. Haie können durch Schall abgeschreckt werden, einige Fische werden von Schallquellen angezogen.

Unter Druck –

Schall kann bei Fischen

die Sinneshärchen im

Innenohr und die

Schwimmblase zerstören

Schweinswale  
werden gezählt

### *Verbreitungsbilder der Schweinswale in Nord- und Ostsee*

Das MINOS-Projekt führte 2002 und 2003 Zählungen der Schweinswale in der Ausschließlichen Wirtschaftszone der Nord- und Ostsee durch. Zählplattform war ein Flugzeug. Die Methode ist anerkannt und erlaubt schnelle und vergleichbare Erfassungen. Schweinswale zeigten in der deutschen Nordsee in den Jahren 2002 und 2003 übereinstimmende Verteilungsmuster mit abnehmender Dichte vom Grenzgebiet zu Dänemark bis hin zur südlichen Grenze zu den Niederlanden.

Gebiete mit überdurchschnittlicher Dichte sind die Seegebiete westlich der Inseln Sylt und Amrum. Hier werden Aufzuchtgebiete vermutet, da es viele Sichtungen von »führenden« Muttertieren, also Walkühen mit Kälbern gibt. Der gefundene Dichtegradient passt in das Verteilungsmuster für die gesamte Nordsee mit höchsten Dichten in der zentralen Nordsee und niedrigsten Werten in der südwestlichen Nordsee. Schweinswale sind also praktisch überall in den küstenfernen Seegebieten häufig und in Küstennähe nur vor dem nördlichen Schleswig-Holstein zu finden.

Verbreitungskarten  
erfassen Verteilungsmuster  
der Schweinswale  
in Nord- und Ostsee

In der Ostsee ergaben die Zählungen in den Sommermonaten sehr unterschiedliche Verteilungsmuster in den Jahren 2002 und 2003. Im Jahr 2002 lag die höchste Dichte im Bereich östlich der Insel Rügen, allerdings konnte das Gebiet »Kieler Bucht« 2002 nur teilweise befliegen werden, so dass es deutliche Lücken in der Verbreitungskarte gab. Im Sommer 2003 war ein Dichtegradient von West nach Ost zu beobachten, mit höchsten Schweinswaldichten im Bereich »Flensburger Förde« und »Kieler Bucht«. Diese Abnahme der Schweinswaldichte von West nach Ost deckt sich mit Daten, die mit anderen Methoden gewonnen wurden. Die Schweinswaldichten und die daraus errechneten Bestände sind in den untersuchten Gebieten der Nordsee in beiden Jahren relativ konstant.

Die Anzahl Schweinswale im gesamten Untersuchungsgebiet (immer bezogen auf einen mittleren Wert für die Monate Mai bis August) lag jeweils zwischen 34.000 und 39.000 Tieren mit leichten Schwankungen in einzelnen Teilgebieten zwischen den Jahren. Die sehr hohe Sichtungsrate und ermittelte Dichte von Schweinswalen westlich und nordwestlich der nordfriesischen Inseln Sylt und Amrum (im Bereich der Amrum Außenbank) lässt sich auf beobachtete Aggregationen im Mai zurückführen. Von Mai bis Juli gebären Schweinswale, so dass diese Aggregationen von bis zu 50 Schweinswalen (auf 15 km Flugstrecke) das soziale Verhalten zur Zeit der Geburt und Paarung widerspiegeln, allerdings auch auf eine reichhaltige und eventuell nur temporäre Futterquelle hinweisen könnten.

Unterschiedliche  
Schweinswaldichten in  
der Nord- und Ostsee

Die Dichten der Schweinswale in der Ostsee zeigten im Vergleich zur Nordsee 2002 und 2003 ein sehr unterschiedliches Bild. Nur das Gebiet der »Mecklenburger Bucht«, hier vor allem bei Fehmarn, wies in beiden Jahren vergleichbare Dichten auf. Das Gebiet östlich der Darßer Schwelle zeigte jedoch extreme Dichteveriation zwischen den Jahren 2002 und 2003. Im Sommer 2002 wurde, für die WissenschaftlerInnen überraschend, eine lokale Häufung von Schweinswalen auf der Oderbank beobachtet. Sie könnte zu den Schweinswalen der zentralen Ostsee, einer Population östlich der »Darßer Schwelle« gehören, die als stark bedroht gilt. Schweinswale in diesem Gebiet wurden trotz hohen Aufwands nur während der Flüge im Mai und Juli 2002 gesichtet.

Wie auch in der Nordsee könnten die beobachteten Aggregationen auf der Oderbank auf eine ergiebige temporäre Futterquelle, wie Fischschwärme, zurückzuführen sein.

### ***Akustische Erfassungen der Schweinswale durch »POD's«***

Eine elegante Methode zur Registrierung durchziehender oder permanent anwesender Schweinswale ist der Einsatz sogenannter POD's. Die Abkürzung bedeutet verkürzt »Schweinswalmelder« (englisch: Porpoise Click Detectors). Sie beruht auf der Wahrnehmung der akustischen Ortungslaute (»Clicks«), die von den Tieren in regelmäßigen Abständen und abhängig von ihrer jeweiligen Aktivität ausgestossen werden. »Clicks« sind den Sonarsignalen zur Ortung von Unterwasserobjekten in der Schifffahrt vergleichbar, wenn auch in viel geringerer Lautstärke (Intensität). POD's sind im Prinzip den Unterwassermikrofonen (Hydrophonen) vergleichbar, zeichnen die Signale jedoch über längere Zeiträume auf und bilden Schweinswalsignale sehr spezifisch ab. Durch den erfolgreichen Einsatz der POD's in der deutschen Ostsee konnte gezeigt werden, wie sinnvoll ihr flächendeckender und kontinuierlicher Einsatz ist. Dieses akustische Verfahren liefert ein Bild, das sich mit dem aus Befliegungen gewonnenen Verbreitungsbild deckt. Im Gegensatz zu flugzeug- und schiffsgestützten Verfahren, die nur bis zu einer bestimmten Wind- und Seegangsschwelle tauglich und verlässlich sind, können POD's überwiegend witterungsunabhängig eingesetzt werden. In Gebieten, in denen die POD's längerfristig eingesetzt werden konnten, erlauben die Daten einen Vergleich der Schweinswalaktivität im Jahreslauf. Dieser Vergleich gibt Hinweise auf eine saisonale Nutzung der Gebiete westlich von Fehmarn und in der »Kadettrinne« durch Schweinswale (viele Tiere im Sommer, wenige im Winter). Weiterhin weisen POD's, die innerhalb eines Gebietes in einem Abstand von mehreren Kilometern eingesetzt wurden, meist vergleichbare Daten auf, einzelne Geräte liefern also durchaus reproduzierbare Daten. Die akustischen Daten der stationär im Walschutzgebiet des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer vor Sylt ausgebrachten POD's zeigten, dass Schweinswale das Gebiet kontinuierlich im Jahresverlauf frequentieren, auch in unmittelbarer Küstennähe.

POD's –  
Porpoise Click Detectors  
spüren die Wale auf

### ***Verbreitungsbilder der Seevögel in der AWZ von Nord- und Ostsee***

Von 24 Seevogelarten konnten Verbreitungsbilder gewonnen werden, die zuvor in dieser Auflösung und Flächenabdeckung nicht bekannt waren. Aufgrund der Jahr-zu-Jahr-Variabilität und entsprechend wechselhafter Umweltbedingungen konnten für einige Arten, z.B. Seetaucher, Zusammenhänge zwischen hydrographischen Faktoren wie Frontenbildung und dem Vorkommen dieser Vögel erkannt werden.

Verbreitungsbilder zu  
24 Seevogelarten

### ***Seevögel und ihre Sensibilität gegenüber Offshore-Windparks und Schiffsverkehr***

In einem der MINOS-Teilprojekte wird erforscht, ob es zwischen wichtigen Seevogel-Vorkommen und Offshore-Windkraftnutzung in Nord- und Ostsee Konflikte geben könnte. Unter gezielter Beobachtung stehen dabei die besonders schützenswerten Seetaucher in der Nordsee sowie verschiedene Meerestenten in der Ostsee. WissenschaftlerInnen untersuchen das Vorkommen dieser Arten durch Zählungen von Schiffen und Flugzeugen aus. Die Auswertung dieser neuen, sowie bereits vorhandener Daten, erlaubt ihnen, mögliche Konflikte zwischen Windparks und bedeutenden Rastgebieten dieser Vögel abzuschätzen.

Beeinträchtigen  
Windparks Seevögel in  
ihren Rastgebieten?

Im Rahmen dieses Projektes konnten WissenschaftlerInnen durch Seevogel-Erfassungsfahrten beobachten, dass vor allem die beiden Seetaucherarten, Stern- und

Auswirkungen des  
Schiffsverkehrs auf  
Prachtttaucher,  
Trauer- und Eisenten

Prachtttaucher, die stärksten Fluchtreaktionen vor dem sich nähernden Beobachtungsschiff zeigten, indem sie früher als alle anderen regelmäßig auftretenden Seevogelarten vor dem Schiff aufflogen. Unter den Meereseenten besitzt die Trauerente die höchste Fluchtdistanz vor Schiffen. Eiderenten und Eisenten sind sehr variabel in ihrem Verhalten gegenüber sich nähernden Beobachtungsschiffen. Die hohe Variabilität in der Fluchtreaktion bestimmter Arten kann auch durch den Gewöhnungseffekt einzelner Tiere an regelmäßigen Schiffsverkehr erklärbar sein. Dies war meist in der Nähe von stark genutzten Schifffahrtsrouten der Fall. Es gibt Anzeichen, dass Meereseenten Seegebiete meiden, die häufig von Schiffen durchquert werden, auch wenn die Nahrungsbedingungen dort günstig sind.

Es wurde ein Sensitivitätsindex von Seevögeln gegenüber Offshore-Windparks entwickelt. Dieser Index wird auf die ›Ausschließliche Wirtschafts-Zone‹ und die Hoheitsgewässer Deutschlands in der Nordsee angewandt. Dafür wurden neun Faktoren ausgewählt, die in den Index einbezogen werden und für jede Seevogelart ermittelt wurden: Flugmanövrierbarkeit, Flughöhe, Anteil der Aktivität Fliegen an der Gesamtaktivität, Nächtliche Flugaktivität, Sensitivität gegenüber Schiffs- und Hubschrauber-Verkehr, Flexibilität in der Habitatwahl, Biogeographische Populationsgröße, Altvogel-Überlebensrate und Europäischer Gefährdungs- und Schutzstatus.

Seetaucher reagieren  
besonders empfindlich  
gegenüber Störungen

Die Vogelarten unterscheiden sich erheblich in ihren artspezifischen Sensitivitätswerten. Prachtttaucher und Sterntaucher sind am ›empfindlichsten‹, gefolgt von Samtente, Brandseeschwalbe und Kormoran. Die niedrigsten Werte wurden für Dreizehenmöwe, Lachmöwe und Eissturmvogel ermittelt. Der Offshore-Windpark-Sensitivitätsindex für die Nordsee wurde anhand der artspezifischen Sensitivitätswerte berechnet. Küstennahe Gewässer in der südöstlichen Nordsee weisen demzufolge während des ganzen Jahres höhere ›Verwundbarkeit‹ auf, als Bereiche weiter vor der Küste. Basierend auf der Häufigkeitsverteilung der Indexwerte wurden Schwellenwerte vorgeschlagen, die eine Unterteilung in ›unproblematische‹, ›problematische‹ und ›sehr problematische‹ Standorte ermöglichen.

Seehunden auf der  
Spur – mit Telemetrie

#### *Aktivitätsmuster und Raumnutzung durch Seehunde*

Hier verfolgten die ForscherInnen einen sehr interessanten methodischen Ansatz. Insgesamt 19 Seehunde wurden im Rahmen von 4 Ausrüstaktionen mit sogenannten Telemetriegeräten ausgestattet. Sie bestehen aus einem Kompass und Ortsbestimmungsgerät sowie mehreren Sensoren, die wie ein Fahrtenschreiber die Aktivität und Tauchtiefe der Tiere registrieren. Die Geräte werden den Seehunden bei Fangaktionen aufgeklebt und lösen sich spätestens beim Haarwechsel wieder ab. Zehn solcher Geräte konnten zur Auswertung per Satellit gefunden und geborgen werden. Acht Datensätze konnten ausgewertet werden. Sie dokumentierten insgesamt 118 Tage ruhender, tauchender und fressender Seehunde. Die Ergebnisse zeichnen ein sehr detailliertes Bild der Aktivität und Raumnutzung durch Seehunde auf See. Die Erkenntnisse über das Fressverhalten weisen darauf hin, dass fast ausschließlich im vorgelagerten Bereich des Wattenmeers gefressen, und dass bodenlebende Beutetiere bevorzugt werden. Nach Verlassen der Liegeplätze zeigen die Tiere ein typisches Aktivitätsmuster für die seewärtige Suche nach Nahrungsgründen und deren Nutzung. Zunächst schwimmen sie der Bodenkontur folgend geradlinig zu bestimmten Nahrungsgründen, wo sie dann mäandrierend in ständigen Tauchgängen

nach Nahrung suchen. Zum Fressen schwimmen die Tiere in eine Position kopfunter und mit dem Schwanz nach oben über dem Meeresboden. Diese Offshore-Nahrungssuche erstreckt sich in der Regel über mehrere Tage und wird nur von kurzen Ruhepausen unterbrochen. Nach Beutesuche und -fang kehren sie auf meist direktem Wege zu ihrem Liegeplatz zurück. Seehunde sind recht ortstreu: Die auf der »Lorenzenplate« ausgerüsteten Tiere nutzten stets ein etwa 6.000 km<sup>2</sup> großes Gebiet zum Beutefang, dessen Zentrum etwa 60 km West-Süd-West von der Plate entfernt liegt. Diese Ortstreu kann durchaus ein allgemeines Phänomen sein, das auch von Tieren anderer Liegeplätze gezeigt wird.

Ein Ergebnis:  
Seehunde sind recht  
ortstreu

## Wasserkraft

*In Deutschland ist Wasserkraft als wichtigste Erneuerbare Energie vom Wind abgelöst worden; weltweit liegt sie aber immer noch mit großem Abstand vorne und bleibt auch in Zukunft eine wichtige Säule der emissionsfreien Energieversorgung.*

Wasserkraft war  
in Deutschland die am  
stärksten genutzte  
Erneuerbare Energie

*Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« zeigt die Geschichte der Nutzung der Wasserkraft und die neuesten Entwicklungen. An diesem Beispiel wird das Spannungsfeld deutlich: Ausbau der Wasserkraftanlagen mit neuen Staustufen versus ökologisch intakte Bereiche.*

In vorindustrieller Zeit wurde Wasser schon zum Antrieb von Mühlen, Hammer- und Sägewerken genutzt. Die kinetische Energie einer Wasserströmung wird zum Antrieb von Maschinen oder Generatoren genutzt. Heutzutage wird in Deutschland mit Wasserkraft fast ausschließlich elektrischer Strom erzeugt. Weltweit sind unterschiedliche Kraftwerks-Typen im Einsatz: Laufwasser-, Speicherwasser-, Gezeiten- und Wellenkraftwerke.

Laufwasser- und  
Speicherwasser-, Gezeiten-  
und Wellenkraftwerke

18 % des global erzeugten Stroms stammen aus Wasserkraftwerken. Wasserkraft ist eine ausgereifte Technologie, die an weltweit zweiter Stelle nach der traditionellen Nutzung von Biomasse steht, mit welcher der größte Teil der Erneuerbaren Energien erzeugt wird. In Deutschland hat die Wasserkraft einen Anteil an der Stromerzeugung von 4,7 %. Das Wachstumspotenzial ist allerdings gering, weil der Neubau einiger Typen von Wasserkraftwerken gravierende Umweltschäden verursacht: Dass Erneuerbare Energien nicht zwangsläufig sanft und umweltfreundlich sind, zeigen beispielhaft die jüngsten Staudammprojekte in China, wo ökologisch wertvolle Landstriche im Wasser versinken und Millionen Menschen zwangsumgesiedelt werden.

Wasserkraft  
ist nicht per se  
ökologisch sinnvoll

Ende 2000 waren in Deutschland rund 5.500 Kleinwasserkraftanlagen in Betrieb, die 8 % des Wasserkraftstroms produzierten. Der Rest stammte aus 403 mittleren und großen Anlagen. Nur 12 % sind im Besitz von Energieversorgungsunternehmen, jedoch erzeugen diese über 90 % des gesamten Stroms aus Wasserkraft. Die Gesamtleistung liegt bei rund 4.620 MW. Im Jahr 2002 wurden rund 24 Mrd. kWh erzeugt. Der Anteil an der Stromerzeugung lag bei 4,2 %.

Da der Voralpenraum für ein günstiges Gefälle sorgt, liegen die größten Potenziale zur Nutzung der Wasserkraft in den südlichen Bundesländern. Größtes Augenmerk sollte bei der Wasserkraft auf den Ersatz und die Modernisierung vorhandener

Anlagen gelegt werden. Bei geeigneter staatlicher Förderung in den nächsten Jahren kann man hier unter Berücksichtigung aller Umweltsorgen, von einer Steigerung der installierten Leistung um ca. 800 MW ausgehen. Die Verbesserung der gewässer-ökologischen Situation mit einer Leistungssteigerung ist dabei ein Ziel.

#### Speicherkraftwerke und Laufwasserkraftwerke

Kleinwasserkraftwerke produzieren eine Leistung bis zu 1 MW – Anlagen über 1 MW sind große Wasserkraftanlagen. Diese unterteilen sich in 20 % Speicherkraftwerke und 80 % Laufwasserkraftwerke.

Im Bereich der Kleinwasserkraftanlagen besteht ein gewisses Ausbaupotential. Insbesondere durch die Modernisierung und Reaktivierung bestehender Anlagen, die aufgrund des »Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)« und z.T. durch Investitionszuschüsse wirtschaftlich wieder tragfähig werden. Dem Anliegen des Naturschutzes und der Gewässerökologie ist dabei Rechnung zu tragen. Die Anlagen werden im Inselbetrieb als auch in der Netzkopplung eingesetzt. Technisch handelt es sich hier um Speicher- oder Laufwasserkraftwerke, die aufgrund kleiner Fallhöhen und Wassermengen nur geringere Leistungen liefern. Bei einer Leistung von 70 bis 1.000 kW von neuen Kleinwasserkraftanlagen kostet ein Kilowatt installierter Leistung zwischen 8.500 und 10.000 Euro. Die »Stromgestehungskosten« liegen bei einer typischen Auslastung von 4.000 bis 5.000 Volllaststunden pro Jahr zwischen 10 und 20 Cent/kWh. Die Kosten von Wasserkraftanlagen sind stark von der installierten Leistung, von der Fallhöhe und von Zusatzkosten abhängig.

Speicherkraftwerke benutzen das hohe Gefälle und die Speicherkapazität von Talsperren und Bergseen zur Stromerzeugung. Beim Talsperren-Kraftwerk befinden sich die Turbinen am Fuß der Staumauer. Beim Bergspeicherkraftwerk wird ein in der Höhe liegender See über Druckrohrleitungen mit der im Tal liegenden Kraftwerksanlage verbunden. Speicherkraftwerke können sowohl zur Deckung der elektrischen Grundlast als auch im Spitzenlastbetrieb eingesetzt werden. Demgegenüber nutzen Pumpspeicherkraftwerke keine natürlichen Wasservorkommen. Hier wird es durch aus dem Tal hochgepumptes Wasser befüllt. Es wird in Schwachlastzeiten Strom kinetisch zwischengespeichert und kann später in Spitzenlastzeiten wieder über die Turbinen abgerufen werden.

Laufwasserkraftwerke nutzen die Strömung eines Flusses oder Kanals. Charakteristisch ist eine niedrige Fallhöhe bei relativ großer, jahreszeitlich schwankender Wassermenge. Die Anlagen werden aus wirtschaftlichen Gründen oft in Verbindung mit Schleusen gebaut.

#### Seegangkonvertersysteme gewinnen Strom aus den Wellen des Meeres

Eine neue Art von Gezeitenkraftwerk wurde nun in England realisiert. Bei diesem Stingray (Stechrochen) genannten Kraftwerk werden Gezeitenflügel von rund 10 Metern Länge durch die Gezeitenströmung in eine langsame Auf- und Abbewegung versetzt und erzeugen damit Strom. Bei einem anderen Konzept wird eine Art »Windmühle« auf dem Meeresboden in die Gezeitenströmung gestellt. Auf ca. 450.000 Gigawattstunden pro Jahr schätzen Experten die Strommenge, die weltweit aus Gezeitenströmen gewonnen werden könnte – das entspricht der jährlichen Produktion von etwa 40 großen Atomkraftwerken.

#### Gezeitenströmungen garantieren eine verlässliche Grundstromversorgung

Gegenüber der Windkraft hat die Nutzung der Gezeitenströmung zwei deutliche Vorteile. Zum einen sind die Gezeitenströmungen vorhersehbar und garantieren eine gleichbleibende Grundstromversorgung. Zum anderen liefert das Wasser Energie in

hochkonzentrierter Form, was die Größe der benötigten Anlagen überschaubar macht. Das hat jedoch eine Kehrseite, denn die großen Kräfte, die hier genutzt werden sollen, können auch zerstörerisch wirken. Deswegen konnte bisher noch kein derartiges Projekt ein wirklich positives Kosten-Nutzenverhältnis aufweisen.

Der erforderliche Ausbau und Aufstau von Fließgewässern hat eine Reihe nachteiliger Folgen, die ausgeglichen werden müssen. Begradigungen und Befestigungen von Uferbereichen, Veränderungen der Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten, Eingriffe in die Strömungsverhältnisse führen zu erheblichen Änderungen der Tier- und Pflanzenwelt. Wanderbewegungen von Fischen werden ganz oder teilweise unterbrochen, es kommt zu Ablagerungen und Verschlammung, da der Schweb- und Geschiebetransport im Gewässer gestört wird. Dies führt zu einem Zielkonflikt zwischen Klimanutzen und Gewässerschutz, der umso schärfer ausfällt, je naturnäher das betreffende Fließgewässer ist.

Über 90 % der Wasserkraftanlagen sind Anlagen mit einer Leistung bis 1 MW und daher vor allem im Bereich von kleineren Fließgewässern anzutreffen – der Grenzbereich zwischen Umweltauswirkung und Nutzen ist gerade hier kritisch einzustufen.

## Wasserstoff

*Wasserstoff als sekundärer Energieträger und die Brennstoffzellentechnologie liefern Zukunftsenergie; im Zentrum werden diese Potenziale näher beleuchtet und in Verbindung z.B. zur Solar- und Windenergie vorgestellt. Flexibel folgt die Ausstellung der rasanten Entwicklung in diesen Hochtechnologiebereichen.*

Wasserstoff ist keine Primärenergie wie die anderen Erneuerbaren Energien. Vielmehr handelt es sich um einen Sekundärenergieträger, der mit mehr Energie hergestellt werden muss, als er später abzugeben vermag. Doch Wasserstoff kann als Energiespeicher verwendet werden und verfügt dann über eine Reihe von Vorteilen. So kann er gelagert und ggf. über große Entfernungen transportiert und für die verschiedensten Anwendungen genutzt werden.

In Brennstoffzellen lässt sich damit Strom und Wärme mit hohem Wirkungsgrad erzeugen; die katalytische Verbrennung liefert direkt Wärme. Zwei Vorteile des Wasserstoffs sind evident: Wasserstoff wird durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen – einem Rohstoff, der fast überall verfügbar ist, und bei der Verbrennung entstehen keine schädlichen Emissionen – chemisch verbrennt er zu Wasserdampf.

Die technischen Risiken (Explosionsgefahr) sind vorhanden, aber ähnlich wie beim Erdgas beherrschbar. Hohe Energieverluste durch Herstellung, Verflüssigung, Transportkosten (Pipeline, Tanker) machen Wasserstoff derzeit noch nicht wettbewerbsfähig, da hierdurch die Kosten von Solarstrom um das zwei- bis dreifache erhöht würden. Der Transport von Wind-, Solar- und Wasserkraft-Strom erfolgt derzeit durch Hochspannungsleitungen kostengünstiger. In kommenden Jahrzehnten jedoch wird Wasserstoff als Energiespeicher für solaren Überschussstrom interessant, um wind- und sonnenarme Zeiten überbrücken zu können.

Nachteile der

Wasserkraftnutzung

Bereits 1874 formulierte

Jules Verne in seinem Werk

»Die geheimnisvolle Insel«

eine zukunftsfähige Vision:

Er lässt den Ingenieur Smith

auf die Frage, womit die

Menschheit nach Erschöp-

fung der natürlichen Brenn-

stoffe heizen werde, sagen:

»Wasser, doch zersetzt in

seine chemischen Elemente.

Ich glaube, dass eines Tages

Wasserstoff und Sauerstoff

eine unerschöpfliche Quelle

von Wärme und Licht bilden

werden.«

## Geothermie

*Die Geothermie kann im Mix der Erneuerbaren Energien die witterungsabhängigen Techniken wie Wind- und Sonnenenergie perfekt ergänzen. Im Erlebniszentrum »Energie-Welten« wird diese noch weitgehend unbekannt Form der Energiegewinnung vorgestellt und es zeigt sich deutlich, wie die alternativen Energien im Zusammenspiel die Forderungen einer »nachhaltigen Energiewirtschaft« erfüllen können.*

Die Energiegewinnung aus Erdwärme soll in Island weiter ausgebaut werden

Erdwärme könnte bis zu 100 % des Weltenergiebedarfs decken, in Deutschland spielt sie bis dato keine Rolle. 99 % der Erdmasse ist heißer als 1.000°C. Hier liegt ein gigantisches Energiepotenzial auch für Deutschland brach. In der BRD laufen zur Zeit an verschiedenen Standorten Probebohrungen bis zu 400m Tiefe. Auf Island werden bereits 85% der Häuser mit Erdwärme beheizt, sie liefert 7% des Stroms. Innerhalb einer Generation wollen sich die Isländer vollständig von fossilen Energien unabhängig machen.

Mit Erdsonden Gebäude heizen

Bei oberflächennahen Erdsonden handelt es sich um die derzeit häufigst verwendete Art zum Heizen von Gebäuden. In ein ca. 100m tiefes Bohrloch wird ein Doppel-U-Rohr als Wärmetauscher eingebaut. Nun wird Wasser in die Tiefe gepumpt, welches dann wieder erwärmt an die Oberfläche steigt. Eine angeschlossene Wärmepumpe hebt dann die dem Boden entnommene Wärme auf ein höheres Temperaturniveau (ca. 35°C), mit der die Niedertemperaturheizung des Hauses betrieben werden kann. Im Sommer wird das Erdreich wieder durch die Sonneneinstrahlung und durch das Grundwasser sowie durch die aus dem Erdinnern aufsteigende Energie erwärmt.

100°C heißes Wasser bereits in 1.000 m Tiefe

In Deutschland findet man vielerorts in Tiefen zwischen 1.000 und 2.000 m heißes Wasser weit über 100°C. Diese natürlichen Ressourcen lassen eine geothermische Nutzung in »Hydrothermalen Anlagen« größeren Umfangs zu. Das an die Oberfläche gepumpte Wasser gibt seine Wärme in einem Wärmetauscher an ein Heizungswassersystem ab. Danach wird ihm noch mittels einer Wärmepumpe weitere Energie entzogen, um anschließend wieder in die unterirdischen Schichten zurückgepresst zu werden. In einem Schraubinger Projekt liefert ein derartiges System jährlich ca. 21.600 MWh Wärme.

Erdwärme liefert Energie – unabhängig von Tageszeit und Wetter

Im »Hot Dry Rock«-Verfahren werden zwei dicht beieinanderliegende Bohrungen einige Kilometer tief in den Boden niedergebracht. Dann wird durch das Bohrloch Wasser eingepresst, welches später als heißer Wasserdampf aus dem anderen wieder aufsteigt, mit dem man somit Turbinen zur Stromerzeugung betreiben kann. Weltweit sind derzeit geothermische Kraftwerke von mehr als 8.000 MW in Betrieb, vorwiegend in Ländern mit aktivem Vulkanismus, wo bereits in geringen Tiefen hohe Temperaturen herrschen. Der große Vorteil dieser Technik besteht darin, dass sie – unabhängig von Tageszeit und Wetter – gleichmäßig Energie liefert und daher das Potenzial hat, Atomkraftwerke überflüssig zu machen und stetig Grundlaststrom zu erzeugen.

Vermutlich haben Menschen schon früh geothermisches Wasser, das in natürlichen Becken und heißen Quellen auftrat, zum Kochen und Baden gebraucht. Es gibt Beweise dafür, dass amerikanische Indianer bereits Orte an geothermischen Quellen

vor mehr als 10.000 Jahren nutzten – viele mündliche Überlieferungen beschreiben diese Stellen. Geothermische Ressourcen wurden auch von den Römern, Japanern, Türken, Isländern, Zentraleuropäern und den Maoris in Neuseeland zum Baden, Kochen und zur Heizung verwendet.

Ein Beispiel für solche frühen Nutzungen ist z.B. das geothermische Wasser der heißen Quellen von Huaqingchi in China, wo ein Bade- und Behandlungszentrum vor ca. 2.000 Jahren errichtet wurde; und die heißen Quellen von Ziaotangshan bei Peking, die ca. 800 Jahre lang von der kaiserlichen Familie und hohen Würdenträgern der Ming- und Qing-Dynastien besucht wurden.

Das erste (heute noch existierende) geothermische Fernwärmenetz entstand im 14. Jahrhundert in Chaudes-Aigues im Zentrum Frankreichs. Erste industrielle Anwendungen gab es bei der Extraktion von Chemikalien aus den natürlichen geothermischen Manifestationen (Dampf, Quellen und Ablagerungen) in Italien in der Region Larderello. Nach der Entdeckung von Borsäure in den heißen Wässern im Jahre 1777 wurde die Gewinnung ernsthaft betrieben, Anfang des 20. Jahrhunderts existierte dort eine blühende chemische Industrie. Geothermie wurde in der Vergangenheit in vielen Ländern benutzt, jedoch sind die meisten Anwendungen nicht dokumentiert oder überliefert. Der Gebrauch geothermischer Quellen vor der Industriellen Revolution ist von mehr als 25 Ländern bekannt und belegt.

Auf den ganzen Welt  
wurde Erwärme von jeher als  
»heiße Quelle« geschätzt

## Biomasse

*Ob Stallmist, Holzreste oder eigens angebaute Pflanzen: Organisches Material ist gespeicherte Sonnenenergie. Seine Verbrennung gilt als klimaneutral, weil nur so viel CO<sub>2</sub> frei wird, wie beim Pflanzenwachstum gebunden wurde – und das in vergleichbarer Zeit. Die Energiegewinnung aus Biomasse gilt als eine der vielversprechendsten neuen Techniken. Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« wird diese Verfahrensweise den Besuchern anschaulich näherbringen – vom »Sun-Diesel« bis zur Biogasanlage – und zeigen, dass die Landwirtschaft wichtiges Standbein im Szenario der »Nachhaltigen Zukunftsenergien« sein wird.*

Energiekreisläufe  
in der Natur –  
Gespeicherte Sonne  
steckt in jeder Pflanze

Nach Schätzungen könnten die festen, flüssigen und gasförmigen Bio-Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft in Biogasanlagen und Holzheizungen bis zu 10 % des deutschen Energiebedarfs kostengünstig decken. Bis 2010 wird Biomasse vermutlich 5 % des Stroms liefern. Das Potenzial zur Deckung des Weltbedarfs liegt bei etwa 40 %. Heute liegt der Anteil an der Stromerzeugung in Deutschland bei etwa 0,4 %, der Anteil der Wärmeerzeugung bei 4 %.

»Sun-Diesel« – ein neuer Dieselkraftstoff – der nicht stinkt wie Heizöl, sondern eher nach Fruchtsaft duftet, in geringen Mengen sogar trinkbar ist und aus Pflanzenresten hergestellt wird, kann schon in vier Jahren zu einem Preis von 40 bis 50 Cent produziert werden. Da keine Mineralölsteuer auf diesen Kraftstoff erhoben wird, würde dieser Dieselkraftstoff an Tankstellen mit den fossilen Konkurrenten zumindest gleichziehen. Er wird mittels eines aufwändigen Temperaturverfahrens aus trockener Biomasse hergestellt, feuchte Pflanzenteile eignen sich nicht für dieses Verfahren.

Sun-Diesel stinkt nicht  
wie Heizöl, sondern riecht  
nach Fruchtsaft – und ist  
ein vollwertiger Treibstoff

Daher handelt es sich bei dem verwendeten Material vorwiegend um Holz, was bei den zu erwarteten ungeheuren Rohstoffmengen die Befürchtung aufkeimen lässt, dass es sich hier um eine Technik handelt, die das Potenzial zu einem veritablen Waldkiller birgt.

Dung, Gülle und  
Grünschnitt liefern beim  
Vergären wertvolles  
Biogas

Aus Dung, Gülle, Grünschnitt kann durch Vergärung unter Luftabschluss Biogas erzeugt werden und dann zur Strom- bzw. Wärmeerzeugung genutzt werden. Zusätzliche Möglichkeiten liegen in der Nutzung von Klär- und Deponiegasen sowie der Vergärung anderer organischer Abfälle.

Holz und Stroh eignet sich zur Verbrennung und somit zur Wärme- und Stromherstellung. Insbesondere Schwachhölzer aus Durchforstungsmaßnahmen und unbehandelte Resthölzer aus der Industrie (z.B. Sägeabfall) können Verwendung finden. Chinaschilf, Pappeln oder Raps eignen sich als zusätzliche Energielieferanten. Sie liefern Biomasse, die sich als Brennstoff oder zur Treibstoffgewinnung eignet.

Ein Praxis-Beispiel:  
Im US-Städtchen Carthage  
werden in einer Hightech-  
Raffinerie täglich bis zu  
150 Tonnen organische  
Abfälle in Dünger, Gas und  
bis zu 80.000 Liter Öl  
umgewandelt

Gegen Ende 2001 gab es in der BRD ca. 1.650 Biogasanlagen in meist bäuerlichen Betrieben. Jedoch zeigen sich durchaus städtische Perspektiven. So werden in einem Lübecker Neubaugebiet ähnliche Vakuumtoiletten verbaut wie im »ICE« der Bahn. Neben der enormen Wasser-Ersparnis hat dies den Vorteil, dass so Fäkalien ohne Umweg über die Kanalisation direkt einer Biogasanlage zugeführt werden können.

Das Biogas, das durch die Vergärung von Pflanzenabfällen gewonnen wird, ist CO<sub>2</sub>-neutral: Beim Verbrennen des Gases wird nur soviel CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie vorher von den Pflanzen während ihres Wachstums der Atmosphäre entnommen wurde. Verbrennt Bio-Gas in einem Blockheizkraftwerk, so kann diese Energiemenge an anderer Stelle (z.B. Kohleheizwerk) eingespart werden, was somit eine CO<sub>2</sub>-Minderung bewirkt. Zudem gelangt das bei der normalen Vergärung von Pflanzenabfällen freiwerdende »Klimagas Methan« nicht in die Atmosphäre; dies verbessert die Klimabilanz zusätzlich.

## Prima Klima?

### Klimawandel – Klimaschutz

*Warum blühen Pflanzen früher und zieht es Vögel nicht mehr in die Ferne? – Der Klimawandel macht sich schon jetzt auch in der heimischen Natur bemerkbar: Einige Pflanzen blühen früher, Zugvögel ändern ihr Verhalten, Meeresbewohner wandern auf anderen Routen. Das belegt eine Studie des Albrecht-von-Haller-Instituts der Universität Göttingen. »In Deutschland könnten zwischen 5% und 30% der Arten aussterben«, schätzt Hartmut Vogtmann, Präsident des Bundesamtes für Naturschutz, »wenn eine Reduktion der Klimaerwärmung nicht gelingt.«*

Klima im Wandel –  
Pflanzen blühen früher und  
manche Vögel zieht  
nichts mehr in die Ferne

Das Zentrum »Energie-Welten« schildert detailliert diesen weltweiten Prozess, zeigt die Folgen auf und beschreibt Lösungsansätze, wie die Steigerung der Energieeffizienz, den Umstieg auf »treibhausärmere« Energieformen und den verstärkten Einsatz von Erneuerbaren Energien.

Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wird Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) freigesetzt und in der Atmosphäre angereichert. Die daraus resultierenden Folgen auf das ›Ökosystem Erde‹ bezeichnet man »Treibhauseffekt«.

Organisches Material besteht aus Kohlenstoffverbindungen, verbrennt man es, wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Kohlenstoff, den die Pflanzen für ihr Wachstum benötigen, entnehmen sie dem CO<sub>2</sub> der Luft. Beim Tod einer Pflanze wird nach und nach die gleiche Menge Kohlenstoff wieder an die Atmosphäre zurückgegeben. Durch solche natürlichen Prozesse entsteht in der Luftschicht also keine Anreicherung von Kohlendioxid. Dies gilt nicht für Kohlenstoff, der aus Jahrtausenden alten Lagerstätten im Erdinneren in Form von Erdöl oder Kohle zutage gefördert wird: Der Mensch setzt durch die Nutzung dieser fossilen Brennstoffe in geologisch gesehen kürzesten Zeiträumen das in ihnen gebundene CO<sub>2</sub> durch Verbrennung frei.

Kohlendioxid ist in der Atmosphäre nur als sogenanntes Spurengas enthalten, jedoch bewirkt bereits ein kleiner Anstieg seiner Konzentration eine Temperaturänderung. Das CO<sub>2</sub>-Molekül »hält die Wärme der Erde fest«, indem es die Wärmeabstrahlung absorbiert. Die globale Erwärmung der Atmosphäre ist eine Folge – mit weitreichenden Auswirkungen: Wärmere Luft kann wesentlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kältere. Stärkere Niederschläge sind das Ergebnis. Die Luftdruckunterschiede zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten werden größer, und aufgrund des größeren Druckgefälles entstehen auch stärkere Winde. Das planetarische Windsystem wird verändert, die regenreichen Zonen verschieben sich nach Norden, die Wüstengürtel und regenarmen Zonen weiten sich aus.

In den vergangenen 150 Jahren stieg die Temperatur im globalen Mittel um ca. 0,8 – 1 °C. Das hatte zur Folge, dass der Wasserspiegel infolge des geschmolzenen Eises an den Polkappen um ca. 25 – 30 Zentimetern gestiegen ist. Bei einem Abschmelzen des gesamten Grönland-Eises läge der Meeresspiegel weltweit um bis zu 7 m höher. Trotz aufwendiger Küstenschutzmaßnahmen käme es zur Überflutung von Städten wie Los Angeles, London, New York, Buenos Aires, Shanghai oder Hamburg. Viele Inselstaaten würden unbewohnbar.

Durch den verstärkten Süßwassereintrag droht ein Abreißen des warmen Golfstroms: Ein Absinken des Salzgehalts durch erhöhte Niederschläge und Eisschmelze könnte zur Abschwächung dieser ›gigantischen Wärmepumpe‹, deren Heizleistung rund 250 Mio. Atomkraftwerken entspricht, führen. Als Folge würde das Klima in West- und Nordeuropa und an der amerikanischen Ostküste ähnlich wie in Sibirien werden.

#### *Der Treibhauseffekt und seine wahrscheinlichen Auswirkungen*

- Emissionen von Treibhausgasen führen zu globalen Klimaänderungen.
- Erwärmung bringt eine Häufung extremer Klimaphänomene wie Stürme, Hitzewellen, Dürren, Starkregen und Überschwemmungen.
- Der Meeresspiegel steigt durch thermische Ausdehnung und Abschmelzvorgänge an.
- Der »Run-away«-Effekt greift: Steigende Temperaturen – Auftauen des Permafrostbodens in Sibirien oder Kanada – große Mengen von Methan (Treibhausgas) werden freigesetzt – die Temperaturen steigen weiter.
- Niederschlagsgebiete und -mengen verändern sich.

Atmosphärisch:  
CO<sub>2</sub>-Auf- und Abbau  
sollten im Gleichgewicht  
stehen

Treibhauseffekt:  
Der Klimawandel hat  
bereits begonnen

Der Treibhauseffekt  
ist folgenschwer

- Küstennahe Wohn- und Anbaugebiete würden überflutet.
- Wüsten weiten sich aus, Dürren führen großräumig zur Versteppung.
- Erosion vernichtet landwirtschaftlich genutzte Flächen.
- Stürme und sturmbedingte Flutkatastrophen verursachen in zunehmendem Maße Zerstörungen und fordern Opfer.
- Menschen, (Nutz)Pflanzen und (Nutz)Tiere leiden unter ›Hitzestress‹, wirtschaftliche Schäden und Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion sind die Auswirkungen.
- Arme Staaten leiden am stärksten unter dem Klimawandel – die globale Ungleichheit steigt, Migration und zwischenstaatliche Auseinandersetzungen sind das Ergebnis.

### *Drei geeignete Klimaschutzstrategien*

Der Klimawandel  
kann gestoppt werden

#### Energieeffizienz

Diese kann durch Einsparung und verbesserte Stromproduktion gesteigert werden, was unmittelbar zu einer Senkung des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> und anderer konventioneller Schadstoffe sowie zu einer Verringerung des Verbrauchs an Ressourcen führt. Die massive Steigerung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite ist zudem eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Erneuerbare Energien in absehbarer Zeit langfristig den gesamten Anteil der Energieversorgung abdecken können. Sonst wird der Energieverbrauch dem realistischere in naher Zukunft verfügbaren Angebot an Erneuerbaren Energien unweigerlich davonlaufen.

#### Der Umstieg auf CO<sub>2</sub>-ärmere Energien (Brennstoffswitch)

Erdgas verursacht beispielsweise nur halb so viel CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilowattstunde wie Braunkohle. Mit dieser Strategie können kurzfristig erhebliche Mengen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Im Hinblick auf die Versorgungssicherheit kann der Umstieg auf Gas jedoch nur Teil einer mittelfristigen Gesamtstrategie sein.

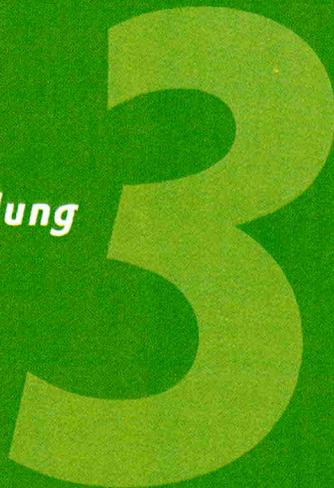
#### Nutzung Erneuerbarer Energien

Diese sind langfristig die einzigen Energiequellen mit Zukunft – nicht zuletzt aus Gründen begrenzter Verfügbarkeit fossiler Energieträger. Um dieses Ziel langfristig zu erreichen, müssen heute schon klare und überprüfbare Zwischenziele festgelegt und geeignete Maßnahmen zu ihrer Erreichung eingeleitet werden. Für viele Länder, z.B. die Entwicklungsländer, bieten sich mit der stärkeren Nutzung Erneuerbarer Energien unmittelbare Chancen. Sehr viele Menschen – ohne Zugang zu Elektrizität – könnten durch den Aufbau dezentraler Strukturen versorgt werden, teure Stromnetze werden so gespart. Hier eröffnen sich sowohl für Industrieländer als auch für Entwicklungsländer neue wirtschaftliche Aussichten. Um insgesamt die Sicherheit der Versorgung gewährleisten zu können und zeitliche Schwankungen der Verfügbarkeit auszugleichen, wird ein intelligenter Mix aus verschiedenen Erneuerbarer Energien benötigt.

## *Zur Konzeption der Ausstellung*

Im Verlaufe der letzten zwei Jahrzehnte haben sich in den Bereichen Ausstellungsdidaktik, -pädagogik und -gestaltung neue Schwerpunkte herausgebildet: Ausstellungen stellen sich methodisch variabler dar, appellieren zunehmend an das Neugier-Verhalten und entsprechen dem Besucherwunsch, spielerisch und lustbetont an neue Thematiken herangeführt zu werden.

Im Sinne des »Infotainment« (Information + Unterhaltung) kommt auch die Ausstellung in den »Energie-Welten« dem Streben nach unterhaltsamer Information und positiv anregenden Erlebnissen entgegen und orientiert sich inhaltlich wie formal prioritär an den variierenden Bedürfnissen ihres künftigen Zielpublikums.



## Zur Konzeption der Ausstellung

# 3

### Zehn Projekt-Phasen – Von der Ausstellungsplanung zur Realisation

*Was? Wozu? Für wen? Wie? Womit? Wo? Wann? Mit diesen Fragestellungen beginnt jeder Gestaltungsauftrag. Die plausible Beantwortung dieser Fragen bildet vorab die entscheidende Grundlage für eine erfolgversprechende konzeptionelle Entwicklung und einen zufriedenstellenden Produktionsablauf.*

*Ausstellungen sind Schauplätze besonders komplexer Gestaltungsaufgaben. Je umfangreicher eine solche Aufgabe ausfällt, desto langwieriger und anspruchsvoller gestaltet sich der Arbeitsprozess zu deren Erfüllung; koordiniertes und planvolles Handeln gilt hier als Voraussetzung für einen erfolgreichen Problemlösungsprozess.*

Die folgenden 10 Projektphasen stellen dar, wie die einzelnen Schritte zur Realisation eines Ausstellungsvorhabens organisiert sind. Insbesondere innerhalb der ersten vier Schritte ist eine intensive Kooperation mit den Auftraggebern, den kuratierenden Experten, den Architekten und dem Designteam notwendig. Die Organisation einer kompetenten und mit Entscheidungsbefugnissen ausgestatteten Projektgruppe bildet den Auftakt.

#### **1. Informationsphase**

Dieser Zeitraum dient der Materialrecherche, der Sichtung von Archivmaterial und Informationsvorselektion, ggf. auch der Beschaffung geeigneter Literatur. Neben der Einarbeitung in die Ausstellungsinhalte stehen Experten-Gespräche sowie Abstimmungsprozesse mit dem Auftraggeber im Vordergrund.

Darüber hinaus werden Informationen über thematisch vergleichbare Einrichtungen eingeholt, die in räumlicher Konkurrenz stehen; sofern vorhanden, schließen sich Kontakte und Besuche vor Ort an, um die eigene Ausstellungskonzeption individuell auf ungenutzte Aktionsfelder ausrichten zu können.

#### **2. Analytische Phase**

Je intensiver die analytische Auseinandersetzung mit den vorhandenen Informationen und projektbezogenen Gegebenheiten erfolgt, um so detaillierter kann das Projektanliegen und die Zielsetzung des Ausstellungsvorhabens formuliert werden.

In dieser Phase werden Beurteilungskriterien aufgestellt, deren Präzisierung maßgeblich alle darauf folgenden Arbeitsschritte beeinflusst. Es folgt die Festlegung des

Informationen sammeln

Projektanteile analysieren

Kommunikationsziels, des Budgets und Terminablaufs sowie die Definition der Zielgruppe mit Hilfe einer Vorab-Befragung, die gesicherte Erkenntnisse über Besucherinteressen und -verhalten liefert.

Diese gründliche und durch das interdisziplinäre Kompetenzteam breit gefächerte Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung ist zeitlich vor der gestalterischen und produktionstechnischen Umsetzung zu platzieren und hilft, meist kostenintensive Fehleinschätzungen zu verhindern. In diesem Projektschritt kann eine »formative Evaluation« die wichtigsten Entscheidungsprozesse positiv begleiten (s.a. »Evaluation als strategische Planungsmethode«).

### 3. Konzeptionsphase

Leitthema und -idee  
formulieren und  
Inhalte strukturieren

Im Vordergrund steht die Festlegung, Beschreibung und Begründung der planerischen Leitidee, ein übergeordnetes Leitthema wird formuliert. Zweck, Ziele und Botschaften werden definiert und individuell auf das Angebot des dann einmaligen Erlebniszentrums zugeschnitten. Dementsprechend ergibt sich zwangsläufig eine Favorisierung der Inhalte, die fortan der Erarbeitung einer groben Besucherführung dienen. Die Kommunikationsstrategien und -medien sowie die Vermittlungsmethoden werden entwickelt, der Material-, Raum- und Zeitbedarf mit der Projektgruppe konkretisiert. Das Planungsteam wird komplettiert und die künftige Aufgabenteilung nach Kernkompetenzen vorgenommen.

### 4. Entwurfsphase

Entwerfen und  
Überprüfen

Nachdem die Ausstellungsinhalte festgelegt sind, kann die detaillierte Entwurfsplanung beginnen. Die Zeit ist reif für kreatives Schaffen, lustvolles Herumspinnen, di- und konvergentes Denken. Erste Scribbles visualisieren die Umsetzung der Inhalte exemplarisch, um grundsätzliche Kommunikationsprinzipien – Gestaltung, Didaktik, Interaktion uvm. – zu veranschaulichen und zur Diskussion zu stellen.

Die formative Evaluation überprüft anhand erster Prototypen die Reaktion und Akzeptanz der BesucherInnen. Das anschließende Gestaltungskonzept dokumentiert verbindlich alle Gestaltungsbausteine wie: Typografie- und Farbkonzept, Texthierarchien, Grafik, Illustrations-, Foto- und Animationsstil, Installationen, Materialeinsatz, Lichtführung, Ausstellungs-dramaturgie, Orientierungselemente usw.

### 5. Entscheidungsphase

Abgleichen und  
Entscheiden

Nach Abstimmung mit allen am Projekt beteiligten Fachleuten und unter Berücksichtigung der medien- und zielgruppenspezifischen Aufbereitung, wird das Gestaltungskonzept verabschiedet und nunmehr als Feinkonzept umgesetzt und im Detail durchgestaltet.

### 6. Phase der Kalkulation und Produktpassung an die Produktionsbedingungen

Kalkulation und  
Produktion

Nach letzten inhaltlichen Korrekturen steht nun die Überprüfung der Realisierungsmöglichkeiten und der Verfügbarkeit aller erforderlichen Materialien an. In diesem Zusammenhang findet unter Erläuterung des Gestaltungskonzeptes ein intensiver Austausch mit den an der Produktion beteiligten Personen und Firmen statt, welche ihrerseits auf notwendige, produktionsbedingte Planungsänderungen hinweisen. Diese Phase endet mit der Einholung und Sichtung von Angeboten und verbindlichen Fixierung des Zeit- und Kostenrahmens.

### 7. Realisierungsphase

Die Produktionspartner werden ausgewählt, die Aufträge vergeben. Ausstellungsmacher widmen sich nunmehr der Aufgabe Produktionsprozesse zu betreuen und zu überwachen.

Erfahrungsgemäß hält dieses Entwicklungsstadium allerlei Überraschungen bereit; zugesagte Produktionszeiten werden überschritten oder benötigtes Material ist erst nach Wochen lieferbar, Farben platzen ab oder bleichen aus, riesige Prints schlagen unvermutet Blasen oder fallen gar komplett vom Trägermaterial. Die Aufbauphase ist dann oft »Pre-Test« für Mensch und Material.

Produktion und  
Aufbau vor Ort

### 8. Testphase

In der Endphase des Ausstellungsaufbaus wird die Ausstattung in allen Ausstellungsräumen fertiggestellt und die Akustik und Beleuchtung der Umgebung angepasst. Jetzt werden die Schulungen künftiger Mitarbeiter abgeschlossen. Die letzten Printprodukte kommen aus der Druckerei und vervollständigen das Corporate Design, während die Pressearbeit auf Hochtouren läuft. Die Generalprobe bildet ein umfangreicher Testbetrieb.

Fertigstellung und  
Testbetrieb

Werbung  
und Pressearbeit

### 9. Eröffnung

Zu guter Letzt erfolgt die Schlüsselübergabe im Rahmen der Eröffnungsfeierlichkeiten – unzählige Gäste erfreuen sich am Event-Charakter der Auftaktveranstaltung.

Schlüsselübergabe

### 10. Laufender Betrieb und Evaluation

Ausstellungen sind niemals »fertig«, sondern entwickeln sich ständig weiter. Ein Teil dieser Entwicklung ist die Überprüfung, ob die formulierten Ziele erreicht und die gesendeten Botschaften verstanden werden. Dies geschieht im Zuge der summativen Evaluation. Auf Grundlage dieser Besucherbefragungen und -beobachtungen können effektive Vorschläge für eine weitere Optimierung des Gesamt-Angebotes erarbeitet werden.

Besucherbefragung

Ausstellungen müssen nicht nur gut gepflegt, sondern auch laufend reattraktiviert werden. Hierzu empfiehlt sich grundsätzlich die Einrichtung einer festen »Sonderausstellungsfläche« mit aktuellen Themen-Präsentationen. So wird den BesucherInnen jedes Jahr ein neuer Anreiz dargeboten, wiederzukommen.

Ausstellungspflege und  
-erweiterung

Diese jährlich wechselnden Sonderausstellungen sollen als spektakuläre Highlights medien- und publikumswirksam den »normalen« Ausstellungsbetrieb flankieren, aktualisieren und bereichern.

Die jährliche  
Sonderausstellung  
ist ein wichtiger  
Bestandteil der  
Öffentlichkeitsarbeit

# 3

## Kommunikations-Design

### Die Konzeption der Ausstellung »Energie-Welten«

*Das Ausstellungs-Design im Erlebniszentrum »Energie-Welten« verfolgt den Auftrag, Informationsgehalte für große Menschengruppen erlebnisreich zu gestalten und so erfahrbar zu machen, dass komplexe Zusammenhänge erfolgreich transportiert werden können. Das erklärte Ziel dabei ist, das ökologische Denken und Handeln innerhalb der Gesellschaft zu steigern und zu verbessern.*

Die Fähigkeit des Menschen, sich mit Umwelt- und Entwicklungsfragen auseinanderzusetzen, ist eine unerlässliche Voraussetzung für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung. Das Konzept der Ausstellung zielt darauf ab, den aktuellen Stand der Energiedebatte transparent zu machen, die Vorurteile gegenüber den regenerativen Energien abzubauen, deren Zukunftspotenziale anschaulich darzustellen und die Freude zur kreativen Mitgestaltung unserer Umwelt zu wecken. Die interaktiven und partizipativen Methoden bieten den BesucherInnen konkrete Alltagsbezüge und zeigen jedem einzelnen Möglichkeiten für individuelles Engagement auf.

In diesem Sinne ergibt sich für das Zentrum mit seinen Ausstellungen im In- und Outdoor-Bereich und den künftigen Veranstaltungen folgende Intention:

**Der Zweck** Der Zweck des Erlebniszentrums »Energie-Welten« besteht darin, möglichst vielen BesucherInnen die globalen Auswirkungen herkömmlicher Energienutzung aufzuzeigen und die Zukunftspotenziale Erneuerbarer Energien hervorzuheben.

Nach Sondierung der Ausstellungsinhalte und Favorisierung bei der Themenauswahl wurde innerhalb der Konzeptionsphase – quasi als übergeordnetes Ausstellungsmotto – folgendes Leitthema entwickelt:

**Das Leitthema** **Unsere Welt steckt voller Energie!**  
**Heute nutzen wir sie mit umweltfreundlicher Technologie.**

Entsprechend dieser favorisierten Leitidee des Erlebniszentrums »Energie-Welten« gliedert die Besucherführung die Themenvielfalt innerhalb der Ausstellungsebenen in vier inhaltliche Kernzonen: **1** » Strom, Wärme, Mobilität, Energieverbrauch und -bedarf; **2** » herkömmliche Energieträger wie Öl, Erdgas, Kohle, Atomkraft und deren Problemstellung; **3** » Klima, Klimaeffekte und Klimaschutz; **4** » regenerative Energien

aus Wind, Sonne, Biomasse, Erdwärme, Wasser, Wasserstoff und die notwendige Entwicklung zur Nachhaltigkeit.

Der »Rote Faden« stellt den komplexen Inhalt in den spannungsvollen Kontext einzelner Stationen. Diese zeichnen sich in ihrer Informationsvermittlung durch den Einsatz adäquater Medien und abwechslungsreicher Inszenierungen aus. Multimediale und multisensorale Exponate erfüllen fortan den Zweck, kommunikative Brücken zwischen dem Ausstellungsanliegen und den BesucherInnen aufzubauen, um folgende Kernbotschaften erfolgreich zu transportieren:

**Wir alle leben in einer Welt.**

**Alle Menschen sind von der Ressource Energie abhängig.**

**Die Nutzung herkömmlicher Energiequellen ist endlich.**

**Die CO<sub>2</sub>-Emissionen beeinträchtigen das Weltklima.**

**Wir sind umgeben von unendlich viel ungenutzter Energie.**

**Die Nutzung Erneuerbarer Energien ist zukunftsfähig.**

Die Kernbotschaften

Durch die räumlich-gestalterisch und inhaltlich-didaktisch ausgefeilte Konzeption werden den BesucherInnen Informationen lebendig vermittelt, Die Inszenierung und Dramaturgie der Inhalte schafft emotionale Zugänge und weckt starke Gefühle. Dabei wird eine intensive Wechselwirkung von Präsentationen und Erfahrungen zwischen dem Innen- und Außenbereich angestrebt: Während innerhalb des Zentrums alles Wissenswerte didaktisch aufbereitet über Hintergründe informiert, laden die Lern- und Erlebnis-Inseln des Outdoor-Angebotes zur Begegnung mit dem »Echten« ein.

Die Ausstellungskonzeption ist darauf ausgerichtet, die Aufmerksamkeit zu wecken, den Informationsbedarf zu decken, den Dialog anzubieten und die BesucherInnen für das Thema »Zukunfts-Energien« nachhaltig zu sensibilisieren, um folgende Ziele zu erreichen:

**Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« will ...**

- ... die Problemfelder herkömmlicher Energienutzung verdeutlichen.**
- ... die Aspekte des Klimawandels aufzeigen.**
- ... den Klimaschutz als globale Herausforderung begreifbar machen.**
- ... die natürlichen Energiepotenziale unseres Planetens erleben lassen.**
- ... die Erneuerbaren Energien als zukunftsfähig begreifbar machen.**
- ... die aktuelle Technik zu Erneuerbaren Energien vorstellen.**
- ... die Akzeptanz für Erneuerbare Energien steigern.**
- ... persönliche Handlungsfelder aufzeigen.**

Die Ziele

## **Wechsel von Ruhe- und Aktionszonen**

Parallel zur Gestaltung einzelner Exponate wird deren systematisches Zusammenspiel auf der gesamten Ausstellungsfläche mit entwickelt. Die Belegung und Ausrichtung der verschiedenen Ausstellungsräume folgen einer Dramaturgie, die dem Gast während seines Aufenthaltes im Erlebniszentrum aktionsreiche und besinnliche Phasen im Wechsel verschafft.

Die Dramaturgie

### Kontemplative Momente

Um einer frühzeitigen Erschöpfung bei all der Informationsfülle vorzubeugen, wird durch gezielte Erholungsmomente meditatives Entspannen erlaubt, als Beispiel wäre hier eine Liegeinsel mit Windklängen zu nennen.

Neben solchen Indoor-Ausstellungseinheiten, die zu beschaulicher, entspannter Beschäftigung einladen, sollen gerade im Außenbereich ruhigere »Mußezonen« zur Verfügung gestellt werden.

### Aktionsfelder

Im Kontrast zu diesen Ruhezonen stehen die zahlreichen Attraktionen der interaktiven und multisensoralen Aktionsfelder, die methodisch abwechslungsreich stets das Interesse und die Aufmerksamkeit der Besucher anzuregen suchen. Bei der Vermittlung der Inhalte werden verstärkt sensorische Eindrücke wachgerufen, was auf unterschiedlichen Zugangsebenen ein Begreifen der Vielschichtigkeit der Thematik unterstützt: Erlebnisse zum Sehen, Hören, Anfassen, Riechen, bestenfalls auch zum Schmecken.

## Kommunikations-Design – Kriterien zur Gestaltung von Ausstellungen

Bei jeder Art von Kommunikation spielen die Wechselwirkungen sozialer Komponenten die entscheidende Rolle für die Wahl der Medien und des Zeichenrepertoires. Die Ausstellungsgestaltung muss den Wahrnehmungsbedingungen der Besucher gerecht werden und deren Aufnahmefähigkeit berücksichtigen.

Eine Ausstellung präsentiert sich in ihrer Gesamtheit immer als Summe einzelner Design-Lösungen. Jedes einzelne Ausstellungsobjekt ist in seiner technischen, kommunikativen und ästhetischen Funktion ganzheitlich zu betrachten. In diesem Zusammenhang sind folgende Kriterien bei der Entwicklung von Exponaten oder Raum-Inszenierungen maßgeblich:

### Kriterien für das Design

als grundsätzliches

Anforderungsprofil

|               |  |   |
|---------------|--|---|
| Intelligenz   |  | Die Gestaltung basiert auf einer einfachen, überzeugenden Grundidee.                      |
| Stimmigkeit   |  | Die formale Inszenierung entspricht den Inhalten, die sie übermittelt.                    |
| Anmutung      |  | Die Ästhetik der Darstellung ist auf die Aufnahmebereitschaft des Publikums abgestimmt.   |
| Konsequenz    |  | Die Gestaltungselemente passen zueinander und ergänzen sich in ihrer Wirkung.             |
| Typik         |  | Die Gestaltung ist eigenständig und trennscharf gegenüber kommunikativer Konkurrenz.      |
| Innovativität |  | Die Darstellung ist neuartig, erscheint ungewohnt und appelliert an das Neugierverhalten. |
| Prägnanz      |  | Die Wirkung erweckt starke Aufmerksamkeit und ist nachhaltig.                             |

Die genannten Kriterien sind nicht nur als grundsätzliches Anforderungsprofil zu verstehen, das über die Qualität eines Exponates entscheidet. Sie dienen nach Ideenfindung und Entwurfsphase auch als Güte-Checkliste der Erfolgskontrolle, denn jede Gestaltidee muss den BesucherInnen ein Höchstmaß an »Attracting-Power«, »Holding-Power« und »Learning-Power« entgegenbringen und Emotionalität wecken.

## Leitlinien der Ausstellungsdidaktik – Zur Methodik der Vermittlung

Monika Weyer präsentiert in »(Umwelt-)Ausstellungen und ihre Wirkung« in ihrem Artikel »Ausstellungen zur Umweltbildung – ein Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes« insgesamt 15 didaktische Leitlinien, die von ihr »Postulate für die Gestaltung von Ausstellungen« genannt werden. Sie betont, dass die Berücksichtigung solcher Postulate im Planungsstadium »effektivere« Ausstellungen hervorbrächten. Als allgemeingültige Empfehlungen mögen hier fünf dieser Postulate beispielhaft genannt sein:

- Mut statt Angst machen!
- Das Prinzip »weniger ist mehr« verfolgen!
- Alle Sinne und Bewußtseinskomponenten ansprechen!
- Natur erleben lassen!
- Soziale Interaktion anregen!

Bei der Konzeption des Erlebniszentrums »Energie-Welten« stehen die nun folgenden »Leitlinien der Ausstellungsdidaktik« des renommierten Biologie-Didaktikers Prof. Dr. Willfried Janßen (Universität Flensburg) im Mittelpunkt der Planung. Sie kamen schon sehr erfolgreich in Umwelt-Zentren wie beispielsweise der Seehundstation Friedrichskoog oder des Multimar Wattforum in Tönning zum Einsatz:

- Personale Vermittlung und Dialoge ermöglichen (Personalisierung): Geschultes Personal kann die Intentionen einer Ausstellung authentischer darlegen als jede noch so attraktive Inszenierung.
- Von den Phänomenen ausgehen – Erst schauen lassen, dann Erklärungen ermöglichen: Die Wahrnehmung von Phänomenen und die eigene Interpretation der Eindrücke können Erkenntnisse vertiefen.
- Selbstbeschäftigung fördern (Eigenaktivität): Die geistige Aufnahme fremder Inhalte kann durch motorisch-interaktive Impulse erleichtert werden.
- Inhaltliche Diversität bedenken: Neben wissenschaftlichen Inhalten können andere, nicht rationale Zugänge das Thema erschließen.
- Formale Diversität schaffen: Formale Diversität kann attraktiv gegliedert sein und zugleich der Orientierung dienen.
- Die Räume unkonventionell nutzen und Überraschungseffekte beachten: Das Entdecken und Finden von Themen, Objekten und Methoden, die nicht erwartet werden, können zu Spannung und Kurzweil führen.
- Die Darstellungen – Impulse – Texte im Sinne von »Kids Challenge« (Angebote für Kinder) differenzieren (dezentral oder zentral als Discovery Room, Erlebnisraum): Einige Angebote für Kinder durch spielerisches Entdecken können auch für Erwachsene interessant sein.
- Überfrachtung verhindern – Freiräume bewahren (Ruheplätze): Freiräume und Ruhe können helfen, Eindrücke zu verarbeiten und neue Kraft zu schöpfen.
- Betroffenheit für die persönliche Lebensführung schaffen (Alltagsbezug): Das Wiedererkennen vertrauter Verhaltensweisen kann alte Erfahrungen mit neuen Eindrücken verknüpfen.

Effektive Ausstellungen  
setzen auf die didaktische  
Qualität der Ansprache

Wie Botschaften vermittelt  
werden, orientiert sich  
immer an den Bedürfnissen  
der BesucherInnen

## Zielgruppenspezifisches Planen

*Das Erlebniszentrum will alle Bevölkerungsschichten ansprechen, also die breite Öffentlichkeit – insbesondere aber Familien mit Kindern und Jugendlichen, da diesen als »Entscheidungsträgern von morgen« eine besondere Bedeutung zukommt.*

### Zugänge öffnen

Die Verschiedenartigkeit der sozialen, wirtschaftlichen, politischen, situativ-individuellen Voraussetzungen der einzelnen Besuchergruppen macht zunächst einen möglichst offenen, leicht verständlichen Zugang zur Ausstellungsthematik erforderlich. So können sich Kinder auf speziell für sie inszenierte Spiel-Lern-Stationen freuen. Jugendliche finden die Ausstellungsthemen entsprechend multimedial aufbereitet vor oder können kniffligen Fragestellungen in interaktiven Spielcentern gemeinsam auf die Schliche kommen.

### Vorwissen und Zeitmaß einbeziehen

Zu jedem Ausstellungsthema findet sich ein zentraler »Info-Point«, der wesentliche Informationen zum Verständnis des Gezeigten vorausschickt und einen guten Überblick verschafft. Interessiertere Gäste können sich – je nach Wissensdrang und individuellem Zeitmaß – auch stundenlang in dargebotene Themen vertiefen.

### Zielgruppenorientierte Planung

Bei der Ausstellungsplanung ist es wichtig, die Hauptzielgruppe frühzeitig zu benennen. Die konkrete Vorstellung, für wen die Inhalte aufbereitet werden sollen bedingt die Auswahl der Einzelthemen und die Benennung der Darstellungsmöglichkeiten. Zur Identifikation dienen Altersklassen, Bildungsstand, Einkommen, Lebensphasen und die Zugehörigkeit zu bestimmten Gruppen: z.B. Experten oder Laien, Tages- und Urlaubsgäste etc.

Die jeweiligen Gruppen können anhand ihrer Interessen, ihres Informationsbedürfnisses, ihres Wissenstandes, ihrer Einstellungen, ihrer individuellen Aufnahmebereitschaft und persönlicher Ansprachewege näher charakterisiert werden. Für das Erlebniszentrum »Energie-Welten« wurden folgende Zielgruppen ermittelt:

### Die Zielgruppen des Zentrums

- *Familien mit Kindern (Mutter, Vater mit Kindern; Großeltern mit Enkeln)*
- *Senioren-Reisegruppen*
- *Schulklassen mit Lehrern*
- *Touristen (deutsch- und englischsprachig)*
- *Einheimische*
- *Fachpublikum*
- *Menschen mit Behinderungen*

Ein möglichst klares Bild von der Zielgruppe zu haben ist die Voraussetzung für eine publikumswirksame Erlebnisausstellung. Soll sich dieser Erfolg einstellen, muss sich die Ausstellungskonzeption zwangsläufig nah am Besucher, seinen Wünschen und Erwartungen orientieren: »Der Köder muss dem Fisch gefallen und nicht dem Angler« – dieser Einsicht folgend sollte in jedem Fall noch vor der Feinkonzept- und Entwurfsphase eine Vorab-Evaluation zur verbindlichen Zielgruppenanalyse stattfinden.

## Evaluation als strategische Planungsmethode

Ein Beitrag von Patricia Munro

Zephyrus – Menschen und Ideen im Dialog

Die Evaluation bietet Planern die Möglichkeit, Informationen darüber zu sammeln, wie eine Ausstellung auf die Besucher wirken wird. Nach Auswertung dieser Daten werden im Laufe der verschiedenen Projektphasen so gewonnene Ideen und Anregungen in den Planungsprozess integriert, um die Ausstellung besucherorientierter und somit effektiver zu gestalten.

Evaluation nützt jedoch nicht nur Evaluatoren und Ausstellungsdesignern; sie kann auch Führungskräften und Fachspezialisten als wertvolles Management-Instrument dienen, mit dem sich Planungen und Problemlösungen leichter bewältigen lassen. Wenn wir uns über unsere Besucher ein klares Bild verschaffen – also herausfinden, welchen Hintergrund sie haben bzw. wie sie unsere Ausstellungen erleben – dann liefern die im Laufe einer Evaluation gewonnenen Daten eine fundiertere Basis für die Entscheidungen, die in den verschiedenen Entwicklungsphasen zu treffen sind.

Zu den Aufgaben einer Evaluation zählen, Fragestellungen zu formulieren, systematisch Informationen zu sammeln, diese zusammengetragenen Daten anschließend zu analysieren und signifikante Muster und Wechselbeziehungen herauszuarbeiten. Die Ergebnisse können bei signifikanten Fragestellungen vor, während oder auch nach der Ausstellungsplanung herangezogen werden. Der letztendliche Sinn und Zweck der Einbindung evaluativer Maßnahmen während des Entwicklungsprozesses einer Ausstellung besteht jedoch darin, Ausstellungen zu entwickeln, die sich ihrem Publikum wirkungsvoll und zielgerecht mitteilen.

Ausstellungs-Evaluation kann während des gesamten Entwicklungsprozesses stattfinden. Im Verlauf eines solchen Prozesses gibt es drei Phasen, in denen eine Evaluation wertvolle Informationen liefert und den Planern als wichtige Entscheidungsbasis dient: die Planungsphase, die Vorbereitungsphase und die Phase nach der Ausstellungseröffnung. Welche Art von Evaluation zum Einsatz kommt, hängt von der Art der benötigten Informationen ab.

In der Planungsphase eines Ausstellungsvorhabens kann man im Rahmen einer Front-End-Evaluation bzw. Vorab-Evaluation den Wissensstand, die Interessen und Einstellungen der potentiellen Besucher sondieren, ebenso wie deren Fehlvorstellungen oder Fehlinformationen in Bezug auf ein bestimmtes Thema. Wie Shettel, ein Verfechter der Vorab-Evaluation, betont, erhalten Ausstellungsplaner hierbei »... spezifische Informationen, die es ihnen ermöglichen, das potentielle Publikum und die zu vermittelnden Lerninhalte auf kognitiver wie auf affektiver Ebene von vornherein gezielter aufeinander abzustimmen ...«. Auf kognitiver Ebene muss bei einer Vorab-Evaluation die Frage lauten: »Wie bereit ist der Besucher, sich mit dem Thema, das wir ihm vermitteln wollen, geistig auseinanderzusetzen?« (Lernbereitschaft). Auf affektiver Ebene stellt sich die Frage: »Wie interessiert ist der Besucher daran, etwas über das Thema, das wir ihm vermitteln wollen, zu erfahren?«. Während der Vorab-Evaluation lassen sich Information zu diesen Fragen in der Regel mittels strukturierter Interviews und Fokus-Gruppen gewinnen.

Die nächste Form der Evaluation – die formative Evaluation – findet während der Vorbereitung einer Ausstellung statt. In diesem frühen Entwurfsstadium wird das Ausstellungskonzept durch Besucher-Stichproben anhand kostengünstiger Proto-

Patricia Munro ist europaweit als Beraterin für unterschiedliche kulturelle Institutionen tätig. Sie ist Geschäftsführerin der Beratungsfirma »zephyrus« und Partnerin der »Cultural ConsultingGroup«.

Welche Forschungsansätze stehen Ausstellungsplanern hier zur Verfügung?

Die Front-End-Evaluation

Die formative Evaluation

typen getestet. Screven weist darauf hin, dass die »... formative Evaluation Informationen über die Reaktionen von Besuchern auf Modellversionen (Prototypen) der wichtigsten Hinweistafeln, Texte, Anordnungen etc. liefert – nicht nur im Hinblick auf deren Fähigkeit, Aufmerksamkeit auf sich zu lenken und die Bereitschaft der Besucher zu wecken, sich damit zu beschäftigen, sondern auch im Hinblick darauf, ob die Ausstellungspräsentation wie vorgesehen funktionierte und sie dem Besucher die beabsichtigte Botschaft erfolgreich vermittelte ...«.

Vor dem Testen der Modellversionen ist es überaus wichtig, die Zielsetzungen der Ausstellung in Bezug auf ein bestimmtes, beobachtbares Besucherverhalten genau zu definieren. In diesem Stadium lassen sich eine ganze Reihe von Faktoren ermitteln – etwa die Anziehungskraft und Haltekraft der Exponate sowie Verweildauer, Interaktion und emotionale Reaktionen der Besucher.

Der nächste Schritt besteht darin, von einer kleinen Auswahl der vorgesehenen Ausstellungskomponenten so rasch und preiswert wie möglich, Prototypen anzufertigen. Hier sind alle wesentlichen Elemente der Ausstellung mit einzubeziehen: Texte, Bilder, Diagramme und Objekte, aber auch deren Anordnung zueinander.

Während bei der Planung und Anfertigung kostengünstiger, aber effektiver Prototypen kreative Lösungen gefragt sind, stellen die Methoden zur Erfassung und Auswertung der Daten eine folgende Herausforderung dar. Als erstes gilt es festzulegen, wie die Forschungsfragen für die formative Evaluation formuliert sein müssen. Das Schlüsselkriterium hierbei ist das beobachtbare Besucherverhalten (Was wird der Besucher tun?). Dann folgt die nächste Fragestellung: Welche Rückschlüsse können aus den gesammelten Daten zur Bewertung der Vermittlungsqualität eines Exponates gezogen werden? Die Beobachtung der Besucherreaktionen liefert hier Hinweise auf Optimierungspotentiale. Die formative Evaluation räumt dem Besucher sozusagen ein Mitbestimmungsrecht ein und macht ihn zum aktiven »Mitgestalter« der Ausstellung.

#### Die summative Evaluation

Nach Eröffnung der Ausstellung folgt in einem dritten Stadium die summative Evaluation. Sie wird nach dem Aufbau unter realen Bedingungen mit Ausstellungsbesuchern durchgeführt. Nach Screven findet die summative Evaluation »... nach Eröffnung statt und soll Informationen darüber liefern, wie die Ausstellung insgesamt funktioniert, wie die Besucher darauf reagieren, was sie dabei lernen und inwiefern sie von ihr beeinflusst werden ...«. Die summative Evaluation erfasst die Reaktionen und Erfahrungen der Besucher in der endgültigen Ausstellungsumgebung und bewertet diese. Erreicht die Ausstellung das, was ihre Planer beabsichtigt hatten? Mit Hilfe der summativen Evaluation wird erkennbar, ob eine Ausstellung die in den ersten Planungsstadien festgeschriebenen Zielvorgaben erfüllt. Werden die angestrebten Lernprozesse und Verhaltensziele verwirklicht, und, wenn ja, mit welchem Erfolg?

Zur Beantwortung dieser Fragen stehen mehrere Methoden zur Verfügung: z.B. die Beobachtung von Besuchern, während sie sich mit der Ausstellung befassen, Verwendung von Fragebögen vor und nach dem Ausstellungsbesuch und Gespräche mit Besuchern und Mitarbeitern des Ausstellungsteams.

Alle drei Formen der Evaluation – vorab, formativ oder summativ – untersuchen zielgerichtet und aussagekräftig, wie Besucher eine Ausstellung erleben und auf diese reagieren.

Evaluation überprüft kritisch die gewählten Ansätze und ist ein effektives Instrument, Ausstellungen erfolgreich und publikumswirksam zu gestalten.

## Mit Phantasie auf Reisen gehen



»Energie-Welten« ist ein erlebnisorientiertes Freizeitangebot, das die breite Palette der Energiethemen lebendig und publikumswirksam vermittelt. Die szenografischen (Inszenierung des Raumes) und dramaturgischen (Inhalt und Didaktik) Mittel der Indoor-Ausstellung zielen darauf ab, die Themenvielfalt für Groß und Klein zusammenhängend und verständlich erfahrbar zu machen und emotionale und lustvolle Erlebnisse zu schaffen.

Die Besucherführung durch das Zentrum kommt einer Entdeckungsreise vom Mittelpunkt der Erde bis hinauf zur Sonne gleich, wobei sich alle herkömmlichen und Erneuerbaren Energien auf verschiedenen Raumebenen vorstellen.

Bereits in der großzügigen Eingangshalle werden die BesucherInnen auf die Ausstellungsthematik eingestimmt. Wie eine Art inszeniertes Inhaltsverzeichnis findet hier die erste Begegnung mit dem Ursächlichen der Erneuerbaren Energien statt: Sie spüren Wind (Windkraft), fühlen Wärme aufsteigen (Geothermie), sehen gleißendes Licht (Solarernergie), riechen harziges Holz (Biomasse) und hören Wasser rauschen (Wasserkraft).

*Die Besucherführung Indoor ist in vier Kernzonen gegliedert:*

1 » In der großen Eingangshalle präsentieren interaktive Exponate die Themen Strom, Wärme, Mobilität sowie Energieverbrauch und -bedarf.

2 » Anschließend geht es mit dem Lift ein Stockwerk tiefer. »Untertage« werden die herkömmlichen Energieträger wie Öl, Erdgas, Kohle und Atomkraft vorgestellt, die allesamt aus den Tiefen der Erde gewonnen werden. Dieser Gang mündet in einer Sackgasse, die symbolisch auf die Endlichkeit dieser Ressourcen und die mit ihrer Nutzung verbundenen Umweltprobleme hinweist.

3 » Ein Stück zurück führt eine lichtdurchflutete Rotunde über eine großzügig angelegte Wendeltreppe vorbei an den Themen Klima, Klimaeffekte und Klimaschutz hinauf in den wichtigsten und größten Ausstellungstrakt.

4 » Die regenerativen Energien aus Wind, Sonne, Biomasse, Erdwärme, Wasser und Wasserstoff werden veranschaulicht. Die Themen Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit geleiten den Besucher zurück in die Eingangshalle.

## Lern-Spaß unter freiem Himmel

Das Außengelände setzt die Themenpalette der Indoor-Ausstellung fort – nur mit anderen Mitteln. Denn auf mehr als 25.000 m<sup>2</sup> Fläche sind den Darstellungsformen kaum noch Grenzen gesetzt: Zahlreiche Attraktionen erwarten die BesucherInnen z.B. auf dem Wasserspielplatz »AquaAqua«, im Tobeparadies »Kletteria«, auf der Solarfläche »Solantis«, im Wind-Areal »Windy« oder im Biomassegarten »Bio-Ackeria«. Und viele ruhige Eckchen laden zum Entspannen ein.

## Mit Phantasie auf Reisen gehen



### Rundgang durch die Ausstellung

#### Zugang zum Gebäude

*Der erste Eindruck zählt*

Unser Besucher nähert sich dem neuen Zentrum für Zukunftsenergien voller Interesse – die Spannung wächst: Wie wird wohl das Thema Energie und Energiegewinnung in einem Zentrum präsentiert?

Er hat sein Auto, mit dem er geschäftlich an der nordfriesischen Küste unterwegs ist, auf einem geräumigen Parkplatz abgestellt und geht die letzten Meter zu Fuß. Seine Neugierde wird beim Anblick des neuen Zentrums und seiner Freiflächen, bevölkert von zahlreichen BesucherInnen und vielen lachenden Kindern, nur noch verstärkt. Futuristisch sieht das Gebäude aus: Der flache Zylinder mit angeschlossenem Kubus flimmert von weitem. Erst unmittelbar vor dem Gebäude erkennt der Besucher, warum glänzende Wellen die äußere Gebäudehülle überlaufen. Wie mit Pailletten ist die ganze Fassade von beweglichen Metallplättchen eingehüllt, die auf jeden Luftzug reagieren: »Wind – zum Sehen!« Flaute ist hier an der Küste extrem selten, so dass das Gebäude immer »bewegt« erscheint. Vor dem Gebäude ragt riesig ein Windenergieanlagenflügel hoch auf. Er ist das Symbol des Zentrums, wie ein Wegweiser zeigt er in den Himmel, in die Zukunft, ins Unbekannte. Gleichzeitig steht er für die schon etablierte Zukunftsenergie, die Windenergie.

Inzwischen ist der Besucher vor dem Portal angekommen und wird vom großen gläsernen Eingang angelockt, der ihm an der Stirnseite des modernen Gebäudes geradezu entgegen kommt.

Eingang zum  
Umweltzentrum und  
Assoziationen

#### Begrüßung in der Eingangshalle

*Foyer, Tresen, Shop, Cafe, Garderobe, wc*

Hinter der Eingangstür herrscht Aufregung – passend zum Thema wird der Besucher im Windfang mit einer »steifen Brise« begrüßt. Das Pusten aus Wänden und Decke stimmt neben ersten Begrüßungsformeln per Lautsprecher auf das Haupt-Thema der

Schon der Windfang sorgt  
für Überraschung

**Die großzügige  
Eingangshalle inszeniert die  
Kernthemen des Zentrums**

Ausstellung ein: Wind – Energieträger der Zukunft. Positiv überrascht verlässt er die Schneise, betritt die Eingangshalle und lässt die Blicke schweifen. Nahe dem Tresen steigt durch ein Gitter im Hallenboden Wärme auf. Erst beim Herantreten fällt sein Blick in einen tiefen, kegelförmigen Krater, der in rötlich-orange Farben getaucht ist. In welchen Erdtiefen und wo auf der Welt konstant hohe Temperaturen herrschen, ist ablesbar (Geothermie).

Und woher kommt dieses Rauschen? An einer Hallenwand stürzt ein Wasserfall herab und ergießt sich in ein großes Bassin; von dort aus bahnt sich das Wasser in schmaler werdenden Naturstein-Rinnen seinen Weg durch die Halle und umschließt plätschernd und gurgelnd den Bistrobereich (Wasserkraft).

Dem Besucher fällt eine hohe Baumstammreihe auf, die scheinbar aus der Halle hinaus durch das Panoramafenster führt und sich nahtlos an der sonnigen Außenterrasse wie eine Pergolawand fortsetzt. Von hier aus kann er schon die speziellen »Biomasse-Pflanzen« ausmachen und angrenzend einen umzäunten Steg erkennen. Dass er hier auf Tuchfühlung mit einem echten Galloway-Rind gehen kann, wird ihn später überraschen – wohl auch der exemplarische Misthaufen, der sich auf einem Hügel mitten auf der Weide befindet (Biomasse).

Hat er sich getäuscht? Waren nicht eben noch die Lichtverhältnisse anders? Über die Hallendecke zieht gemächlich ein großer roter Lichtkreis seine Bahn, wechselt nun von Gelb auf gleißendes Weiß und strahlt ihn an – als sei gerade die Sonne im Zeitraffer aufgegangen (Solarenergie).



**Bizarre Welt aus Strom-  
und Energieverbrauchern**

Der Besucher entdeckt einige Exponate, die scheinbar wahllos in der Halle verteilt sind: Kleine Modelle von Autos fahren im Kreis, eine Waschmaschine dreht ihre Trommel und zeigt ein geisterhaftes Leuchten. Eine Lichtorgel aus Straßenlampen und verschiedenen Haushaltsleuchten flackert in der einen Ecke, ein leuchtend orange glühender Heizstrahler glimmt in der anderen. Das Modell einer Fabrik spuckt eine Flut unterschiedlicher Konsumgüter aus, die auf einem Fließband wieder im Boden verschwinden. Dem Besucher sind diese Versatzstücke seiner Umwelt wohl bekannt, wenn auch leicht verfremdet.

**Überblick über die  
Energielieferanten**

Die Exponate haben auf den ersten Blick nichts gemeinsam, sie zeigen ganz unterschiedliche Funktionen. Doch schnell geht dem Besucher im wahrsten Sinne ein Licht auf: Sie alle verbrauchen Energie. Den einzelnen Alltagsgegenständen ist eine Gruppe aus runden Edelstahlsäulen gegenübergestellt, die im oberen Bereich in Glasäulen unterschiedliche Materialien zeigen: Holz, einen Wasserstrudel, bewegte Luft (der Betrachter spürt Wind), Torf, Braun- und Steinkohle, Erdöl, einen Sonnenkollektor und eine Mini-Brennstoffzelle. Er tritt heran und erfährt per Knopfdruck, wieviel Energie der einzelne Energieträger speichert bzw. liefert.

Eine aufblitzende Lichtschiene im Boden geleitet den Besucher zum Empfangstresen. An der Kasse entrichtet er seinen Eintrittspreis bei einer freundlichen Mitarbeiterin, die ihm auch gleich einen Ausstellungsführer mit auf den Weg gibt.

**Besucherströme lenken –  
perfekte Planung  
eines Logistikbereiches**

Hier im Eingangsbereich sind alle Wege leicht zu finden. Neben den verschiedenen Energieexponaten, die schon den Gang zum Tresen spannend gestalten, erfüllt die Halle alle Funktionen, die einen Logistikbereich auszeichnen: Eine Garderobe ist in der Nähe der Toiletten zu sehen. Ein weiterer Tresen steht vor einer Wand aus transportablen Audio-Guides. Eine japanische Gruppe bekommt dort gerade deren

Funktionsweise erklärt: Der mitgeführte Kleincomputer braucht nur auf ein Exponat gerichtet und gleichzeitig ein Taster gedrückt werden, schon kommt die Erklärung zum Exponat in einer Fremdsprache über Kopfhörer. Japanisch ist leider nicht vorrätig, so dass die Gruppe mit Englisch vorlieb nehmen muss – der freundliche Herr bei der Ausleihe versichert aber, bei rechtzeitiger Anmeldung wäre auch Japanisch kein Problem gewesen.

Auf der anderen Seite der Halle hinter lichtdurchfluteten Fenstern lockt ein Bistro/Café mit reizvollem Ausblick. Später, denkt sich der Besucher, wird er sich bei Kaffee und Kuchen entspannt zurücklehnen und im Ausstellungskatalog schmökern – doch jetzt lockt die Ausstellung, die am Ende der Halle neben der Wasserwand als dunkler Schacht beginnt.

## **Einfahren in die Grube zum unterirdischen Wandelgang**

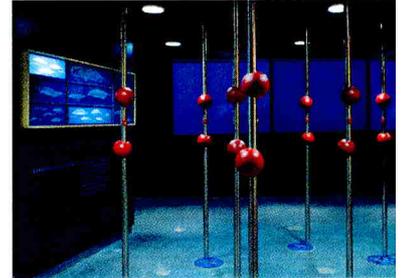
### *Die herkömmlichen Energieträger*

Zusammen mit 14 Schülern gelangt unser Besucher über einen Lift (oder die Treppe am Schacht) ins Kellergeschoss. Erst jetzt entdeckt er links und rechts die kleinen Wand-Öffnungen: Von Lagerfeuer bis Kerzenlicht, von der Tranfunzel bis zur Petroleumlampe – ihn erwartet eine kurze akustische Zeitreise zur Frage, seit wann der Mensch welche »gespeicherte Energieform« nutzte. Diese profanen und doch so bedeutsamen Zeichen der Zivilisation begleiten den Betrachter bei der Fahrt in die Welt der herkömmlichen Brennstoffe, die allesamt aus den Tiefen der Erde gewonnen werden. Er lauscht den letzten Erläuterungen, dann öffnet sich die Tür. Seine Augen gewöhnen sich langsam an das Dunkel und er erkennt einen langen, dunklen Korridor, von dem verschiedene Nischen abzugehen scheinen, denn Lichter schimmern in den Gang hinein.

Kaum merklich führt ihn ein sanftes Gefälle zur ersten Nische, Wände und Decke sehen aus wie schwarzes Gestein. Teile einer riesigen zahnbewehrten Baggerschaufel graben sich durch die Decke dem Besucher entgegen. Etwas verwirrt blickt er sich um und erkennt Abbildungen eines monströsen Tagebaubaggers. Auf Knopfdruck setzen sich Bildelemente in Bewegung und verdeutlichen die Funktionsweise dieser Riesemaschine. Panorama-Hauben zeigen die »Mondlandschaften«, die diese gigantischen Maschinen hinterlassen. Rasselnd fährt Braunkohle auf einem Fließband vorbei, an den Wänden kann man sie auch anfassen.

»Etwas bröselig, aber fester als Torf«, denkt der Besucher, dessen Blick schon auf das Bild einer Moor-Landschaft fällt. Brikettförmig wurde dort Torf abgestochen, der in aufgeschichteten Haufen sogar direkt hier in der Ausstellung »trocknet«. Neben dem »Torfstich« brennt im Kamin ein gemütliches Feuerchen, denn Torf wurde zur Befuerung von Herden und Öfen genutzt. Torf, die einzelnen Fasern kann er noch fühlen, ist pflanzlichen Ursprungs. Dass Braunkohle eigentlich nichts anderes ist, ist dem Besucher neu. Ein anschaulich animierter Kurzfilm zeigt, wie Braunkohle sich bildete. Ein imposantes Braunkohle-Kraftwerk in der Lausitz wird gleich daneben vorgestellt. Hier geht es um mehr als nur Wärmeerzeugung. Am Torffeuer wurde bereits erklärt, dass die gespeicherte Energie nun Wärme und Licht freisetzt – Energie, die

**Audio-Guides –  
den kleinen Begleiter durch  
die Ausstellung mieten**

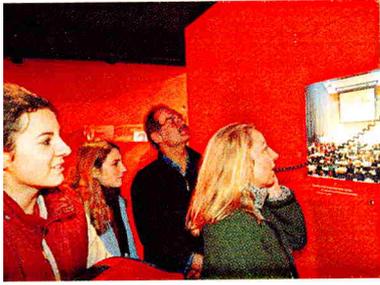


**Per Lift in die tiefe Erde zu  
den Lagerstätten**

**Kohlegewinnung  
im Tagebau**



**Vom Torffeuer bis zum  
Braunkohle-Kraftwerk**



**Steinkohle – ein immer  
noch wichtiger Energie-  
träger, an den man  
nur schwer herankommt**

ursprünglich von der Sonne kam und von den Pflanzen in Biomasse umgewandelt wurde. Ein Kraftwerk jedoch gewinnt nicht nur Wärme, sondern erzeugt daraus auch Strom. Wie das genau funktioniert, interessiert unseren Besucher weniger, aber er hätte die Möglichkeit, an einem Funktionsmodell das Stromgewinnungs-Prinzip eines Kraftwerks zu verfolgen. Unser Besucher ist heute jedoch eher am großen Ganzen interessiert, die Details führt er sich dann später im Urlaub zu Gemüte, wenn er mit der ganzen Familie noch einmal wiederkommt. Das Energieerhaltungs-Gesetz lässt er sich allerdings schon jetzt von Einstein persönlich erklären, der als animierte Person auf einem Bildschirm erscheint.

Gegenüber vom Braunkohle-Förderband steht eine Lore, gefüllt mit Steinkohle. Steinkohle ist ebenfalls ein Produkt aus Biomasse, entstanden unter hohem Druck in der Tiefe von Deckgebirgen – gewissermaßen noch ältere Braunkohle. Sie brennt länger und heißer und hat eine höhere Energieausbeute. Ihre Gewinnung jedoch ist aufwendiger. Ein raumhohes dreidimensionales Blockmodell zeigt, in welcher Tiefe Flöze liegen. Der Besucher geht ein kurzes Stück in einen engen Stollen »unter Tage« und bekommt eine Ahnung, wie der Abbau von Steinkohle früher betrieben wurde.

Die Bedeutung der Steinkohle wird ihm am Beispiel der Autoindustrie näher erklärt und speziell für den sehr interessierten Besucher weiter vertieft, denn Steinkohle findet, neben der Gewinnung von Strom, auch Verwendung in der Stahlindustrie. Alte Dampfmaschinen und Lokomotiven? Der Besucher wirft einen kurzen Blick auf die Vergangenheit der Kohlenutzung und begreift an einem Modell schnell das Prinzip: In der Kohle gespeicherte Sonnenenergie wird in Bewegungsenergie umgesetzt.

**Erdöl ist heute Grundlage  
weltweiter Mobilität**

Zurück auf dem Gang erreicht der Besucher die Nische zum Thema Erdöl. Originales Bohrgestänge kommt durch die Decke und verschwindet im Boden. »Erstaunlich dünn«, findet er. Kaum vorstellbar, welche Mengen Rohöl so aus der Tiefe gefördert werden. Ein großes Fass, das »Barrel«, steht vor ihm. Wie viele Barrels aus den verschiedenen Fördergebieten stammen, gelagert, transportiert und in den Industrieländern verbraucht werden, kann der Besucher auf einer Weltkarte mit selbst zu bedienenden Abrufmöglichkeiten erfahren. Mal leuchten Transportwege auf, mal Säulendiagramme aus Ölfässern. Wie bei der Steinkohle kann er Informationen über die Entstehung von Erdöl abrufen. Die Darstellungen ähneln sich, denn die jeweilige erdgeschichtliche Entstehung ist vergleichbar.

Neben dem von Erdöl abhängigen Energieverbrauch, visualisiert durch Stapel von Modellautos auf allen Kontinenten, wird nun die Verwendung von Erdöl in den verschiedensten Industriezweigen wie der Pharma- oder der Kunststoffindustrie angedeutet. Die aktuelle Abhängigkeit von fossilen Energieträgern beschränkt sich also nicht nur auf die Energiegewinnung.

**Gasvorkommen –  
Methan aus der Tiefsee**

Unser Besucher wird vom blauen Schimmer der nächsten Themen-Kammer angezogen und befindet sich plötzlich in einem Tiefseetunnel vor der nordamerikanischen Ostküste. Der Boden der Wasserbecken ist mit festen, schneeartigen Knollen übersät, dem Gashydrat. Der »Weiße Schnee« kommt im tiefen Meer zwar massenhaft vor, aber, so berichtet ihm eine Hörstation, ein kommerzieller Abbau liegt noch in weiter Ferne und birgt das Risiko, dass schädliche Klimagase frei werden. Der Besucher folgt

dem Tunnel, dessen Wände nun in festes Gestein übergehen, wie es in einigen tausend Metern Tiefe unter der Erdoberfläche vorkommt. Hohle Blasen in den Wänden zeigen über Monitore die bizarrsten Formen von Mikroorganismen, die in urzeitlichen Ozeanen zu Boden sanken und so die Grundlage für die Entstehung von Erdöl und später Erdgas bildeten.

Wo das Erdgas heute »noch« kostengünstig bezogen werden kann, ruft er auf einem Globus ab und erfährt, dass die Ressourcenverteilung weltweit so unterschiedlich ist, dass Deutschland beispielsweise sein Erdgas aus dem 3.000 Kilometer entfernten Sibirien bezieht. Das Rohr-Segment einer Gaspipeline ist das letzte Exponat dieser Kammer und wird gerade von Kindern in einen Kriechtunnel umfunktioniert.

Hinein in die nächste Kammer – das Halbreif eines Atommeilers umkleidet den Eingang. Als historischen Rückblick auf die Entdeckung der Radioaktivität lernt er Madame Curie kennen, die in einem multimedialen Frage- und Antwortspiel erklärt, dass – ganz anders als bei fossilen Energieträgern – die Atomenergie das Ergebnis eines Zerfalls der Atome des Elementes Uran ist. Eine Video-Zeitreise lässt verfolgen, dass auch Uran im Tagebau aus der Erde gewonnen wird, und die Vorkommen nicht unerschöpflich sind. Der Zwiespalt und die Zweifel der damaligen Forscher, inwieweit sich diese Form der Energie nur zu friedlichen Zwecken nutzen lässt, werden hier ebenso beleuchtet wie die Problematik der ungelösten Endlagerung oder von Reaktorkatastrophen. Kurze historische Filmbeiträge führen die verheerenden Aspekte der militärischen Nutzung vor Augen – von den ersten Atombombenversuchen bis hin zu den furchtbaren Fakten von Hiroshima und Nagasaki.

Unser Besucher verlässt das begehbare Atomkraftwerk und erreicht einen großen runden Raum, an dessen Wänden eine Treppe und ein Lift ins obere Stockwerk führen. Ein riesiges Oberlicht im Dach gibt den Blick auf den blauen Himmel frei. Im Zentrum dieser Rotunde neben dem Treppenaufgang gipfelt die Präsentation der herkömmlichen Energieträger in einer schematisch räumlichen Darstellung der globalen Vorräte. Der Besucher steigt eine kleine Treppe empor, steht dann auf dem höchsten Turm eines überdimensionalen Säulendiagramms, das den heutigen Stand der Erdölvorräte wiedergibt. Auf einer Rutsche können Kinder sogar von Säule zu Säule durch das Diagramm abwärts »in die Zukunft« rutschen. Zum errechneten Ende des globalen Erdölvorrats endet diese Rutsche. Die Steinkohle-Rutsche nebenan reicht weiter, auch ihr Ende symbolisiert die Erschöpfung der Vorkommen. Der Besucher denkt bei sich, dass seine größere Tochter diesen sinnbildlichen Niedergang der fossilen Energieträger beim nächsten gemeinsamen Besuch sofort verstehen wird, der vierjährigen wird er es mit einfachen Worten näher erläutern.

### **Sackgasse - so gehts nicht weiter!**

*Herkömmliche Energieträger haben keine Zukunft*

Gegenüber setzt sich der Gang fort. Wie endlich die Vorräte der fossilen Energieträger sind, wurde den Industrienationen während der Ölkrise in den 1970er Jahren vorgeführt. Unser Besucher zieht an Bildern leerer Straßen und Autobahnen vorbei. Die Abhängigkeit von den »Ölstaaten«, aber auch die Endlichkeit der fossilen Energie-



**Erdgas verbrennt  
relativ »sauber«**

**Atomenergie  
und ihre Entdecker**

**Hohe Kosten und Risiken:  
Strom aus dem Atom**



**Von Säule zu Säule  
abwärts in die Zukunft:  
Fossile Energieträger  
sind endlich**

**Problemfelder  
fossiler Energien**

**Reaktorunfälle lassen  
diffuse Ängste zurück**

träger sorgte dafür, dass die Atomenergiegewinnung weiter vorangetrieben wurde. Auf einer Weltkarte leuchten immer mehr Atomkraftwerke auf, gleichzeitig huschen Bilder von Demonstrationen und radioaktiven Abfällen über eine Bildwand. Hier werden die Risiken der Atomkraftnutzung erklärt. Der Reaktorunfall von Tschernobyl gibt den Demonstranten der 1970er Jahre Recht. Die Entsorgung des radioaktiven Abfalls wird immer weiter in die Zukunft verlagert. Eine tatsächlich sichere Lösung scheint nicht in Sicht.

**Zukunftsszenario 2060:  
Die Energiekrise treibt  
die Menschheit in die  
Enge – und hier auch die  
BesucherInnen**

Hier verändert der Ausstellungsraum sein Gesicht – alles wirkt düster. Die Exponate sind in fahlem Grau gehalten und prognostizieren das Zukunftsszenario »Wir schreiben das Jahr 2060«: Bevölkerungswachstum und globale Wanderungsbewegungen der Menschen von Süd nach Nord, von Ost nach West werden skizziert. Nun verbraucht China weltweit die meiste Energie, dafür haben die USA mittlerweile Energie-Sparprogramme aufgelegt.

Schon heute ermittelte, aber hochgerechnete Daten bilden die Grundlage weiterer Zukunfts-Szenarien: Eine Tankstelle mit astronomisch hohen Preisen, Menschen in dicken Mänteln, kriegerische Auseinandersetzungen um Ölquellen – diese Bilder von Auswirkungen der Endlichkeit fossiler Rohstofflager stimmen unseren Besucher nachdenklich, und unvermittelt steht er vor dem Ende des Raumes. Die Wände rücken zusammen, die Decke ist heruntergezogen und unwillkürlich zieht er den Kopf ein – hier geht es nicht mehr weiter.



**Zeit umzudenken –  
zurück in die Zukunft**

»Moment«, denkt der Besucher, »wo geht es jetzt weiter?« Er zückt seinen Übersichtsplan und stellt fest, dass er in einer Sackgasse gelandet ist – in der Sackgasse der konventionellen Energien. Er hat hier Schritte in eine mögliche Zukunft getan und nun geht es zurück, zurück in die Gegenwart, zurück in den eben noch durchquerten runden Raum. Dort angekommen, zieht er, noch bevor er die Treppe emporsteigt, sein Fazit: Sind die Lager der fossilen Energieträger erst erschöpft, fehlt es unserer industrialisierten Gesellschaft an allem. Aber schon weit früher – jetzt – kündigt sich ein bedrohlicher Klimawandel an.

## **Rotunde nach oben zu den Erneuerbaren Energien**

*Klima, Klimawandel, Klimaschutz*

**Das Klima wandelt sich –  
auch Mensch-gemacht**

Stufe für Stufe die Rotunde hinauf – unser Besucher wird mit den dramatischen Auswirkungen auf das Weltklima durch die Nutzung fossiler Energiequellen vertraut gemacht: Die globale Erwärmung, der Treibhauseffekt und der steigende Meeresspiegel durch Abtauen der Polkappen sind hier Thema. Auf einem Podest macht er halt und überprüft selbst an einem Labortisch, welcher fossile Energieträger die meisten klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen produziert – Erdgas hat die besten Werte. Neben wartet der nächste Kleinversuch: Beim Treibhaus-Exponat regelt er die Temperatur nur 3° höher, schon schmilzt die kleine Eislandschaft im Miniaturmodell der Arktis – der Meeresspiegel steigt um 7 Meter auf der Skala an. Neben erläutert eine Hörstation, welche Überschwemmungen so verursacht werden und warum ganze Ozeanbereiche »kippen«. Die Animation auf dem großen Flachbildschirm macht diesen Effekt am Beispiel des Golfstroms deutlich.

**Der Treibhauseffekt und  
Meeresspiegelanstieg**

Auf dem Weg nach oben wundert sich unser Besucher über unzählige bunte Spraydosen, die im Luftraum abhängen. Weiter oben kreist ein Kühlschranks in der Luft und kollidiert planvoll mit verschiedenen aufgeschäumten Baustoffen. Eine Armada von Reinigungsmittel-Flaschen und Feuerlöschern flankiert das geisterhafte Treiben. Das nächste Podest klärt den Spuck auf: Die vielseitigen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) wurden als Treibgas, Kühl-, Löse- oder Aufschäummittel in unsere Atmosphäre gejagt und ihre zusätzlich »bromierten« Verwandten, die Halone, kamen hierzulande beim Feuerlöschen zum Einsatz – und dann in den Himmel!

Nebenan stecken zwei junge Frauen die Köpfe in das Kugelmodell unserer Atmosphäre und hören, welche Auswirkungen die FCKW's zeigen: Mit einem – gegenüber Kohlendioxid tausendfachen Effekt pro Molekül – zerstören sie in der Stratosphäre (12–50 km Höhe) das lebenswichtige Ozon. Unser Besucher tritt hinzu und steigt erst bei den Ernteeinbußen als Folgeerscheinung mit ein. »Seit 1991 gilt in der Bundesrepublik Deutschland die »FCKW-Halon-Verbots-Verordnung«, die das Verbot von 13 ozonabbauenden Substanzen stufenweise regelt«, erläutert die Sprecherin. »Ist das schon so lange her?«, unser Besucher grübelt nach und steigt weiter hinauf zur großen Halle.

## Klimaschutz-Saal – Intro zur Halle der Erneuerbaren Energien

*Wind, Biomasse, Sonne, Erdwärme, Wasser und Wasserstoff*

Windmühlen-Modelle fördern hier Wasser oder mahlen Getreide, eine Thermalquelle dampft aus einem felsigen Stück Wand, ein Suppentopf brodelt im Fokus eines Parabolspiegels, der Nachbau einer idyllischen Wassermühle klappert monoton am künstlichen Bachlauf. »Schöner Empfang, hier im 1. Stock«, denkt sich unser Besucher, macht es sich in einem der Ledersessel vor dem brennenden Kamin gemütlich und schaut hinauf auf zu den Wolken, die über das große Dachfenster hinwegziehen. Erst jetzt geht ihm auf, dass all diese Installationen und Objekte im Intro-Raum umweltfreundliche und althergebrachte Energienutzungen zeigen.

Die Erläuterungen zum Klimaschutz könnte er selbst von hier aus gut lesen, lauscht dann aber noch lieber der Ausstellungspilotin dieses Raumes. Sie erklärt gerade einer Kindergruppe, wann der Mensch begann, die einzelnen regenerativen Energien zu nutzen und flechtet in ihre Ausführungen immer wieder bedeutende Aspekte des Klimaschutzes ein.

Um sich herum erblickt unser Besucher verschiedene Wandöffnungen mit Titeln wie »Windstärken«, »Wasserkraft« und entscheidet sich für den Durchgang »Sonnenergie«. Durch eine gleißend helle Öffnung betritt er den nächsten Raum, der ganz in Gelb gehalten ist. Kurz erfasst er eine ganze Reihe von Exponaten. Eine strahlende Sonne leuchtet über ihm an der Decke und setzt zahlreiche kinetische Modelle in Funktion. Die Photovoltaik-Elemente produzieren augenblicklich weniger Strom, fällt erst der Schatten eines anderen Besuchers auf die blauen Kristallflächen. Das lässt sich nicht nur am Bewegungsstopp, sondern auch an Messgeräten ablesen, die sofort wieder in den grünen Bereich steigen, sobald das Licht »freie Bahn« erhält. Wie sich Licht in Strom verwandelt, veranschaulicht eine Experimental-Station an der hinteren Wand, die gerade von drei Schülern belegt wird.

**Machen die »schöne«  
Atmosphäre kaputt: CO<sub>2</sub>,  
FCKW und die Halone**



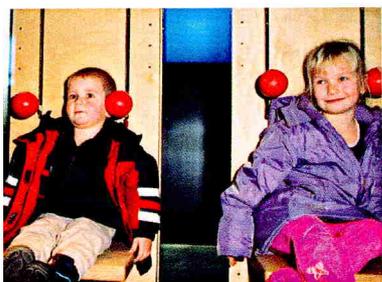
**Erneuerbare Energien  
statt Klimawandel**

**AusstellungspilotInnen –  
Die Gäste finden immer  
kompetente Ansprech-  
partnerInnen**

**Sonnenergie – Blaues  
Kristall in goldgelbem Raum**



**Brenngläser bündeln  
Sonnenlicht und -wärme**



**Solarthermie,  
Sonnenkollektoren und  
Solares Bauen**

**Die Sonne treibt den Wind,  
der Wind die Turbine :  
Aufwindkraftwerke**

**Sonnenenergie  
bei der Herstellung von  
Wasserstoff**

**Sonne als Motor des Lebens:  
Energiekreisläufe der Natur**

Direkt nebenan fühlt sich auch unser Besucher wieder in die Kinderzeit zurück versetzt: Mit einer großen Lupe bündelt er das Licht und zündelt an einem Papierschnipsel in dem extra dafür vorgesehenen Becken. Endlich beginnt es zu qualmen, aber der Rauch wird bereits über dem Becken abgesogen. »Oma, es brennt,« ruft ein kleines Mädchen aufgeregt. Großmutter und Ausstellungspilot treten heran und reagieren auf die bohrenden Fragen der Kleinen. Dass mit dem Licht auch die Wärme der Lichtstrahlen gebündelt wird, hört sie nun das erste Mal. Beruhigt stellt unserer Besucher fest, dass auch in diesem Trakt stets Ausstellungspersonal vertreten ist, das darauf achtet, dass Jugendliche nicht zu intensiv dem Kokeln frönen.

Neben dem Becken kann man die professionelle Parabolspiegel-Bündelung von Licht sowohl als kleine »Herdeinheit für brennholzarme afrikanische Gegenden« als auch als riesige Sonnenkraftwerks-Anlage bestaunen, wo hunderte Spiegel im Brennpunkt für höchste Temperaturen sorgen.

Unser Besucher erfühlt gerade die Temperaturunterschiede auf Handteller großen Platten in diversen Farben. Sonnenklar: Die schwarze Fläche reagiert auf die Wärmestrahlung am stärksten, denn sie werden nicht reflektiert. Nach dieser kleinen Erinnerungsstütze erforscht er nun die Funktionsweise von Wärmekollektoren: Die transparenten Röhren, in denen parabolspiegelartig schwarze Flächen einen zentralen flüssigkeitsgefüllten Zylinder erwärmen, sind natürlich schnell favorisiert.

Der schematische Querschnitt eines Hauses, in dem alle möglichen Energiequellen und Energieeinsparmöglichkeiten aufgezeigt werden, verdeutlicht dem Besucher die »sonnigen« Systeme am Haus: Sonnenkollektoren für die Trinkwassererwärmung, eine Solar-Heizung, Photovoltaik-Anlagen für die Stromgewinnung und Prinzipien eines Niedrigenergiehauses.

Ein besonders faszinierendes Zukunftsprojekt wird gerade von einer Seniorengruppe umringt: Das Modell zeigt einen gläsernen Turm, der sich trichterartig verjüngt und über 1.000 Meter in den Wüstenhimmel Nordafrikas ragt. Die Luft unter dem riesigen Trichter wird durch die Sonne erhitzt und steigt, gefangen unter dem Glas, als Aufwind im »Schlot« empor und treibt Turbinen an – Elektrizität entsteht. Im Aufwindkraftwerk wird noch einmal die enorme Kraft der Sonne deutlich, die Motor vieler Zukunfts-Energien ist. In diesem Beispiel bestrahlt sie eine Fläche in der Sahara, das in etwa so groß wie das Land Niedersachsen ist.

Links oder rechts? Drei Wege bieten sich dem Besucher von hier aus, seinen Rundgang durch die Erneuerbaren Energien fortzusetzen.

Wählt er den rechten Durchgang hin zum Ausstellungsbereich »Wasser«, erfährt er, wie die Sonnenenergie zur Herstellung von Wasserstoff genutzt wird. Hier würde er in die Gewinnung von Wasserstoff und dessen Energienutzung inhaltlich einsteigen und dem Problem des Transportes des hochexplosiven Wasserstoffs auf die Schliche kommen, indem er selbst einen Knallgasversuch vornimmt. Die Zukunftstechnologie der Brennstoffzelle könnte er am Beispiel eines 1:1 Automodells im Detail studieren und die ungewohnte Erfahrung machen, dass dem Auspuff hier nur »harmloser« Wasserdampf entströmt.

Nimmt er den mittleren Durchgang zum Ausstellungstrakt »Biomasse«, so wird ihm bewusst, dass die Sonne als Motor allen Lebens auf der Erde die Pflanzen wachsen

lässt. Die Energiekreisläufe in der Natur werden anschaulich präsentiert und erlebbar gemacht – von der Photosynthese bis hin zum plastischen Modell eines komplexen Nahrungsnetzes.

Der Besucher verlässt den zentralen »Sonnenraum« jedoch über den linken Ausgang, der zum Thema »Wind« überleitet, denn die farbigen Satellitenaufnahmen zur Großwetterlage locken ihn direkt in das 3D-Kino, in dem bereits 11 Personen Platz genommen haben. Ohne die Sonne gäbe es keinen Wind, wird hier erläutert, und auf der Leinwand wandern, von links und rechts kommend, Animationen eines Hoch- und Tiefdruckgebietes auf die Mitte zu. Erst als sie aufeinander treffen, kommt es zum Druckausgleich zwischen beiden, und schon ist unser Besucher von tosenden Winden umgeben, die aus Düsen in der Decke pfeifen. Windkraftnutzung ist letztlich auch eine Form der Sonnenenergienutzung, heißt es weiter im Bericht.

Im zentralen Windraum angekommen, ist beim Besucher zunächst sportlicher Einsatz gefragt: Die Wirkung der eigenen »Puste« auf verschiedenen Rotorblattformen kann getestet werden bis hin zum Ganzkörper-Erlebnis bei Windstärke 10 im großen Windkanal, der wird nur gerade von freudig johlenden Schülern in Beschlag genommen.

Überrascht zeigt sich unser Besucher von den vielen verschiedenen Formen von Windrädern und Windrotoren, die in unterschiedlicher Weise die Windströmung in Strom umsetzen. In kleinen Strömungskämen können die Energie-Ausbeuten von diversen historischen und modernen Windenergieanlagen erforscht werden.

Eine Karte zeigt dazu an, wie viele Windkraftanlagen auf dem Festland stehen und wo sich die effektivsten Standorte befinden. Ein Junge steigt auf ein Ergometer und treibt über Pedal-Kraft eine kleine Windkraftanlage an, die – je nach Geschwindigkeit der drehenden Rotoren – auf einer Skala anzeigt, wann ausreichend Energie für einen Liter frisch gebrühten Kaffee, das Betreiben einer Bohrmaschine oder für Papas 15-minütige Tagesschau produziert wurde.

An einem Computerterminal ruft der Besucher ein interaktives Programm auf, mit dem er an verschiedenen Standorten Windenergieanlagen virtuell aufstellen kann. Je nach Position bekommt er Reaktionen wie: »Gebiet ungeeignet, geringe Windhäufigkeit« oder »Gute Standortwahl, viel Wind« oder »Guter Standort, aber die Region ist zu dicht besiedelt«.

Eine Mutter und ihr Sohn klettern gerade die letzten Stufen einer Leiter zum Turmsegment herab, wo sie sich die Gondel einer Windkraftanlage von innen angeschaut haben; der Kleine brabbelt noch immer fasziniert; nicht etwa über die geballte Technik, die er just zu Gesicht bekam, sondern über das »Hochgefühl«, das die Mechaniker bei Reparaturen in 130 Metern Höhe haben müssten.

Viele weitere Exponate und Abbildungen machen die Technik der Windkraftanlagen begreifbar, illustrieren die ökologischen und ökonomischen Chancen und Bedenken und erklären den Begriff der »Nachhaltigen Energiewirtschaft«.

Der Übergang zum Thema Offshore-Windenergie ist fließend. Unser Besucher hat erfahren, dass die Zahl der bisher gebauten Windkraftwerke noch einen geringen Prozentsatz des Energiebedarfs deckt. Ebenso ist ihm veranschaulicht worden, dass Strom nicht gespeichert werden kann und immer nach Bedarf produziert werden muss; inzwischen weiß er, was eine »Grundlast« für das Stromnetz bedeutet. Das

**Kein Wind ohne Sonne:**

**Das Wetterkino**

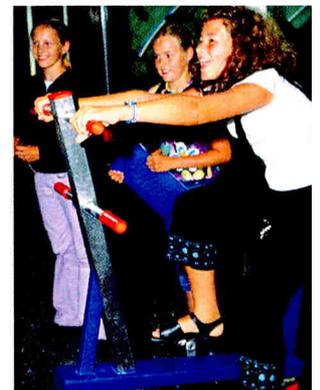
**Windenergie –**

**Der größte Raum im**

**Themenpark**

**Windräder testen im**

**Strömungskanal**



**Hinauf in die Gondel einer**

**Windkraftanlage**

**Offshore-Windenergie –**

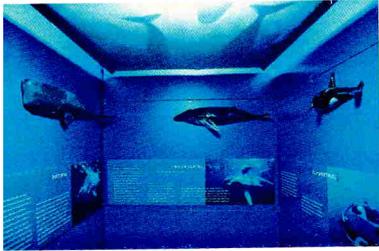
**Nutzung stetigen Windes  
auf Hoher See**

Ausweichen des Windenergie-Anlagenbaus auf die Meere erscheint ihm sinnvoll, denn hier weht mehr Wind, und ausreichend Fläche ist dort auch vorhanden.

**Offshore-Windparks  
in Nord- und Ostsee**

Den Planungs-Stand zu den Offshore-Windparks veranschaulicht ein 3dimensionales Modell Nordeuropas. Bereits genehmigte Parks ragen aus dem Wasser von Nord- und Ostsee, beantragte Flächen leuchten per Knopfdruck auf und selbst die Logistikhäfen und -routen sind abrufbar. Von den konkurrierende Nutzungsansprüchen berichtet eine Hörstation. Der Besucher hört verblüfft, dass die küstennahen Meere quasi »Industriegebiete« werden. Der aktuelle Stand von Genehmigungsverfahren, von Umweltverträglichkeits-Studien und von der Bautechnik lassen sich anhand konkreter Standortbeispiele über Beamer an die Wand strahlen.

Ökologische Bedenken werden geäußert und die wissenschaftlichen Ergebnisse aus den MINOS-Studien zu den Technologiefolgen an einer Infosteile präsentiert. Der Besucher besteigt hier eine der Unterwasser-Klangkapseln und hört, wie eine Offshore-Windkraftanlage für Schweinswale oder Seehunde klingen muss.



**Schallkapsel – was hören  
die Schweinswale;  
ein begehbares Buch zum  
Thema »Vogelschredder«**

Danach durchschreitet er die überdimensionale Ausgabe einer Tageszeitung mit der polemischen Aufschrift »Vogelschredder Windmühle« und liest im »geräumigen« Innenteil, was alles unternommen wird, um Vögel vor solchen Gefahren zu schützen. Monitore zeigen Filmbeiträge über Stern- und Prachtttaucher, denn deren Rastgebiete liegen in der Nähe geplanter Offshore-Windparks. Eine Kolumne berichtet über die diesbezüglichen Erfahrungen, die in den beiden existierenden dänischen Offshore-Windparks gesammelt wurden.

**Hochtechnologie der  
Offshore-Windkraft**

Für technisch interessierte Besucher halten bequeme Fernsessel eine Auswahl von Filmen bereit, die alle Aspekte der Offshore-Technik vom Bau der Fundamente im Tiefwasser bis hin zur Montage der gewaltigen Rotorblätter beinhalten. Unser Besucher ist leicht belustigt über die ersten Versuche aus den 1970er Jahren, Windenergie rotoren auf ausgedienten Lastschuten zu installieren und vor Sylt zu verankern und bestaunt die neuesten Errungenschaften der Unterwasser-Tiefbautechnik. Sein Blick fällt von dort aus auf den beeindruckenden Querschnitt eines Unterwasser-Stromkabels.

**Eine Windkraftanlage  
puzzeln auf der  
»Seegang-Bühne« bei  
Windstärke 6–7**

Wenig später beobachtet er amüsiert eine Gruppe Schüler, die gerade mit Hilfe einer Ausstellungspilotin unter großem Gelächter der umstehenden Gäste versuchen, das 3D-Steckpuzzle einer Offshore-Windkraftanlage zusammenzubauen – kein leichtes Unterfangen, denn der »sensible« Baugrund befindet sich auf einer beweglichen Hydraulikbühne, die den Wellengang auf Hoher See bei Windstärke 6–7 simuliert und die Jugendlichen mächtig durcheinander wirbelt.

**Wasserkraft:  
Gezeiten und Wellengang –  
Energie aus den  
Bewegungen des Meeres  
schöpfen**

Hinter einer geschwungenen Wand – man wird schon akustisch mit Wellenrauschen eingestimmt – geht es zunächst weiter mit dem Thema »Energie aus dem Meer«. Modelle von verschiedenen Gezeitenkraftwerken regen zum spielerischen Entdecken an. Auch das neue Gezeitenkraftwerk aus England, der »Stingray«, ist als Modell dabei und zeigt in Funktion, wie sich die rund 10 Meter langen Gezeitenflügel in der Strömung langsam auf- und abbewegen und so Strom erzeugen. Ein neuartiges Forschungsprojekt wird gleich nebenan vorgestellt: Eine Art »Unterwasser-Windmühle« soll auf dem Meeresboden in die Gezeitenströmung gestellt werden – auf rund

450.000 Gigawattstunden pro Jahr schätzen Experten die Strommenge, die so weltweit aus Gezeitenströmen gewonnen werden könnte.

Mehrere Funktionsmodelle recht unterschiedlicher Kraftwerkstypen haben es unserem Besucher besonders angetan: Er reguliert selbst die Wasserstände oder Strömungsgeschwindigkeit und kann so die technische Prinzipien von Laufwasser-, Speicherwasser-, Gezeiten- und Wellenkraftwerken individuell beobachten. Eine Bildschirmanzeige gibt hochgerechnet die jeweiligen Megawatt-Leistungen an.

Unser Besucher kann sich am Exponat »Energieerzeugung aus Wasserkraft« über die Vor- und Nachteile dieser »Zukunftsenergie« informieren. Die Wasserkraft versorgte und versorgt die Menschen seit Jahrhunderten zunächst mit Bewegungsenergie, später dann auch mit Strom. In Deutschland sind die Möglichkeiten der Wasserkraft nahezu ausgereizt, der Neubau von Wasserkraftanlagen ist aus geografischer und ökologischer Sicht schwierig. Die Chance zur Intensivierung der Wasserkraft-Nutzung wird hierzulande hauptsächlich in der Steigerung des Wirkungsgrades vorhandener Anlagen gesehen.

Hinter einem weiteren geschwungenen Raumteiler erwartet unseren Besucher ein ungewöhnlicher Anblick: Die Vorderpartie eines großen Treckers scheint die Wand zu durchbrechen, auf dem Frontlader des John Deere entdeckt er büschelweise Rapsstroh, Körbe mit Rapssamen und viele Glasgallonen mit Rapsöl, dem Biodiesel. Hat man die abgeernteten Rapspflanzen früher wieder mit untergepflügt, so wird dieser »organische Abfall« heute als wertvoller Rohstoff weiter verwendet.

Nebenan bieten sich unserem Besucher vertrautere Eindrücke: Auf einem Modellausschnitt ist ein Bauernhof maßstabsgerecht nachgebaut, allerdings steht statt der Nahrungsmittelproduktion das neue landwirtschaftliche Standbein im Rampenlicht: Tiere liefern Mist und Gülle, den wichtigen Rohstoff für die Biogasproduktion. Aber die tierischen »Abfallprodukte« allein reichen nicht immer aus, auch andere organische Stoffe finden beim effektiven Betrieb einer Biogasanlage Verwendung.

Der vorgestellte Bauer kommt in einem Interview zu Wort: Auf seinen Feldern baut er Energiepflanzen wie Mais und Raps an! Die werden entweder in seiner eigenen Biogasanlage verwertet oder als Heizmaterial ins nahe gelegene Biomassekraftwerk geliefert. Dort werden diese nachwachsenden Rohstoffe in modernen Anlagen verstromt. Das Potenzial ist offenbar noch lange nicht ausgeschöpft. Nachwachsende Biomasselieferanten sind »gespeicherte Sonnenenergie«, alle Pflanzen sind Speicher dieser Energie. Einige speichern mehr als andere – für die Biomasseproduktion sind eigentlich alle Pflanzen geeignet: Die schnell nachwachsenden Hölzer wie Pappeln und Weiden finden ebenso Verwendung wie einjährige Sonnenblumen, Leinsamen oder das exotische Gras »Miscanthus«, erfährt unser Besucher im eigens dafür angelegten Gewächshaus.

Ein bebildeter Wandelgang verdeutlicht, dass der Landwirt der Zukunft nur noch im geringeren Maße Nahrungsmittel anbauen wird, in Deutschland gehen die Bevölkerungszahlen zurück, die heutige Subventionierungspraxis wird bald eingestellt. Die Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen ist für die Energie- und Landwirtschaft ein zukunftsicherer und lohnender Erwerbszweig.

Unser Besucher erfühlt verschiedene Pellets (»Minibriketts« der Biomasse-Technologie) und kann sich an einem Ratespiel beteiligen, wo es um den Brennwert



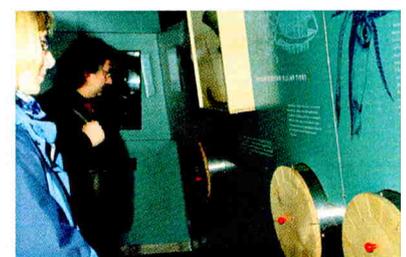
### Vor- und Nachteile der Wasserkraft

### Biomasse-Technologie: Die Landwirtschaft produziert die Energie mit Zukunft

### Strom aus Biogasanlage und Biomassekraftwerk

### Der Vieh- und Getreidebauer wird zum »Strom-Landwirt«

### Gewächshaus der nachwachsenden Rohstoffe



**Minipellets –  
Heizen mit gepressten  
Holzabfällen**

verschiedener Herkunftsstoffe geht, je nachdem, ob es sich um Durchforstungsholz, Sägeabfälle oder altes Baumaterial handelt. Er kann hierzu einen Film über die Produktionsweise in allen Phasen vor- und zurücklaufen lassen, so dass jede Verarbeitungsstufe mit allen Detailinformationen je nach individuellem Lerntempo wiederholt werden kann.

**Geothermie – hinein  
in die warme Erde**

Die nächste Energiequelle empfängt unseren Besucher zunächst mit großen Felsbrocken aus Lavagestein – Wasserdampf zieht unserem Besucher in Schwaden aus der großen Wandöffnung entgegen. Den Einstieg in die Geothermie bildet eine fremdartige Felslandschaft – zu beiden Seiten des Intro-Raumes brodelt das Wasser in den nachgebildeten isländischen Thermalquellen.

Eine Ausstellungspilotin erklärt, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, Erdwärme zu nutzen – so leicht wie die Isländer haben wir es allerdings nicht. »In unseren Breiten«, so führt sie weiter aus, »lässt sich aber auch der relativ geringe Wärmeunterschied zwischen Erdoberfläche und tieferen Erdschichten mit Hilfe einer Wärmepumpe für die Niedrigtemperaturheizung z.B. eines Einfamilienhauses nutzen. Jede volle Stunde startet unten im Foyer eine Architektur-Führung durchs Zentrum. Dabei können Sie sich beispielsweise die bei uns eingesetzten Erdkollektoren genauestens vorstellen lassen.«

In der Mitte des angrenzenden Raumes steht das begehbare Modell unseres Planeten; die Kontinentalplatten mit Hochgebirgen und Vulkanen, die ozeanischen Rücken und Tiefseegräben sind außen plastisch betont und liefern individuell per Knopfdruck Informationen. Im Inneren der Weltkugel entdeckt unser Besucher die Tiefenzonierung – von der kontinentalen Kruste bis zum glühendheißen inneren Kern. Gerade berührt er eine Stelle des oberen Erdmantels bei Hamburg, und schon gibt eine Hörstation bekannt, welche Temperaturen dort in welcher Tiefe anzutreffen sind.

Unser Besucher konzentriert sich etwas später auf einen Versuchsaufbau zur geothermischen Energiegewinnung. Die Temperaturunterschiede lassen sich mit der Hand erfühlen. Ebenso wird erklärt, dass diese Technik schon lange bekannt ist. Die vorhandene Erdwärme in größerem Maßstab zu nutzen, wäre das nicht die Lösung aller Energieknappheit?

An der gegenüberliegenden Wand demonstriert ein Ausstellungspilot, wie die Druckpumpen arbeiten – man erfährt auch etwas über die Wasserdurchlässigkeit von Gesteinen, denn Wasser wird in tiefere Bodenschichten gepresst und kann dann als warmes Wasser hochgepumpt und genutzt werden. Einfacher noch sind die Erdwärmesonden, in denen hinabgeschicktes Wasser durch Erdwärme aufgewärmt wieder nach oben gepumpt wird. Diese unterschiedlichen hydrothermalen Tiefbrunnensysteme werden schon genutzt, wenn auch nicht in Schleswig-Holstein. Sogar Strom lässt sich mit dem heißen Wasser aus der Tiefe gewinnen: Wasser, das durch künstliche Rissysteme im kristallinen Tiefengestein geschickt wird, kommt mit über 100 Grad als Dampf wieder an die Oberfläche und treibt dort herkömmliche Kraftwerke an.

Der Besucher staunt über die Vorzüge der Erdwärme. Gerade hatte er gelernt, dass bei der Stromproduktion aus Wind- und Sonnenenergie durch die Wetterabhängigkeit die konstante Grundlast noch nicht sichergestellt werden könne. Bei der Geothermie



**Begehbare Weltkugel! –  
Wie warm wird  
es im Inneren der Erde?**

**Hydrothermale  
Tiefbrunnensysteme**

**Heißer Wasserdampf  
aus den Tiefen der Erde  
treibt Kraftwerke an**

**Bei der Geothermie spielt  
das Wetter keine Rolle**

begreift er, dass diese genau dafür bestens geeignet ist. Erdwärme steht kontinuierlich zur Verfügung, die effektive Nutzung erfordert nur – wie bei allen anderen Energien auch – technischen Fortschritt, damit es sich auch wirtschaftlich rechnet.

Unser Besucher hat alle Stationen zum Thema Zukunftsenergien durchlaufen und erreicht nun den letzten Ausstellungstrakt im Obergeschoss: Der gesamte Boden der »Sonderausstellungsfläche« ist diesmal mit Sand bedeckt. Über Ausstellungstafeln und Exponaten schwebt ein Banner »Benzin aus Sand?!«. In Zusammenarbeit mit dem Chemiker Peter Plichta wurde diese jüngste Sonderausstellung zu einer völlig neuen Form der Energiegewinnung konzeptioniert. Unter dem Stichwort »Die Silan-Revolution« wird an interaktiven Stationen die Treibstoffgewinnung aus Sand erstmalig öffentlich präsentiert. Filmbeiträge liefern den fesselnden Bericht über Plichtas Entdeckung des Silanöls, denn diese Verbindung aus Wasserstoff und dem im Sand vorkommenden Silicium könnte das »Benzin der Zukunft« werden. Im Gegensatz zum Methan reagieren Silane zusätzlich mit Luft-Stickstoff, dabei entstehen Wasserdampf und Siliziumnitrid – beide sind chemisch unbedenklich!

Unser Besucher liest interessiert an einer Stele, dass das feste Siliziumnitrid nicht zum Treibhauseffekt beiträgt, und dass die höheren Silane eher »friedlich« sind. Im Gegensatz zum oft propagierten Wasserstoff als Energieträger sind höhere Silane schon bei Zimmertemperatur in einfachen Tanks lagerfähig und haben eine hohe volumenbezogene Energiedichte – ähnlich den heutigen Treibstoffen Diesel oder Benzin. Hier ist noch Forschungsarbeit zu leisten – auf in die Zukunft!

Die Stimmung des Besuchers ist zuversichtlich: Unten im Tiefgeschoss bei den herkömmlichen Energieträgern sah die Zukunft noch recht düster aus; jetzt, nach den Erlebnissen im Obergeschoss, ist eins gewiss: Die verschiedenen regenerativen Energiequellen, die jetzt schon genutzt werden, sind nachwachsend oder unendlich vorhanden und müssten durch intensivere Forschung und staatliche Förderung nur optimaler genutzt werden können.

Und was wird man erst noch entdecken, wenn jetzt sogar schon aus Sand ...

## Ausgang

*Zuversicht, Forschung, Nachhaltigkeit, Zukunftsmusik*

Der Weg zurück zur Eingangshalle lädt als Wandelgang zum »Fazit-Ziehen« ein: Große Schautafeln und mit Sitzplätzen versehene Multimedia-Terminals, die entlang der Wände aufgebaut sind, unterfüttern die Energienutzung der Zukunft mit konkreten Zahlen. Keine der vorgestellten Erneuerbaren Energien kann heute – für sich allein genommen – den bisherigen Mix aus Erdöl, Atom, Stein- und Braunkohle ersetzen. Aber ein Mix aus Erneuerbaren Energien hätte dies schon jetzt leisten können, wäre der technische Fortschritt nur früher in dieser Richtung forciert worden.

Unser Besucher wägt mit Hilfe eines Strategiespiels die Vor- und Nachteile einzelner Energiequellen gegeneinander ab und kann sich den optimalen Energie-Mix für 2010 oder 2020 ausdrucken lassen. Er wählt interaktiv die nationale oder globale Versorgungssicherheit an und gleicht die zeitlichen Schwankungen der Verfügbarkeit

Immer was Neues:

Die jährlich wechselnde  
Sonderausstellung

Benzin aus Sand! –

Treibstoffgewinnung durch  
»friedliche« Silane

Silane sind chemisch  
unbedenklich

Modell Zukunft –  
Erneuerbare Energien  
müssen stärker  
gefördert werden

Die Entwicklung zur  
Nachhaltigkeit ist mit  
den herkömmlichen  
Energien nicht zu leisten

»Dem Mix aus Erneuerbaren  
Energien gehört die Zukunft«,  
sagt die CO<sub>2</sub>-Bilanz im Rechner



›Saubere‹ Energie  
ist keine Utopie mehr,  
sondern Praxis

Der Ausstellungskatalog  
liegt im Shop – ein  
Erlebnis zum Mitnehmen

The End ?  
Gute Ausstellungen  
finden kein Ende!

Für das leibliche Wohl  
ist im Bistro gesorgt

durch einen intelligenten Mix von Erneuerbarer Energien aus. Waren Klimaveränderung und CO<sub>2</sub>-Ausstoß früher kein Thema, so unterstreicht die Computersimulation einen großen Pluspunkt der Zukunftsenergien: Die CO<sub>2</sub>-Bilanz fällt positiv aus.

Eine auf nachhaltige Entwicklung ausgerichtete Zukunft wird diesen umweltfreundlichen Energien gehören!

Das sind Perspektiven! Unser Besucher hat ein Wechselbad der Gefühle durchlebt – von der düsteren Sackgasse der konventionellen Energienutzung bis hin zu den sauberen, technisch möglichen, nachhaltigen Formen der Energiegewinnung, die längst keine Utopie mehr sind, sondern Praxis. Selbst innovative Pilotprojekte funktionieren bereits, und der technische Fortschritt für eine wirtschaftliche Nutzung ist absehbar.

Beschwingt schlendert unser Besucher zurück in die Eingangshalle. Ja, da war doch noch das Bistro mit Sonnenterrasse; eine Stärkung kann er jetzt gut gebrauchen – schließlich hat er sich mehr als 2 Stunden in dem Zentrum aufgehalten und nicht einmal alles genauestens studiert. Im Shop kauft er sich noch kurz den Ausstellungskatalog.

Bei Kaffee und Kuchen auf der sonnigen Außenterrasse überlegt er, dass er gleich zu Urlaubs-Beginn mit seiner Familie wieder einkehren wird. Wer weiß, vielleicht gefällt es seinen »3 Mädels« hier so gut, dass für einen Anschlußbesuch dann noch genügend zeitlicher Spielraum bliebe.

»2 Badetücher«, hält er als Notiz in seinen Terminkalender fest, denn seine beiden Töchter sind »echte Wasserratten«, so schnell wird er sie von dem Wasserspielplatz auf dem riesigen Außengelände nicht »los-eisen« können –

... bei all den spannenden Erlebnis-Stationen ...

## Lern-Spaß unter freiem Himmel

# 4

### Rundgang durch das Außengelände

*Im Außenareal des Zentrums setzt sich die Erlebniswelt fort: Hands On! – Spielen setzt Erkenntnisprozesse in Gang. Das Spiel ist die kindgemäße Art, sich die Umwelt zu erschließen. Eine Annäherung über die Sinne ist ein Mittel, dabei Erfolg zu haben: Objekte zum Anfassen, Ausprobieren und Spielen, zum Fühlen, Hören und Staunen. Der Rundweg durch das Ausstellungsgelände greift als erlebnisorientiertes Outdoor-Angebot die Themenvielfalt der Indoor-Ausstellung auf – allerdings eröffnen sich hier – bei mehr als 25.000 m<sup>2</sup> Fläche – ganz neue Dimensionen der Darstellung.*

Ein ausgeklügeltes Wegenetz leitet die Zentrumsgäste zu den zahlreichen Aktionsinseln im Freigelände. Jede Erneuerbare Energie erhält ihren eigenen atmosphärischen Themengarten mit spezifischen Attraktionen: Vom Wasserspielplatz bis zur Wasserfontaine; von der Windmühle über ›Windfänger‹ bis zur Windharfe; vom Solar-Spielplatz ›Solantis‹ bis zur Sonnenuhr; vom ›Beet der Biomasse‹ bis zur Koppel der Zentrums-Maskottchen, den beiden »knuffigen« Galloway-Rindern; vom Lavaström bis hin zum Geysir. Die Gäste finden genügend schattige Plätzchen für den ungestörten Rückzug. Große Besucher-Gruppen hingegen können die weitläufige Arena des Freiluftkinos als Versammlungsstätte nutzen.

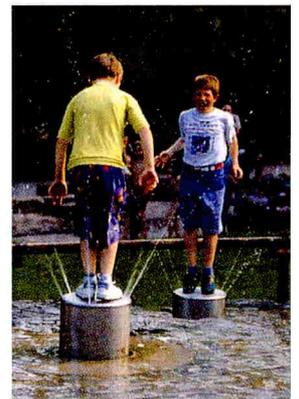
Stichwort »Barriere-Freiheit« – Gerade Menschen mit Funktionseinschränkungen sollen hier ein attraktives Freizeitangebot erleben, dem entsprechend ist die Planung auf eine behindertenfreundliche Zugänglichkeit und Nutzbarkeit ausgerichtet. Zahlreiche Open-Air-Module und Spieleinheiten eignen sich für den Gebrauch durch Menschen mit Handicap.

### Lern-Spaß unter freiem Himmel

Unsere Besucherin tritt durch die »Steife Brise«, dem wortwörtlichen Windfang, aus dem Gebäude ins Freie, um sich nun auf dem Außengelände umzusehen. Eigentlich möchte sie nur ein wenig die Sonne genießen und einen kurzen Blick auf die Eider und den Hafen werfen – aber hier gibt es sehr viel mehr zu entdecken:

Hoch ragt vor ihr das Wahrzeichen des Zentrums, ein riesiges Rotorblatt, in den Himmel. Wenn man so direkt davor steht, wirkt es gigantisch. Vier Kinder versuchen

**Open-Air-Erlebniswelt  
auf 25.000 m<sup>2</sup> Fläche**



**Windenergie –  
Das Rotorblatt  
ist das Wahrzeichen  
des Zentrums**

**Auch unter freiem  
Himmel dreht sich alles um  
das Thema »Energie«**

**Das Turmsegment ist  
das »herausragende«  
Exponat zur Windenergie  
im Außenbereich**

**Hören, was keiner  
sieht: Windharfen**



Alle Abbildungen zum  
Outdoor-Angebot wurden  
dem Katalog der Firma  
Richter Spielgeräte GmbH,  
83112 Frasdorf entnommen.

**Die Offshore-Parks in  
Nord- und Ostsee**

**Die Sonne zeigt, was  
die Uhr schlägt: Höchste Zeit  
für Erneuerbare Energien**

gerade mit ausgestreckten Armen den runden Sockel zu umspannen. Als die Mutter sich dazugesellt, schaffen sie es gerade.

Unsere Besucherin merkt schnell, die Ausstellung ist hier noch lange nicht zu Ende. Von Weitem sehen Teilbereiche wie ein Abenteuerspielplatz aus – Kinder fühlen sich hier sichtlich wohl. Das Thema »Energie« ist in den vielen interessanten Exponaten und Stationen allgegenwärtig.

Ein über sechs Meter hohes Segment des Turms einer Windkraftanlage ist mit riesigen Schrauben in einem Betonsockel verankert. Unsere Besucherin tritt durch den Eingang und ist nicht nur von der Wanddicke beeindruckt. Eine Leiter und dicke Stromkabel führen nach oben und zeigen, wie es im Inneren eines echten Turms aussieht. Jetzt laufen lachend zwei Kinder vorbei, denn die erste und zweite Etage des Turms sind Ausgangspunkt für die beliebte Röhrenrutsche, die sich schneckenartig nach unten windet.

»Was ist denn das für ein Geräusch?«, fragt sie sich ein paar Schritte weiter und steigt neugierig einige Stufen zu einem runden Kiesplatz herab. In der Mitte steht ein Mast mit einem merkwürdigen Metallkasten, dem ein sphärischer Klang entweicht: Eine Windharfe, auch Äolsharfe genannt. Eine Drehung an dem großen Rad bewegt die Luftleitbleche der Harfe in den Wind. Bereits der leiseste Luftzug erzeugt zarte Töne. Nun kann die optimale Stellung zur aktuellen Windrichtung erprobt oder der Luftstrom auch ganz zum Erliegen gebracht werden. Die Töne schwellen je nach Windströmung kräftig an und ab.

Der Weg führt nun einen Wall hinauf. Auf diesem Hügelkamm stehen große Kegel, die von Weitem an »Flüstertüten« erinnern. Es sind »Windtrichter«, die selbst laue Lüftchen bündeln. Dieser Luftstrom ist ein ideales Experimentierfeld, lässt Haare flattern und auch das gerade im Zentrums-Shop gekaufte Miniwindrad sich rasend schnell drehen.

Die hier aufgestellten Rotoren erkennt unsere Besucherin wieder. Beeindruckend, wie schnell sich die unterschiedlichen Formen im Wind drehen. An kleinen Digitalanzeigen lässt sich die aktuell produzierte Strommenge jedes einzelnen ablesen.

Wie gefesselt stehen zwei alte Damen vor dem nächsten Objekt: Hier wird Strömung höchst ästhetisch sichtbar. Eine flüssigkeitsgefüllte Glaskugel zeigt bei jeder Drehung, wie winzige Glimmer-Teilchen Wirbel bilden – kaum entstanden, verlieren sie sich wieder. Nebenan lässt ein kleines Mädchen leicht glitzerndes Wasser über eine schiefe Ebene laufen, an einigen Stellen werden Hindernisse umfließen, enge Kanäle schnell durchströmt.

Zwischen zwei Findlingen fällt der Blick auf ein 3-dimensionales Relief-Modell Schleswig-Holsteins mit Nord- und Ostsee. Kleine Rotoren drehen sich im Wind und zeigen an, wo überall im Lande gerade mit dieser Erneuerbaren Energie Strom produziert wird. Sowohl die bereits realisierten als auch die geplanten Offshore-Windparks sind dargestellt – Informationen zum jeweiligen Standort, z.B. Megawatt-Leistung oder Wassertiefe, erscheinen auf Displays, die über eine kleine Solaranlage versorgt werden.

Eine Sonnenuhr – »Erst halb drei«, denkt sich unsere Besucherin und schlendert zum Themengarten »Solantis«. Schon eine dreiviertel Stunde genießt sie hier draußen die warme Sonne, jetzt kann sie deren enorme Energie sogar an einer Versuchsstation

erproben: Mit einem Brennglas bündelt sie die Wärmestrahlung und heizt damit verschiedene Steine auf – zum Handauflegen schon fast zu heiss! Zwei Jugendliche bringen auf gleiche Weise Wasser, das in den tiefen Nöpfchen einer Granitplatte steht, zum Kochen.

Ein paar Meter weiter erkundet eine junge Familie das »innere Wesen« des Sonnenlichtes: Die drehbaren Prismen werfen – zum Erstaunen der Kinder – die buntesten Spektralfarben an eine im Schatten liegende Mauer. Wissbegierig rennen sie zu den großen geschliffenen Kristallen und entdecken auch hier die schönsten Farben an den Verwerfungskanten .

Gerade geht unsere Besucherin etwas in die Knie und blickt durch ein Fernglas in Richtung Zentrum. Fokussiert wird eine der Photovoltaikanlagen am Gebäude, ein Text-Laufband an der Fassade gibt die aktuelle Kilowatt-Leistung des Tages bekannt. Ein Fernglas weiter können auch die Solarkollektoren auf dem Dach des Hauses in Augenschein genommen werden.

Eines der Mädchen flitzt um die Ecke und stellt sich an eines der niedrigeren Ferngläser und wirkt verblüfft: Die Spiegel des Oktoskopes setzen den erwarteten Anblick des Hauses in völlig überraschender Form neu zusammen. Das nächste Fernglas zeigt nun gar nicht mehr die umgebende Wirklichkeit, das Bild der Sonne mit mächtigen Protuberanzen erscheint im 3D-Effekt.

Hinter einer Biegung befindet sich gleich ein ganzes »Photovoltaik-Feld« – blauschwarz schimmern die hauchdünnen Silizium-Scheiben in der Sonne. Diese »relativ kleine« Fläche reicht schon aus, so viel Energie zu produzieren, dass der Strom für die gesamte Außenanlage des Zentrums reicht, heißt es dort. Nähere Angaben zur Sonneneinstrahlung, Solarzellentemperatur und Einspeiseleistung folgen; die Infotafel besagt, dass die 63 Quadratmeter mit 4.836 Solarzellen bei diesem Sonnenschein gerade sechs Kilowatt pro Stunde liefern.

Hier am Endes von »Solantis« finden sich auch die zahlreichen Praxis-Beispiele zur unmittelbaren Nutzung der Sonnenenergie: z.B. ein Solarofen, der einen Teekessel unter Dampf hält; oder – technisch simpel, aber effektiv – ein großer mattschwarzer Behälter, der beim Aufdrehen des Wasserhahns wohl-temperiertes Wasser hervorsprudeln lässt .

Von Weitem schon hört man Kinderlachen und sieht eine sechsflüglige Windmühle auf einem dreieckigen Gittermast. Direkt hier am Hafen beginnt der Wasserspielplatz »AquaAqua«. Der Wind treibt eine Membranpumpe an und versorgt so das Areal mit Wasser: Zum Spielen, zum Planschen, zum Beobachten, zum Experimentieren.

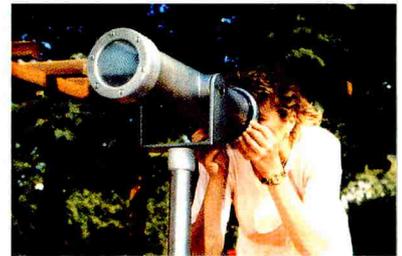
Wasser treibt ein Mühlrad an, Springbrunnen werden durch das Hüpfen der Kinder in Bewegung gesetzt, Ströme werden ge- und umgeleitet, Zugwehre bilden Stauseen – und vor lauter Spaß bleibt kein Auge und keine Socke trocken. In großen »Wasseranlagen« kann das nasse Element mit seinen physikalischen Phänomenen und mechanischen Prinzipien spielerisch erforscht werden. Und das macht Kindern wie Erwachsenen gerade bei diesem Wetter sichtlich so viel Freude, dass eine der umstehenden Mütter sagt: »Nur hierfür würde sich ein Besuch schon lohnen!«

Kleine Findlingsmauern bilden ein Halbrund, in dessen Zentrum ein Grillplatz zum Verweilen einlädt. Hinter Zäunen aus Weidengeflecht oder unter einem Obstbaum findet sich ein schattiges, windgeschütztes Plätzchen. Unsere Besucherin liest auf der

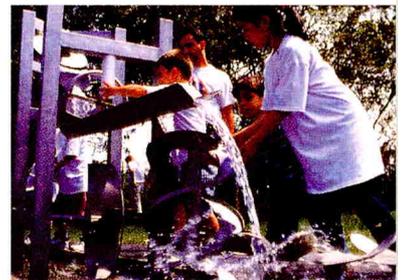


**Der Sonnen-Spiel-  
und Experimentierplatz**

»Solantis«



**Das Sonnenlicht hat  
viele Farben – Experimente  
mit Prismen**



**Der Wasserspielplatz**

»AquaAqua«

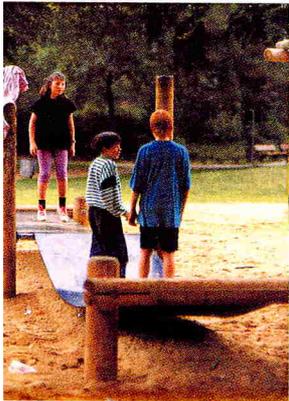
**Kinder treiben mit Wasser  
die Mühlräder an**

**Freiluft-Arena für  
zahlreiche Veranstaltungen**

Veranstaltungstafel, was an diesem Ort in den Sommermonaten so geboten wird: Immer Samstags wird in lauen Nächten zum »Freiluftkino« eingeladen. Kommenden Dienstag findet hier wieder die Lesungsreihe »Lovely-Lyrik« statt, diesmal mit Elke Heidenreich. Das Kultur-Highlight »Film-Festival Friedrichstadt« zur Mittsommernacht will sich unsere Besucherin diesmal nicht entgehen lassen.

**Tobespaß in der  
»Kletteria«**

Klettern – heute mal futuristisch. Unsere Besucherin hört noch gerade den lautstark eingesetzten Wettpreis: »... ein Eis mit vier Kugeln im Bistro!« Und schon geht es los: Ein Vater mit Sohnmännchen starten bei »1, 2, 3!« und klettern rasend an die Spitze der mindestens sechs Meter hohen knallroten Kletterpyramide. Täuscht sie der Eindruck oder gibt sich der Herr Papa tatsächlich betont wenig Mühe, »Erster« zu werden?!



Der Kletterparcours ist der reinste Tobespaß. Am Eingang ein Steg und zwischen den Standpfosten ein Gummigurt gespannt – fertig ist das Trampolin. Auf dem ersten Feld springen zwei Kinder im Takt, ein kleiner Junge steht juchsend auf dem zweiten Feld, denn er wird immer wieder hochgeschleudert. Unsere Besucherin setzt sich einen Augenblick zu einigen Eltern auf eine der zahlreichen Bänke und beobachtet amüsiert die Kinder, die an Hängegerüsten oder Wackelbalken ihren Spaß haben. Zwischen den Bänken schimmern große Glas-Isolatoren wie Skulpturen, man kennt sie von den Strommasten her. Gerade fliegt ein üppiger Schaumstoff-Würfel über die Hecke und eine Horde Kinder saust herbei, denn das Kopfstück vom großen »Vulkano-Puzzle« ging soeben beim Zusammenbruch des hoch aufgetürmten Berges verloren.

**Erdwärme –  
vom heißen Magma bis zum  
imposanten Geysir**

Hier müssen alle ein wenig klettern, wollen sie keinen Umweg machen. Quer über dem Weg »fließt« ein erkalteter, ca. 60 cm hoher Lava-Strom. Wie auf einer Straßenkreuzung zeigt ein Wegweiser die Entfernung an – nicht etwa zum Ausgang, sondern durch die einzelnen Erdschichten hin bis zum Mittelpunkt der Erde.

Unsere Besucherin ist beeindruckt, dass vergleichsweise dicht unter ihren Füßen solch immens hohe Temperaturen des Erdinnern schlummern. Zwischen einigen Steinen hinter einem schmalen Wassergraben hört man es nun Brodeln und plötzlich schießt die Dampffontaine eines Geysirs in den Himmel – die Erde zeigt was in ihr steckt, enorm viel Energie.

**Hier werden  
Berge versetzt**

Kinder und Erwachsene sind fasziniert: Die Kraft des kleinen Fingers reicht aus, den Dreh-Stein – einen riesigen Findling – in immer schnellere Kreisbewegungen zu versetzen. Und hier mausern sich selbst die kleinsten Besucher sofort zu waschechten Bergleuten: Eine riesige Baggerschaufel bildet das Zentrum des Sandspielplatzes, ein kleiner Tunnel ist das Bergwerk und eine authentische Lore hilft dabei, ganze Sandberge zu versetzen.

**Mal Liegewiese – mal  
Freiluft-Klassenzimmer**

Auf der großen Wildblütenwiese macht sich direkt am Hafen entspannte Picknick-Atmosphäre breit, und einige Kinder nutzen den Wind auf ihre Weise: Sie lassen einen Drachen steigen. Eine Schulklasse sitzt dösend im Schatten. Unsere Besucherin lauscht kurz der Lehrerin und denkt: »Wie (ent)spannend der Unterricht an diesem Ort »ausfallen« kann?!

Die Besucherin ist die »typisch norddeutsche«, naturnahe Bepflanzung des Areals gleich aufgefallen. Die Materialien der Wege und Plätze fügen sich harmonisch ein, zwischen den Rasenflächen finden sich Obstbäume, Rotdorn- und Hollunderbüsche. Einige Bereiche scheinen der Natur überlassen worden zu sein, zahlreiche Insekten bevölkern summend eine Naturwiese.

Nun ist sie aber doch überrascht: Hinter einem Wall wächst ein kleines Rapsfeld. Klar, irgendwo muss der Bio-Diesel ja herkommen. Aber, was riecht hier so? Beim Anblick eines sich schon olfaktorisch dem Thema Biomasse zuordnenden Misthaufens muss unsere Besucherin lachen. In der Ausstellung hat sie bereits erfahren, dass das, was ihre Nase hier so reizt, eine Energie mit Zukunft ist.

Nicht nur zur Freude der vielen Kinder kommen nun die vierbeinigen Energieproduzenten an den niedrigen Zaun: Die Galloway-Kuh »Alba« mit ihren Kälbchen »Bogo« sind die Maskottchen des Zentrums und uneingeschränkt Publikumsliebliche.

Gerade verteilt eine Ausstellungspilotin kleine Samenpackungen aus dem Shop, denn die Schulklasse hat die diesjährige Patenschaft für eine der zahllosen »Biomasse-Parzellen« übernommen. Die Sechst-Klässler bestellen in der »Bio-Ackeria« ihren Mini-Pflanzacker und einige verabreden sich zur nächsten Wachstums-Schau in ca. vier Wochen vor Ort – »Am liebsten mit meinen Eltern, Oma muss auch mit«, sagt eines der Mädchen.

Unsere Besucherin ist beeindruckt – über eineinhalb Stunden hat sie mittlerweile allein im Außenbereich dieses Erlebniszentrums zugebracht, ohne dabei alles gesehen, erlebt und ausprobiert zu haben.

Allerdings, Mittsommernacht kommt sie ja wieder –

... für einen ganzen Mittsommertag.

Die beiden Galloways sind die Maskottchen des Zentrums – und legen gleichzeitig sehr plastisch dar, wie Dung für die Biogasanlage produziert wird

Patenschaften für Biomasse-Beete sollen die Kundenbindung intensivieren und Wiederholungsbesuche »anstiften«



# 4

## Treffpunkt »Energie-Welten«

### Das Veranstaltungs- und Begleitprogramm

*Über das ganze Jahr hinweg bietet das Erlebniszentrum »Energie-Welten« neben dem normalen Ausstellungsbetrieb ein vielseitiges Veranstaltungs- und Begleitprogramm. Als Dialoggruppen angesprochen werden Kinder und Jugendliche, Familien und Senioren sowie Berufsgruppen, die mit ihrer Arbeit direkt dem Einflussbereich der Energiebranche zuzuordnen sind. So bieten die MitarbeiterInnen des Zentrums z.B. spezielle Exkursionen zu den Energie-Themen Windkraft, Biomasse, Solarenergie, Geothermie und Wasserkraft in Schleswig-Holstein an. Stündliche Führungen zum Gebäude und durch die Ausstellung zählen zur Selbstverständlichkeit.*

Die Ausrichtung hochkarätig besetzter Tagungen und Kongresse sollen den Stellenwert der einmaligen »Energie-Welten« auch als Kompetenz-Zentrum stärken und unterstreichen. Als Präsentationsplattform für Hochschul-Projekte soll ein zeitnahe Transfer wissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung über das Zentrum in die breite Öffentlichkeit stattfinden. Gerade das Fachpublikum wird diese Einrichtung durch sein anspruchsvolles Veranstaltungs-Programm als fortschrittliches Diskussionsforum kennen und schätzen lernen.

Gemeinsam mit der freien Energie-Wirtschaft werden jüngste technologische Entwicklungen allgemeinverständlich präsentiert. Innovationen werden brandaktuell in Sonderschauen gezeigt oder durch die jährlich wechselnden Sonderausstellungen publikumswirksam thematisiert; im Anschluß können diese als Wanderausstellung von öffentlichen Trägern wie Ämtern oder Kommunen sowie von privatwirtschaftlich organisierten Institutionen und Unternehmen angemietet werden.

Berufsspezifische Seminare und Fortbildungen werden gezielt ausgearbeitet und bundesweit beworben. Hierzu ein Beispiel: »Energie-Welten« lädt ArchitektInnen und IngenieurInnen über die Architektenkammern der Bundesländer und Fachzeitschriften zu einer eintägigen Veranstaltung ein, die über den Einsatz regenerativer Energien in der Architektur und Gebäudetechnik informiert. In diesem Zusammenhang bietet das Zentrum in Kooperation mit den jeweiligen Herstellern für spezielle Handwerks-Gruppen Schulungen zu Umgang und Wartung von entsprechendem technischen Gerät an.

Gemeinsam mit Vertretern aus dem Windenergie-, Biomasse-, Biogas- und Biodiesel-sektor werden landwirtschaftliche Betriebe durch regelmäßige Diskussions-Runden gezielt angesprochen.

HausbesitzerInnen können regelmäßig an Informations- und Vortragsveranstaltungen teilnehmen, um den für sie möglichen Einsatz Erneuerbarer Energien am Eigenheim kennenzulernen; so gesetzte Erfahrungsgrundlagen sollen Vorurteile abbauen und Entscheidungshilfen liefern.

Umweltrelevante Angebote werden für anreisende Schulklassen als tagesfüllendes Programm bereitgehalten, hierzu zählen Klassensets wie z.B. »Rallyebogen + Führung + Laborarbeit + Dia-Vortrag«. In Zusammenarbeit mit den Schulen sind neben der Mitgestaltung von normalen Unterrichtseinheiten durch das Zentrum am Lernort selbst auch gemeinsam entwickelte Klassenfahrten und Exkursionen geplant. Dabei bietet das Erlebniszentrum »Energie-Welten« nicht nur Lehr- und Unterrichtsmaterialien an, sondern kann wahlweise auch das dafür notwendige Personal stellen.

Mit ungewöhnlichen Events wie den »Sonnenkult-Nächten«, »Lovely-Lyrik-Lesungen«, »Gone-with-the-wind-Partys« oder dem »Friedrichstädter-Film-Festival« beschreitet das Erlebniszentrum unkonventionelle Wege, Menschen als neue Zielgruppe zu gewinnen, die sich vom umfangreichen Angebot des Zentrums eigentlich nicht angesprochen fühlen. Über diesen »Attraktor-Umweg« soll das öffentliche Interesse auf die bedeutenden Inhalte des Hauses gelenkt werden.

Weitere Stichpunkte zum umfangreichen Aktionsprogramm:

- Kindernachmittage anbieten
- Kinder-Forscherkreise wie »Sun-Kids« oder »Wind-Freaks« initiieren
- Kindergeburtstag »Be happy« im Zentrum – mal ganz woanders feiern!
- Kostümfeste, Theaterspiele und Malwettbewerbe für Kinder veranstalten
- Umweltpädagogische Angebote für Senioren-Gruppen schaffen
- Nachtwanderungen, z.B. »Der Wind schläft nachts und erhebt sich am Morgen«
- Bildungsurlaub anbieten
- Studienreise zum Offshore-Windpark »Horns Rev« in Dänemark
- Wissenschaftler zu Vortragsreihen einladen
- Pflanzaktionen »Beim-Biomasse-Bauern«
- Freizeitangebote gemeinsam mit anderen Ausstellungshäusern entwickeln, z. B. das »Westküsten-Kombi-Ticket« für ein spannendes Wochenende
- Kinosaal bietet z.B. auch mal »Vom Winde verweht«
- Jährliche Sonderausstellungen planen und anschließend auf Reisen schicken
- Das »Energie-Mobil« liefert Basisinformationen und kann flexibel auf unterschiedlichste Einsatzorte reagieren, besucht Schulen, Stadtfeste etc.

# 5

## Zur Architektur

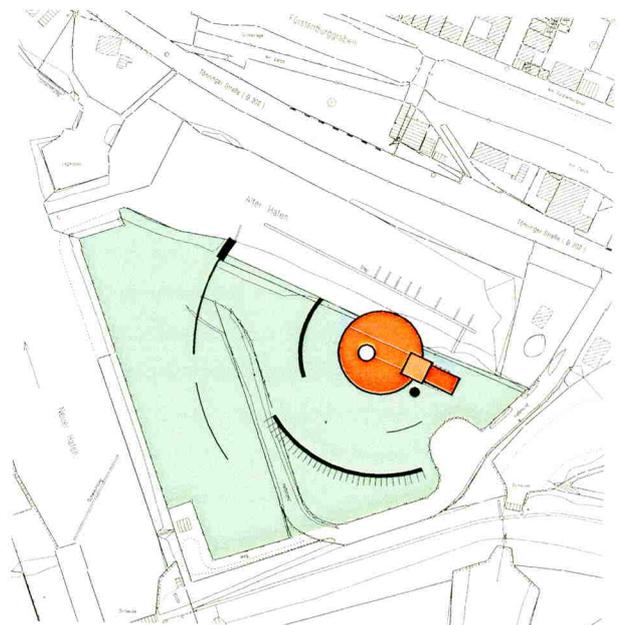
### Anforderungsprofil an die Architektur des Zentrums »Energie-Welten«

Ein Beitrag von Heiko Helms, Architekt

*Laut Enquete-Kommission »Vorsorge zum Schutze der Erdatmosphäre« des 11. Deutschen Bundestages belaufen sich die Sparpotentiale bei Energie auf 35 bis 45%. Ernst u. von Weizsäcker, Amory B. Lovins und L.H. Lovins schlussfolgern in ihrem Bericht »Faktor Vier« an den »Club of Rome«, dass die Effizienz-Potenziale so groß seien, dass sogar ein doppelter Wohlstand mit nur dem halben bisherigen Energieaufwand möglich sei.*

Das größte Zukunftspotenzial stellt ihrer Meinung nach die »Ressource Energiesparen« dar. In diesem Sinne wird das Zentrum »Energie-Welten« als Niedrigenergiebau konzipiert. Mit Vorbildfunktion und als Vorzeigemodell soll das Ausstellungshaus praxisnah aufzeigen, wie Erneuerbare Energie genutzt, Energie eingespart und unsere Umwelt geschont werden kann. Durch spezielle Architekturführungen können die BesucherInnen selbst das Gebäude als spannendes »überdimensionales Ausstellungsexponat« erleben und einen Blick »hinter die interessanten Kulissen« werfen.

Wenn von den jährlichen  
6,7 Mio. Urlaubsgästen Schleswig-Holsteins  
rund 500.000 Tagesgäste das beliebte  
»Holländerstädtchen« besuchen, muss an  
Friedrichstadt etwas »Besonderes« sein!



## *Zur Architektur*



Das geplante Erlebniszentrum »Energie-Welten« soll direkt am Hafen der Stadt Friedrichstadt auf einem rund 34.000 m<sup>2</sup> großen Grundstück als moderner, in seiner architektonischen Erscheinung unverwechselbarer Neubau errichtet werden.

Schon in der Gestaltung des Gebäudekörpers sollte die für Deutschland bislang einzigartige »Inszenierung der Erneuerbaren Energien« erkennbar werden. Die Konzeption der Architektur dieser Umweltbildungs-Einrichtung wird jedoch nicht nur inhaltlich durch Leitidee, Zielsetzung, Zielgruppen oder Finanzmittel maßgeblich beeinflusst.

Auch formale Gegebenheiten wie die umgebende Bebauung, die unmittelbare Lage am Wasser oder die Beschaffenheit und Größe des Baugrundstückes erfordern speziell angepasste Architektur-Lösungen.

Die Architektur muss Signalwirkung haben und sensibel auf die Besucherführung der Ausstellungskonzeption eingehen: z.B. Wände schaffen, wo Wände notwendig sind, und auf Fensteröffnungen – trotz architektonischer Geste – verzichten, wo sie stören. Große verglaste Außenhautflächen müssen vermieden werden, damit die durch künstliches Licht gezielt inszenierten Attraktionen nicht ihres atmosphärischen Effektes beraubt werden. Auch ist eine blendfreie Benutzung der visuellen Medien zu beachten – Multimedia-Installationen beispielsweise wirken nur, wenn sie von gebührender Dunkelheit umgeben sind. Durch starke Sonneneinstrahlung kommt es zur problematischen Aufheizung der Ausstellungsflächen, zumal eine hohe Wärmelast durch die Beleuchtung und Exponate meist bereits gegeben ist. Und Kosten lassen sich so auch erfolgreich einsparen: Keine teure Verschattungstechnik für die kostspieligeren Glasfassaden und damit verbunden geringere Energieverluste in der kalten Jahreszeit; die so häufig an heißen Sommertagen in großzügig verglasten Zentren anzutreffende Überhitzung der Räumlichkeiten bleibt allen ebenfalls erspart.

Die Ausstellungs-  
Funktionalität  
nicht konterkarieren

Die langjährige interdisziplinäre Planungserfahrung – auch gerade im Bereich der Innenarchitektur von Ausstellungen – führte uns zu der Überzeugung, dass Ausstellungshäuser nur dann erfolgreich und somit publikumswirksam arbeiten, wenn die gestaltenden Disziplinen Architektur und Ausstellungsdesign den Planungsprozess möglichst frühzeitig gemeinsam gestalten können und intensiv kooperieren.

Schöne Glasfassaden  
machen nicht immer Sinn

Die Architektur des Erlebniszentrums soll schon allein durch seine äußere Erscheinung die Besucher anlocken. Das erfordert eine signifikante Formensprache, die sich städtebaulich in die exponierte Lage des Grundstückes einfügt. Gleichzeitig muss die Gestalt des Bauwerks »das Wesen« des Ausstellungshauses resp. -anliegens adäquat transportieren. Von entscheidender Bedeutung ist dabei auch die formale Betonung der Eingangssituation, nicht nur hier sind Orientierungsqualitäten gefordert. Die Architektur muss die Planungsaufgabe so erfolgreich lösen, dass dem zahlenden Kunden mit dem Gebäude und seiner komfortablen Nutzung ein stimmiges und überzeugendes Preis-/Leistungsverhältnis geboten wird.

Interdisziplinäres  
Arbeiten der Planer

Eine benutzerfreundliche Planung der Zugänglichkeit sowie der Parkmöglichkeiten ist für den effektiven und reibungslosen Betriebsablauf mit entscheidend: z.B. sollten Behinderten-Parkplätze in unmittelbarer Zentrumsnähe angeboten werden oder ein geräumiger Bus-Wendeplatz bei der Gestaltung des näheren Außengeländes Berücksichtigung finden.

Besucherorientiertes  
Architektur-Konzept

### **Durchführung des Architektur-Wettbewerbes**

Der in der »Verdingungsordnung für freiberufliche Leistungen (VOF)« festgelegte Schwellenwert von 200.000 Euro wird bei der Baumaßnahme »Energie-Welten« überschritten: Somit ist bei der Vergabe freiberuflicher Planungsleistungen die Anwendung der VOF für den öffentlichen Auftraggeber und für private Bauherren verbindlich vorgeschrieben, wenn das Bauvorhaben mit mindestens 50 % aus öffentlichen Geldern gefördert wird. Trifft dies zu, schlagen wir ein Vergabeverfahren nach § 5 Abs. 1 VOF in Verbindung mit § 5 Abs. 2 VOF im vereinfachten Verfahren mit vorgeschaltetem Auswahlverfahren nach VOF vor. Der Auslober kann dann aus einem offenen Bewerbungsverfahren eine bestimmte Anzahl an Teilnehmern zur Erarbeitung von Vorentwürfen auswählen (Details Wettbewerb: s. Anhang 2 der Projektskizze).

Wann muss ein  
Architektur-Wettbewerb  
ausgeschrieben werden?

## Ökologie am Bau

Bei der Architektur eines Erlebnis zentrums, dass die »Regenerativen Energien« zum Inhalt hat, ist von vornherein ein Schwerpunkt gesetzt: »Ökologie am Bau«. Auf eine umweltfreundliche Umsetzung von Architektur und Gebäudetechnik wird gesteigerter Wert gelegt. Das Zentrum soll bestmöglich im Niedrigenergiehaus-Standard errichtet werden. Folgende Techniken sollen dabei zum Einsatz kommen, deren Wechselwirkungen und Schnittpunkte in der späteren Planungsphase zu prüfen und wirtschaftlich aufeinander abzustimmen sind.

### 1. Regenwasserbewirtschaftung

Die Nutzung von Regenwasser kann zu einer bis zu 60 %-igen Einsparung der Trinkwasserkosten beitragen, z.B. bei der Toilettenspülung, zur Versorgung von Waschmaschinen oder als Gießwasser für die Grundstücksbewässerung (Teiche, Wasserspielplatz).

### 2. Regenwasserversickerung

Beim Bau einer Versickerungsanlage entfallen die »Einleitergebühren für versiegelte Flächen«. In vielen Bereichen/Kommunen wird sogar eine dezentrale Versickerung von Regenwasser in Erschließungsgebieten bereits vorgeschrieben.

### 3. Regenwasserrückhaltung

In Regenwasser-Anstauspeichern werden starke Regenfälle gepuffert und anschließend gedrosselt und zeitverzögert in die Kanalnetze oder Vorfluter abgeleitet, dies führt zur Entlastung der Kanalnetze und Kläranlagen sowie zur Hochwasserminde rung. In einigen Regionen bestehen Förderprogramme, die den Bau von Regenwasseranlagen unterstützen.

### 4. Photovoltaik-Anlagen

Solarmodule aus Siliziumzellen wandeln das Sonnenlicht in elektrische Energie um. Ein Wechselrichter dient zur Umwandlung des erzeugten Gleichstroms in Wechselstrom, damit eine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz möglich wird. Eine Kombination mit einer thermischen Solaranlage (Solarkollektoren) ist in der Vorplanung zu untersuchen.

Photovoltaik-Anlagen werden im ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm und KfW-Umwelt-Programm gefördert und mitfinanziert.

Elektroversorger sind gesetzlich verpflichtet, den eingespeisten Strom abzunehmen und zu vergüten. Die Mindestvergütung beträgt für Solarstromanlagen, die zur Zeit installiert werden, 43,42 bis 54,53 Cent pro Kilowattstunde.

### 5. Solarthermie

Die Energiegewinnung mit Solartechnik wird vom BAFA-Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle bundesweit gefördert. Darüber hinaus fördern viele Gemeinden oder Energieversorger Solaranlagen zusätzlich.

Voraussetzungen für die Fördermittel sind optimale Auslegungskriterien und hohe Kollektorserträge. Vorzugsweise ergeben sich somit bei richtiger Dimensionierung, insbesondere bei der solaren Trinkwassererwärmung, interessante Finanzierungs-

Regionale Förderprogramme unterstützen die Regenwasserrückhaltung

Photovoltaik-Anlagen werden im ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm und KfW-Umwelt-Programm gefördert und mitfinanziert

Solartechnik wird vom BAFA-Bundesamt bundesweit gefördert

möglichkeiten. Systemerweiterungen in Richtung Rücklaufanhebung von Niedertemperatur-Heizungsanlagen gilt es zu untersuchen.

#### 6. Erdwärme

Im Zuge der Vorplanung sollte mit Unterstützung eines Bodengutachters untersucht werden, ob das Erdreich als Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe genutzt werden kann. Der Wärmeentzug aus dem Erdreich erfolgt dabei über großflächig verlegte Kunststoffrohrsysteme im Erdreich (1,2–1,5 m tief) oder über Erdwärmesonden, die in Tiefen von 30 bis 100 m eingesetzt werden. Da das Erdreich die Eigenschaft hat, Sonnenwärme saisonal, also über einen längeren Zeitraum, zu speichern, arbeiten die Wärmepumpen wegen der konstant hohen Temperaturen mit guten Arbeitszahlen.

Ein Bodengutachter muss den Einsatz von Erdwärmesonden oder -kollektoren prüfen

#### 7. Windenergie

Als regenerativer Energieträger ist der Wind als Antrieb für eine Windkraftanlage zu berücksichtigen. Das Baugrundstück ist rückseitig von ca. 25 m hohen Bäumen flankiert, das Aufstellen einer WKA wäre »optisch« als »eyecatcher« wie inhaltlich wünschenswert, bliebe also die rechtliche Prüfung des innerstädtischen Standortes zu klären. Eine Demonstrationsanlage mit einer Nennleistung von 10 kW (ab 11 m/s Windgeschwindigkeit) hätte eine Masthöhe von z.B. 18 m und einen Rotordurchmesser von ca. 7 m. Der Schalleistungspegel würde dabei unter 56 dB(A) liegen. Die Vergütungssätze für die Stromeinspeisung aus Windkraftanlagen liegen zwischen 6,2 und 9,1 Cent pro Kilowattstunde.

Über Windenergie Einnahmen erzielen

#### 8. Wärmerückgewinnung

Alle technischen Anlagensysteme sind mit Wärmerückgewinnungs-Elementen zu versehen (wenn möglich und sinnvoll). Insbesondere sind diese problemoptimiert bei allen Lüftungsanlagen, wenn diese notwendig werden, einzuplanen. Systemübergreifende Wärmerückgewinnungs-Möglichkeiten sind im Gesamtenergiekonzept mit einzubeziehen.

#### 9. Blockheizkraftwerk

Der Einsatz von Heiz-Kraft-Anlagen, bei gleichzeitiger Erzeugung von Strom und Wärme, wird im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Gebäudesanierungsprogramme durch die KfW-Förderbank unterstützt.

CO<sub>2</sub>-Minderungs- und Gebäudesanierungsprogramme der KfW

Im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer Heiz-Kraft-Anlage um 47 % geringer, bei gleichzeitiger Senkung des Brennstoffeinsatzes um 31 %. Der Betrieb einer Kleinanlage, z.B. mit Bio-Diesel, ist zu überprüfen. Weiterhin sind die Brennstoffe für Heiz-Kraft-Anlagen von der Ökosteuer und der Erdgas- und Mineralölsteuer befreit. Der eigens erzeugte Strom ist zudem von der Stromsteuer befreit.

#### 10. Brennstoffzelle

Das Thema Brennstoffzelle sollte bei der momentanen Marktentwicklung in der Vorplanung und Planung auf alle Fälle untersucht werden. Brennstoffzellen sind Energiewandler, mit denen wasserstoffreiche Brenngase und Sauerstoff elektrochemisch in Strom und Wärme umgeformt werden. Brennstoffzellen erzielen hohe elektrische Wirkungsgrade bei vernachlässigbaren Schadstoffemissionen.

## Das Raumprogramm

Auf Grundlage der vorliegenden Projektstrategie und des geplanten Ausstellungsrundganges umfasste unsere Aufgabe die Ermittlung des erforderlichen Raumbedarfs und die Erstellung eines Raumprogramms mit anschließender Abschätzung der Kosten für die gesamte Baumaßnahme.

Aus unserer langjährigen Erfahrung heraus in der Planung von Umweltbildungszentren, was sowohl die Architektur als auch die Ausstellungsgestaltung betrifft, haben wir ein Raumprogramm erstellt, das die Themenvielfalt, die Präsentationsanforderungen und die prognostizierten Besucherzahlen adäquat berücksichtigt:

|                             |       |                            |
|-----------------------------|-------|----------------------------|
| Windfang                    | 7     |                            |
| Eingang/Kasse/Halle         | 150   |                            |
| Shop                        | 40    |                            |
| Garderobe/Schließfächer     | 20    |                            |
| Toiletten                   | 50    |                            |
| Gastronomie                 | 100   |                            |
| Küche                       | 35    |                            |
| Lager Küche                 | 25    |                            |
| Toilette Küche              | 4     |                            |
| Flur                        | 30    | <b>461 m<sup>2</sup></b>   |
| <hr/>                       |       |                            |
| Büro Leiter                 | 16    |                            |
| Büro 2 Personen             | 16    |                            |
| Büro 2 Personen             | 16    |                            |
| Büro 2 Personen             | 16    |                            |
| Sekretariat 2 Personen      | 16    |                            |
| Büro Technik 2 Personen     | 16    |                            |
| Sozial-/Besprechungsraum    | 20    |                            |
| Garderobe                   | 8     |                            |
| Toiletten                   | 8     |                            |
| Flur                        | 20    | <b>152 m<sup>2</sup></b>   |
| <hr/>                       |       |                            |
| Technik/Lüftung             | 20    |                            |
| Hausanschluss               | 30    |                            |
| Werkstatt                   | 30    |                            |
| Werkstatt Freiraum          | 30    |                            |
| Lager 1 für Shop            | 30    |                            |
| Lager 2                     | 30    |                            |
| Lager 3                     | 30    |                            |
| Flur                        | 20    | <b>220 m<sup>2</sup></b>   |
| <hr/>                       |       |                            |
| Ausstellung                 | 1.800 | <b>1.800 m<sup>2</sup></b> |
| <hr/>                       |       |                            |
| Konferenzraum               | 90    |                            |
| Seminarraum 1               | 50    |                            |
| Seminarraum 2               | 30    |                            |
| Stuhllager                  | 15    |                            |
| Kino                        | 50    |                            |
| Flur                        | 20    | <b>255 m<sup>2</sup></b>   |
| <hr/>                       |       |                            |
| <b>Nutzfläche insgesamt</b> |       | <b>2.888 m<sup>2</sup></b> |

## Kostenschätzung der Baumaßnahme Energie-Welten nach DIN 276

Grundlage für die Berechnung der Kostengruppen 300 und 400 ist der BKI Baukostenkatalog mit den Kostenkennwerten für Gebäude.

Gewählt wurden Bauwerke für kulturelle und musische Zwecke. Die Kosten für die Nutzfläche liegen hier zwischen 1.700 und 2.600 Euro/m<sup>2</sup>. Der Mittelwert beträgt 2.200 Euro/m<sup>2</sup>.

Bei dem Zentrum Energie-Welten ist wegen des Standortes am Alten Hafen mit schwierigen und somit kostenintensiveren Gründungsmaßnahmen zu rechnen. Auch die alternativen Haustechniksysteme verursachen höhere Anschaffungskosten. Beide Faktoren begründen den vom Mittelwert abweichenden höheren Kostenkennwert von 2.600 Euro/m<sup>2</sup>, der dieser Kostenkalkulation zu Grunde liegt.

Die Kosten für die Außenanlagen beinhalten nur die Zuwegung, Stellplätze und die unmittelbare Umgebung, z.B. den Außenbereich des Cafés. Das restliche Grundstück wurde nicht berücksichtigt, da diese Kosten gesondert von dem Büro »Freiraum- und Landschaftsplanung Matthiesen & Schlegel« erfasst werden.

Die Kostengruppe 600 erfasst den Eingangstresen, die Garderobe, die Bestuhlung der Seminarräume, die Ausstattung der Büros und der Werkstatt.

Die Ausstattungskosten von Café und Shop sind hierbei ausgeklammert, da diese Positionen durch die späteren Pächter in Eigenregie finanziert werden sollen.

Alle angegebenen Preise sind Bruttopreise.

### *Aufschlüsselung nach Kostengruppen*

#### 100 Grundstück

Flurstücke 17/5, 17/8, 17/9, 18/2 (Teil Zuwegung) mit insgesamt 20.327 m<sup>2</sup> stellt die Stadt Friedrichstadt

Ankauf von Flurstück 17/6 mit 13.500 m<sup>2</sup>

|   |                    |
|---|--------------------|
| Ankauf von Flurstück 17/6 mit 13.500 m <sup>2</sup> | ca. 200.000,- Euro |
| 200 Herrichten und Erschließen                      | 100.000,- Euro     |
| 300 Bauwerk – Baukonstruktion                       | 5.006.000,- Euro   |
| 400 Bauwerk – Technische Anlagen                    | 2.503.000,- Euro   |
| 500 Außenanlagen                                    | 250.000,- Euro     |
| 600 Ausstattung und Kunstwerke                      | 100.000,- Euro     |
| 700 Baunebenkosten 20%                              | 1.570.000,- Euro   |

#### **Gesamtkosten ohne Ausstellung**

**9.729.000,- Euro**

# 5

## Zur Landschaftsarchitektur

### **Landschaftsarchitektur – Freiraumplanung des Außengeländes**

Die »Freiraumplanung des Außengeländes« umfasst das Wegekonzept, die Beleuchtung, die Bodenmodellierung und die Begrünung des Areals mit Rasenflächen resp. Wildblumenwiesen und einheimischen Bäumen, Sträuchern und Stauden. Konzipiert ist die Grundausstattung des Wasserspielareals und eines Veranstaltungs- und Grillplatzes mit Tribüne. Zahlreiche Spiel- und Kletterelemente sind incl. der Platzausgestaltung vorgesehen. Den BesucherInnen werden im gesamten Areal eine Reihe unterschiedlicher Sitzmöglichkeiten angeboten. Die Auswahl der Materialien und Pflanzen unterstreicht den ökologischen Ansatz des Gesamtprojektes und schafft eine harmonische, naturnahe Atmosphäre.

Titel 1 – 5 beschreiben die Planungsmaßnahmen der Landschaftsarchitektur; der detaillierte Kosten-Schlüssel liegt in Anhang 2 der Projektskizze vor.

#### *Titel 1 der Kostenschätzung*

Titel 1 umfasst die Erstellung der »Plätze und Wege«, die Wege-Beleuchtung und die Entwässerungseinrichtungen. Die Abgrenzung der wassergebundenen Kieswege zu den umgebenden Flächen geschieht – je nach Anforderung – mittels einer Rasenkanteneinfassung, einer zweireihigen Binderschichteneinfassung oder einer Läufer-sichteinfassung. Art und Material des festen Wegbelags variieren je nach Verwendungszweck: Vorgesehen ist ein Wegemix aus Klinker, Pflaster und Platten. Flächen werden abwechslungsreich mit Klinker, Rechteck- oder Katzenkopfpflaster bestückt.

#### *Titel 2 der Kostenschätzung*

Titel 2 beschreibt das Anlegen einer »Tribüne mit Grillplatz«. Die Landschaftsform wird mit Wall und Abhang ausmodelliert; die Sitzstufen der Tribüne bestehen aus Findlingstrockenmauern. Eine Klinkerfläche und Beleuchtungseinheiten (Mast- und Pollerleuchten) sind vorgesehen.

#### *Titel 3 der Kostenschätzung*

Der »Wasserspielplatz« und seine Spielelemente sind in Titel 3 beplant. Konzipiert ist eine Wasserspielfläche mit einem Belagmix aus Klinker, Pflaster und Platten sowie der nötigen Entwässerung. Eine Sitzmauer aus Pfosten, Bänke sowie Leuchten gestalten den umgebenden Bereich. Bestückt ist der Wasserspielplatz mit folgenden Spielgeräten: Einer »Wasserpumpe« mit Rinne und Becken, »Pflastermulden und -rinnen«, einer »Spirale« mit Becken und Stauwehr sowie »Fontainenhüpfern«.

#### **Titel 4 der Kostenschätzung**

Für das Freiraumgelände sind in Titel 4 diverse »Spiel- und Kletterelemente« vorgesehen: An unterschiedlichen Orten im Freigelände werden das »Raum-Kletternetz«, die »Sirius-Kletterkombination«, der »Ski-Swing«, die »Vogelnest-Schaukel« und der »Gurtsteg« positioniert. Ein »Argo-Wackelbalken«, diverse Drehhocker wie Hängesitze- und matten runden das Angebot ab. Vorgesehen ist auch ein Klangelement.

Die Spiel- und Kletterareale sind mit einer Pergola mit Segeltuchbespannung, einer bepflanzten Holzwand oder Weiden-Flechtzaun eingefasst und mit Fallschutzsand belegt. Sitzbänke und -poller stehen zur Verfügung sowie Baumstämme zum Klettern und Sitzen.

#### **Titel 5 der Kostenschätzung**

Titel 5 beschreibt den Bereich »Pflanzen und Rasen«. Rasenflächen, Wildblütenwiesen, Hecken mit Pforte und modellierte Hochbeete mit Recyclingkunststoff-Pfosten sind vorgesehen. Das Areal wird mit einheimischen Laub-, Nadel- und Obstbäumen sowie Sträuchern, Stauden und Kräutern begrünt.

### **Kostenschätzung zur Freiraumgestaltung**

#### **Garten- und Landschaftsbau**

|                    |                                  |                        |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|
| Titel 1            | Plätze und Wege                  | 94.340,00 Euro         |
| Titel 2            | Tribüne und Grillplatz           | 19.700,00 Euro         |
| Titel 3            | Wasserspielplatz                 | 55.940,00 Euro         |
| Titel 4            | Spiel-, Sitz- u. Kletterelemente | 83.840,00 Euro         |
| Titel 5            | Bepflanzung und Rasen            | 80.736,00 Euro         |
| Nettosumme         |                                  | 334.556,00 Euro        |
| 16 % MwSt.         |                                  | 53.528,96 Euro         |
| <b>Bruttosumme</b> |                                  | <b>388.084,96 Euro</b> |

#### **Honorar Landschaftsarchitektur**

|                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Nettohonorar inkl. 3 % Nebenkosten | 42.917,56 Euro        |
| 16 % MwSt.                         | 6.866,81 Euro         |
| <b>Bruttohonorar</b>               | <b>49.784,37 Euro</b> |

#### **Kosten Landschaftsarchitektur insgesamt**

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Gesamtbetrag, netto         | 377.473,56 Euro        |
| 16 % MwSt.                  | 60.395,77 Euro         |
| <b>Gesamtbetrag, brutto</b> | <b>437.869,32 Euro</b> |

*In dieser Kalkulation sind die Kosten für die Lern- und Erlebnisstationen zum Thema »Erneuerbare Energien« sowie das Wegeleit- und Beschilderungssystem im Außen- gelände nicht erfasst. Wohl aber ist hiermit das Anlegen von Flächen und Plätzen für das Aufstellen dieser Sonderanfertigungen kostenmäßig eingeflossen.*

Nicht erfasste Kosten zur  
Outdoor-Ausstellung

# 6

## Standortpotenziale

### Neue Tourismus-Impulse für Schleswig-Holstein

*An der Nordseeküste bestimmen Ebbe und Flut den Tagesrhythmus. Urlaubsgäste genießen hier nicht nur erholsame Strandspaziergänge, Buddeln im Sand, Faulenzen im Strandkorb, sondern können auch unberührte Natur erleben. Der »Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer« erstreckt sich von der Elbmündung bis zur dänischen Grenze und ist als Biosphärenreservat ein Beispiel für die herausragende naturräumliche Ausstattung Schleswig-Holsteins. Ein Standortvorteil, denn bei den Reismotiven der Urlauber steht »Natur Erleben« mit über 80 % ganz weit oben.*

Aber es gibt viel mehr zu entdecken als Meer – und das nicht nur bei Schlechtwetter. Die Urlaubsgäste suchen ein ereignisreiches, lebendiges und authentisches Angebot, und das nicht nur für Erwachsene, sondern auch auf »Augenhöhe der Kinder«. Das »Multimar Wattforum Tönning«, das mittlerweile jährlich fast eine viertel Million BesucherInnen zählt, ist dafür ein vielgelobtes Beispiel.

Ein touristisches Jahr in  
Schleswig-Holstein:  
54 Mio. Übernachtungen  
100 Mio. Tagesausflügler

Um Schleswig-Holsteins gute Ausgangsposition im hart umkämpften Reise-Markt zu festigen, ist es wichtig, die Weiterentwicklung touristischer Offerten zu gewährleisten und gleichzeitig für neue Impulse zu sorgen.

Der Tourismus spielt für Schleswig-Holstein eine entscheidende Rolle. Er ist nicht nur für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt, sondern auch für die allgemeine Struktur und das Image des Landes einer der herausragenden Faktoren: So betrug der Umsatz dieser Branche in Schleswig-Holstein im Jahre 2002 ca. 5,2 Mrd. Euro.

Schleswig-Holstein verzeichnet ein Übernachtungsvolumen von über 54 Mio. Übernachtungen jährlich, hinzu kommen etwa 100 Mio. Tagesausflüge ins Land und innerhalb des Landes.

Über 6,7 Mio. Gäste  
besuchten 2002  
Schleswig-Holstein

Im Jahre 2002 übernachteten in Schleswig-Holstein 4,3 Mio. Gäste mit 20,9 Mio. Übernachtungen in gewerblichen Beherbergungsbetrieben mit 9 oder mehr Betten und 2,4 Mio. Gäste mit 10,9 Mio. Übernachtungen auf Camping-Plätzen (Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein). Hinzukommen die nicht erfassten Übernachtungen in Privatquartieren, eigenen Ferienwohnungen etc.

Im Jahre 2002 ging die Zahl der Übernachtungen um 1,7 % im Vergleich zum Vorjahr zurück, das nördlichste Bundesland hat sich allerdings im Vergleich zum rest-



lichen Bundesgebiet (minus 2,7 %) gut behaupten können. In Schleswig-Holstein ist die Ostseeregion Marktführer im Bereich der Küstenregionen der Bundesrepublik, gefolgt von der Nordseeküstenregion mit über 8 Mio. Übernachtungen in gewerblichen Beherbergungsbetrieben.

Schleswig-Holstein hat sich auf dem Tourismusmarkt gut behauptet

Die Tourismus-Situation war nicht nur in Schleswig-Holstein in den letzten Jahren angespannt. Prognosen deuten auf keine grundlegende Besserung der Rahmenbedingungen hin. Allgemein zögerndes Konsumverhalten zeigte sich auch in messbarer Zurückhaltung bei Ausgaben für Freizeitaktivitäten und Reisen. Vor allem die über 50-jährigen Deutschen – eine wichtige Klientel – setzen beim Reisen den Rotstift an (Forschungsgruppe Wahlen, 2003). Viele Bundesbürger sparen bei Übernachtungsreisen, unternehmen nun aber mehr Tagesausflüge. Dies wird für den ökonomischen Erfolg vieler Einrichtungen und Veranstaltungen zukünftig entscheidend sein.

So wird die Gewinnung von Neukunden in den nächsten Jahren einen Schwerpunkt bilden. Dies bedeutet konsequenterweise verstärkte Anstrengungen, neue Produkte und Strukturen zu etablieren. Ein wichtiger Schritt ist die qualitative Verbesserung der Angebote und der touristischen Infrastruktur. Hochwertige Angebote sind die Voraussetzung für nachhaltigen Erfolg. Ein attraktives Spektrum des Gesamtangebotes durch orts- und regionsübergreifende Kooperationen zwischen den unterschiedlichen Anbietern kann die Besucher-Zufriedenheit maßgeblich steigern.

### **Touristen in Friedrichstadt – Tendenz steigend!**

*Das Stadtbild, die beschaulichen Gassen, Grachten- und Tretbootfahrten sind die Hauptattraktionen Friedrichstadts. Einheimische und Urlaubsgäste genießen hier Ruhe und Idylle – und damit zieht Friedrichstadt jährlich rund 500.000 Tagesgäste an.*

Friedrichstadt – Touristischer Magnet im Herzen Eiderstedts

Das Durchschnittsalter der in der Neben- und Nachsaison befragten Personen betrug 55 Jahre, über die Hälfte der zwischen September 2003 und April 2004 befragten Gäste war älter als 54 Jahre. Die größte Gruppe stellten die Rentner, die mit ihrem Partner/ ihrer Partnerin Friedrichstadt besuchten.

Über 80 % der Befragten reisten mit dem PKW an, sie kommen aus Schleswig-Holstein (25,9 %), Niedersachsen (12,1 %), Nordrhein-Westfalen (9,6 %), Hessen (9,2 %), Hamburg (8,4 %) und aus dem weiteren Bundesgebiet. Tagesgäste, die vom Urlaubsort Friedrichstadt ansteuern, stellen die größte Gruppe mit 26,9 %. Es folgen die Tagesgäste, die direkt vom Wohnort aus anreisen, und die Durchreisenden. Übernachtungsgäste buchen im Mittel 3,4 Übernachtungen (4,8 waren es durchschnittlich in Schleswig-Holstein), 40 % der Tagesgäste verweilen weit länger als 3 Stunden in der Stadt.

Quelle: Tourismus-Studie (Sept. 2003 – April 2004 / Coast Consult – Projekt Friedrichstadt)

Rentner und Angestellte bilden mit jeweils über 30 % die zahlenmäßig stärksten Besuchergruppen. Die meisten der befragten Personen lebten in 2-Personen-Haushalten. Im Befragungszeitraum (Nebensaison) stellt die Gruppe mit höherem und hohem Einkommen als Tagestouristen die höchsten Anteile. Friedrichstadt hat einen

großen Anteil an Stammesbesuchern (über 30 %). Weit mehr als die Hälfte davon sind Schleswig-Holsteiner. Im Durchschnitt geben die Gäste in Friedrichstadt pro Person und Tag ca. 8,50 Euro für Eintrittsgelder aus, 14,50 Euro für Andenken und 19,50 Euro im gastronomischen Segment.

Die Besucherstruktur weist einen deutlichen Schwerpunkt aus: »Über 55, Rentner«. Diese Klientel fühlt sich von den Vorzügen Friedrichstadts angezogen und ist gerade mit der Atmosphäre der Stadt hoch zufrieden. Die Besucherbefragung brachte allerdings auch hervor, dass diese Gruppe Friedrichstadt – bei aller Zufriedenheit mit dem Gesamtangebot – tendenziell als »unmodern« wahrnimmt: So wünschen sich 14 % der Befragten zusätzliche Freizeitaktivitäten. Ebenso klar kristallisierte sich eine Unzufriedenheit mit den Freizeitmöglichkeiten für Kinder und Jugendliche heraus.

Friedrichstadt greift die Kritik auf und handelt

Diesen Appell hat Friedrichstadt aufgegriffen und handelt: Die Stadt will sich touristisch weiterentwickeln und neue Impulse setzen. Ziel ist es, allen bereits gewonnenen Gästen ein ereignisreiches Zusatz-Angebot zu machen, um die Kundenzufriedenheit weiter zu steigern und darüberhinaus neue Gäste zu gewinnen.

Friedrichstadt plant nun ein Erlebniszentrum

Auch als Reaktion auf die geäußerte Besucher-Kritik soll nun mitten in der Stadt am reizvollen Hafen mit den »Energie-Welten« ein modernes Freizeitangebot entstehen. Damit werden die Bedürfnisse der zahlreichen Senioren als Stammkunden besser berücksichtigt; gleichzeitig wird für Kinder, Jugendliche und Familien ein neues und reizvolles Ausflugsziel geschaffen.

Die Stadt möchte so ihr Image positiv beeinflussen, die Haupt-Zielgruppe weiter fassen und diesbezüglich die Gästestruktur verjüngen. Mit einer solchen Besucherattraktion wird das »Stadt-Marketing« einen ganz neuen Akzent in seiner Werbestrategie setzen können.

Attraktive Angebote für Familien und Kindern

Familien mit Kindern nehmen Friedrichstadt aktuell nicht als attraktiv wahr. Ein Ziel der Stadt sollte es vor dem Hintergrund der Neukundengewinnung sein, in diesem Segment verstärkt tätig zu werden. Das Angebot eines Erlebniszentrums mit für Kinder und Jugendliche hoch attraktivem Angebot im Ausstellungs- wie im Außenbereich soll die Attraktivität der Stadt mit ausgeprägter Fernwirkung steigern.

Erfahrungen, beispielsweise im »Multimar Wattforum« in Tönning, bestätigen, dass ein attraktives Angebot für Erwachsene mit Kindern ein Erfolgsrezept für ein Erlebniszentrum sein kann. Das Konzept, die Angebotspalette in der Ausstellung wie im Außengelände auf diese Zielgruppe abzustimmen, hat das Multimar im Bereich der Besucherzahlen wie der Besucherzufriedenheit auf einen sehr guten Weg geführt und zeigt, wie wichtig es ist, Kindern, Jugendlichen, Erwachsenen und Menschen der älteren Generation ein gemeinsames Erlebnisfeld zu offerieren.

Family-Learning und Kulturtourismus sind heute die Stichworte für neue Tourismus-Märkte

Der Themenbereich »Generationsübergreifende Aktivitäten« resp. »Family Learning« gewinnt zunehmend an Bedeutung. Eltern und gerade Großeltern – eine Zielgruppe, die über Zeit verfügt – nehmen sehr gerne Angebote wahr, bei denen sie gemeinsam mit ihren Kindern resp. Enkelkindern Zeit verbringen, ihr Wissen weitergeben und miteinander neue Erfahrungshorizonte aufbauen können.

Wolfgang Günther, Projektleiter des Instituts für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa, präsentierte kürzlich auf der Fachtagung »NATURA 2000 – Naturerbe als

Chance für den Tourismus«, was alle UrlauberInnen wirklich suchen: Spannende Geschichten, ungewöhnliche Perspektiven, neue Erkenntnisse, nicht alltägliche Erlebnisse – und speziell zum »Naturerlebnis« vor allem folgende Eigenschaften: Räumlich erreichbar, möglichst anfassbar, in allen Besonderheiten erkennbar und verständlich dargeboten.

Die Konzeption der Erlebnisausstellung »Energie-Welten« in Friedrichstadt ist optimal auf diese Besucherforderungen zugeschnitten und wird damit deutlich ein hohes touristisches Potenzial erzielen.

Der Trend, hoch wissenschaftliche Inhalte spannend und allgemeinverständlich zu präsentieren, setzt sich in den Medien seit Jahren mit steigender Tendenz durch: Wissens-Quiz-Shows (»Leuchte des Nordens«, »Wer wird Millionär?« u.v.a.) als auch Wissenschafts-Programmformate (»Welt der Wunder«, »Quarks und Co«, »Galileo« etc.) erfreuen sich immer größerer Beliebtheit.

Mit dem hoch interessanten, zukunftsweisenden Themenfeld der »Erneuerbaren Energien« und den stets aktuellen Sonderausstellungen zu innovativen Entwicklungen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung auf diesem Gebiet erreicht das Gesamtangebot der »Energie-Welten« in idealer Weise den Zeitgeist unserer »wiss«-begierigen Gesellschaft.

Die in der Studie befragten Gäste Friedrichstadts kündigten schon jetzt ihr großes Interesse an Umwelt-Zentren mit Erlebnisausstellungen an: Die Hälfte aller befragten Personen besuchten in ihrem Urlaub beispielsweise das »Multimar-Wattforum« im nahegelegenen Tönning.

Im Jahresbericht »Sparkassen-TourismusBarometer Schleswig-Holstein 2004« wird berichtet, dass sich die Besucherzahlen der Natur- und Infozentren im Zeitraum 2002 – 2003 mit einem Plus von 12 % sehr positiv entwickelt haben. Mit diesen Zahlen jüngster Erhebungen lässt sich unterstreichen, dass der hohe Erlebisfaktor des Umweltzentrums »Energie-Welten« mit der breiten Resonanz bei den 500.000 Tagesgästen Friedrichstadts rechnen darf – und darüber hinaus!

Optimal auf die  
Besucherinteressen  
zugeschnitten

Mit der Präsentation  
aktueller Forschung liegt  
Friedrichstadt imTrend

Erlebnisausstellungen  
sind bei Urlaubern  
ein Wachstumsmarkt

## **Vielversprechende Standorte erlauben jegliche Mobilität**

*Friedrichstadt liegt im schönen Nordfriesland – und das touristische Natur-Highlight, der »Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer«, ist in nur 20 Autominuten erreichbar.*

Von der Natur begeistern lassen können sich die BesucherInnen aber auch aus nächster Nähe: Mit dem Fahrrad sind von Friedrichstadt aus zahlreiche Touren zu den umliegenden Naherholungszentren wie zahlreichen Naturschutzgebieten nur zu empfehlen. Selbst Inline-Skater können auf den umliegenden ruhigen Landstraßen mit Blick auf die einmalige Kulturlandschaft von Marsch und Geest ungestört Strecke machen. Die beiden mäandernden Flüsse der Stadt, die Eider und die Treene, laden zu gemütlichen und ausgedehnten Spaziergängen ein.

Ein Radtour- und  
Wanderparadies

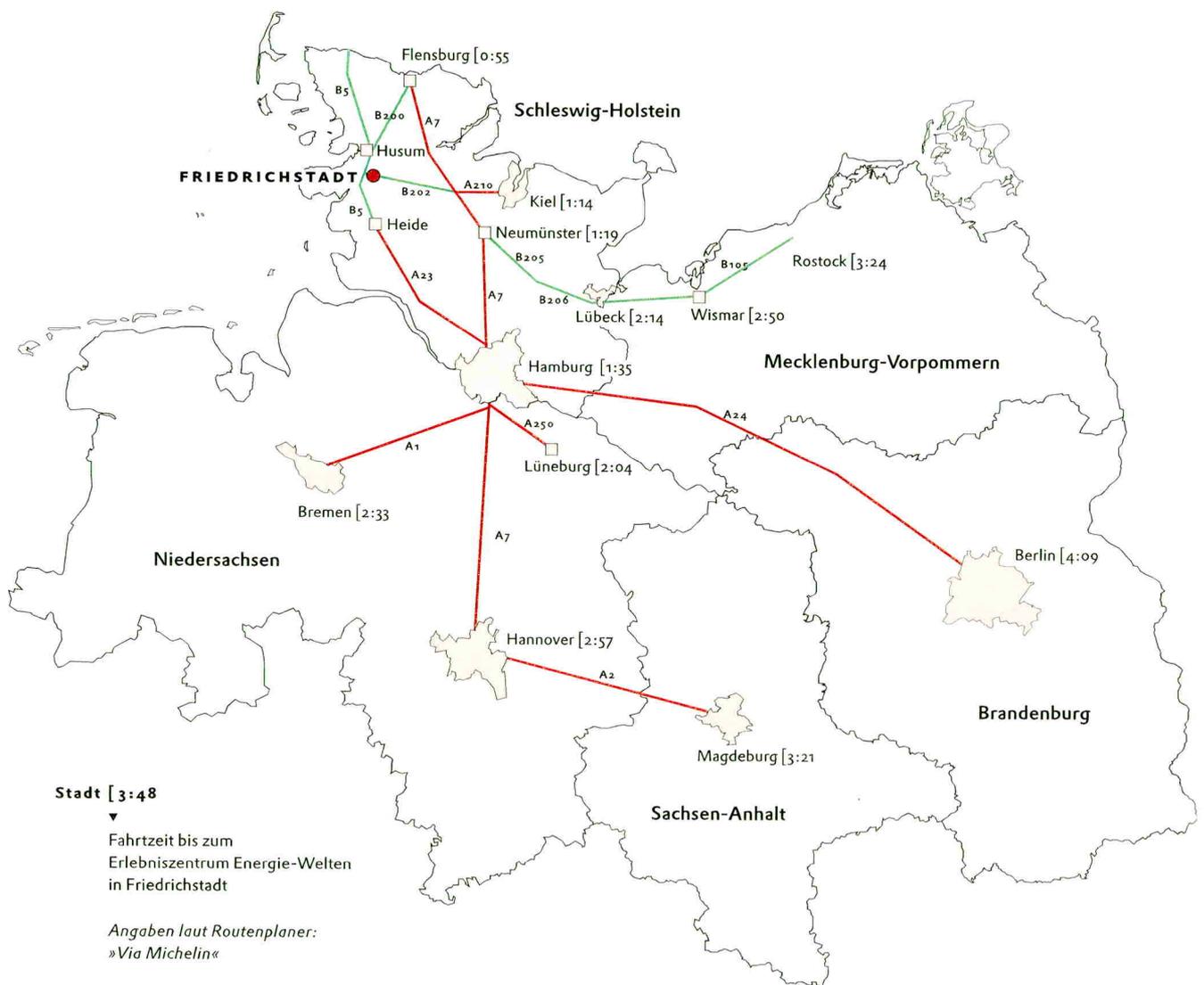
**Schnelle Verbindung zur  
Metropolregion Hamburg**

Die Verkehrs-Infrastruktur gibt aber noch mehr her: Friedrichstadt ist komfortabel an das Bahn- und Busnetz angeschlossen. Die B5 ermöglicht schnelle Verbindungen in den hohen Norden nach Sylt und Dänemark, aber auch der Anschluss der B5 an die Autobahn A23 lässt die Hamburger in knapp eineinhalb Stunden das Holländerstädtchen erreichen.

Hannover und Bremen liegen mit weniger als 3 Stunden Fahrzeit im weiteren Einzugsbereich, und der rasante Ausbau der A20 hat den Zugang von Mecklenburg-Vorpommern und den Städten Wismar oder Schwerin aus um Stunden verkürzt – von Rostock nach Friedrichstadt beträgt die Fahrtzeit gerade noch dreieinhalb Stunden. Selbst die Metropole Berlin liegt in nur gut 4 Autostunden Entfernung.

**Nur 3.255 Meter  
von der B5 entfernt**

Aus den norddeutschen Zentren wie Lübeck, Neumünster und Kiel ist man schnell vor Ort, Flensburg – Friedrichstadt kostet weniger als 1 Stunde Zeit. Eine der Hauptverbindungs-Achsen zwischen der Ost- und Westküste von Schleswig-Holstein über die A210 und B202 führt direkt durch die Stadt. Und von der Abfahrt der stark frequentierten Nord-Süd-Trasse, der Bundesstraße 5, bis zum Eingangsportal des Erlebnis-zentrums »Energie-Welten« zeigt der Kilometerzähler exakt 3.255 m – mehr nicht!



## Standort-Bedingungen im Kreis Nordfriesland

Ein Beitrag von Dr. Adolf Kellermann, Friedrichstadt

*Die Kreishauptstadt Husum möchte sich zur Hauptstadt der Offshore-Windenergie entwickeln und wird voraussichtlich große Teile der Logistik für Bau und Betrieb der Offshore-Windparks abwickeln. Im Kreis liegt das Holländerstädtchen Friedrichstadt an Eider und Treene, das durch eine Reihe von Kriterien prädestiniert ist als Standort für ein Informationszentrum über Windkraft und andere Erneuerbare Energien.*

Der Kreis Nordfriesland umfasst eine Gesamtfläche von 2.047,86 Quadratkilometern, zu der die Fläche des größten Naturschutzgebiets des Landes, der Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (etwa 4.410 km<sup>2</sup>), hinzuzurechnen ist. Die Bevölkerungszahl auf dieser Fläche beträgt 164.280 Menschen (Stand: 2000). Damit ist Nordfriesland mit 80 Einwohnern pro Quadratkilometer gegenüber z.B. dem Kreis Schleswig-Flensburg (95) oder dem landesweiten Durchschnitt (177) dünn besiedelt. Traditionell wird die Fläche vorwiegend landwirtschaftlich genutzt, der entsprechende Flächenanteil im Kreis beträgt 77%. Entsprechend deutlich über dem Landesdurchschnitt liegt der Anteil der Erwerbstätigen in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Fischerei mit etwa 7%. Die meisten Menschen in Nordfriesland – wie auch im benachbarten Kreis Schleswig-Flensburg – sind im Wirtschaftsbereich »Staat, private Haushalte und private Organisationen ohne Erwerbszweck« beschäftigt.

Der Kreis Nordfriesland ist insgesamt als abgelegener strukturschwacher ländlicher Raum einzuordnen (Quelle: Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum V, Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein, 2002). Die Kreishauptstadt Husum wird als Mittelzentrum eingeordnet mit peripheren Stadt- und Umlandbereichen im ländlichen Raum. Einige andere Städte in Nordfriesland werden als Unterzentren eingestuft, die Schwerpunkte der Besiedlung, der wirtschaftlichen Aktivitäten, der Bebauung und des Verkehrs sind. Die Verkehrsverbindungen sind am besten in Nord-Südrichtung ausgebaut, jedoch auch am stärksten in dieser Richtung frequentiert. Traditionell sind die Ost-West-Verbindungen die geschichtlich jüngsten und auf zwei Haupttrouten beschränkt. Eine dieser Routen führt durch Friedrichstadt als randliche Ortsumfahrung.

Angesichts dieser Rahmenbedingungen, so stellt die Landesregierung in ihrem Landschaftsrahmenplan 2002 fest, ist die Regionalentwicklung in starkem Maße auf die Entwicklung der regioneigenen Kräfte angewiesen. Explizit werden ungenutzte Potenziale und Kapazitäten sowie wirtschaftliche, kulturelle und soziale Innovationen im Allgemeinen angesprochen.

Das Erlebniszentrum »Energie-Welten« in Nordfriesland hätte somit Impulswirkung im sekundären und tertiären Sektor und wäre, da es aus den Stärken der Region erwächst, als regioneigene Kraft anzusprechen.

Die Windkraft hat sich an der Westküste bereits bestens positioniert

Mit dem Nationalpark Wattenmeer bietet der Kreis Nordfriesland ein einzigartiges Naturerlebnis, das Millionen Gäste anzieht

Der Kreis Nordfriesland ist noch als abgelegener strukturschwacher ländlicher Raum einzuordnen

Das Erlebniszentrum setzt neue Impulse für die ganze Region

## Eine starke Region – Nordfriesland im Aufwind

Das Erlebniszentrum kann eines der Vorzeigeprojekte des »Regionalen Entwicklungskonzeptes Nordfriesland« werden

*Nach anderthalbjähriger Arbeit ist es vollbracht: Das »Regionale Entwicklungskonzept Nordfriesland (REK\_NF)« soll fortan allen regionalen Akteuren als verlässlicher Leitfaden und Zielkorridor für eine erfolgreiche Regionalentwicklung dienen. Der Landrat Dr. Olaf Bastian betont in seinem Vorwort zur REK-Broschüre »... Ziel ist es, Stärken und Potenziale unserer Region zu nutzen, um Nordfriesland als attraktiven Lebens- und Wirtschaftsstandort weiter zu entwickeln ...« und führt weiterhin aus, dass mit dem REK\_NF nun konkrete Strategien, 40 Projekte und weitere Maßnahmen zur Erreichung dieser Zielsetzung vorlägen.*

Die Zielsetzungen zeigen hohe Übereinstimmung

### Regionalwirtschaftliche Impulse

Von den sechs Handlungsfeldern, die im REK herausgearbeitet wurden – ›Gesundheitspolitik‹, ›Verkehr‹, ›Inner- und interregionale Kooperation‹, ›Wirtschaft und Arbeit‹, ›Windkraft‹ und ›Tourismus‹ – passt sich das geplante Erlebniszentrum in die vier letztgenannten mühelos ein. Das REK\_NF kann durch die Errichtung dieses Erlebniszentrums einen wichtigen Beitrag zur Erfüllung seiner erklärten Ziele leisten. Beispielhaft seien hier nur drei davon herausgegriffen:

— REK-Ziel: »Stärkung der Wirtschaft und Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze als Basis der Zukunftsfähigkeit«

Arbeitsplätze schaffen

Mit dem Bau des Zentrums werden langfristig neue Arbeitsplätze geschaffen: Eine unmittelbar die Saison verlängernde Wirkung ist zu erwarten, denn viele Gäste reisen zur Nebensaison in die Region und nutzen die dann günstigeren Angebote – das Zentrum wird hierzu neuen Anlass geben. Auch wird sich ein Effekt der Saisonstabilisierung durch das Erlebniszentrum bei der schon jetzt großen Zahl der Friedrichstädter Stammgäste einstellen, denn die Aufenthaltsqualität am Ort erfährt durch die Etablierung dieser Einrichtung eine massive Steigerung.

Das Erlebniszentrum sorgt aber nicht nur unmittelbar für Umsätze im hauseigenen Bistro, im Shop, durch Eintrittsgelder und den Veranstaltungs-, Tagungs- und Seminarbetrieb. Ebenfalls mittelbar werden zusätzlich Dienstleistungen abgerufen und Arbeitskräfte benötigt, denn die BesucherInnen müssen tanken, erledigen beim Bummel in die City kleinere Einkäufe, buchen zusätzlich eine Grachtenfahrt, kaufen ein Eis, besuchen andere Gastronomie-Betriebe, leihen sich ein Fahrrad, buchen eine weitere Übernachtung etc. ...

— REK-Ziel: »Kontinuierliche Qualifizierung des touristischen Angebotes und der Organisation für eine international attraktive, zukunftsfähige Tourismusdestination«

Den Tourismus ankurbeln

In Friedrichstadt wird mit dem Erlebniszentrum ein überregional wirksamer, touristischer Attraktor geschaffen. Ähnlich wie beim Multimar-Wattforum oder vergleichbaren Freizeitangeboten werden mindestens 200.000 BesucherInnen/Jahr erwartet.

Mit dem breit gefächerten Veranstaltungs- und Begleitprogramm werden beispielsweise durch Lesungen, Film-Festivals oder Events neue touristische Angebote innerhalb der Region etabliert, die neue Zielgruppen rekrutieren.

— REK-Ziel: »Sicherung der überregionalen Bedeutung als Windkraftstandort ...«

Projekte wie POWER (Pushing Offshore Wind Energy Regions) oder die Messe »HUSUMWIND«, wo sich die weltweite Elite der Windenergiebranche in Nordfriesland versammelt, mögen die Bedeutung der Windkraft als Wirtschaftsmotor für die ganze Region kennzeichnen. Das Thema Windkraft und hier insbesondere die Offshore-Windparks vor den Küsten Schleswig-Holsteins ist die zentrale Ausstellungseinheit in den »Energie-Welten«. Das Zentrum unternimmt zum Thema Erneuerbare Energien die Ausrichtung hochkarätiger Tagungen und Kongresse, berufsspezifischer Seminare, Fortbildungen und Schulungen in Kooperation mit der freien Energiewirtschaft und den Hochschulen. Als Kompetenz-Zentrum mit überregionalem Ruf wird es die Bedeutung Schleswig-Holsteins als »Windkraft-Land« maßgeblich in die Öffentlichkeit tragen. Die zahlreichen Aktivitäten für spezielles Fachpublikum werden nicht nur die Produktivität im regionalen Dienstleistungssektor steigern, sondern den Kreis Nordfriesland auch international weiter ins Gespräch bringen.

Windkraft ist ein  
Wirtschaftsmotor in  
der Region

Das Projektvorhaben »Energie-Welten« darf entsprechend dieser Ziele auf die hohe Akzeptanz der hiesigen Bevölkerung und die tatkräftige Unterstützung durch Politik und Wirtschaft bei der Realisation bauen.

## Husum – Hauptstadt der Windenergie

*Die »Graue Stadt am Meer« – so beschrieb Theodor Storm einst seine Heimatstadt Husum – präsentiert sich heutzutage als freundliche, faszinierende und weltoffene Hafenstadt.*

Die Kreishauptstadt ist das Zentrum der Ferienlandschaft »Husumer Bucht«. Das Wahrzeichen Husums ist die »Tine«, der große Brunnen auf dem Marktplatz. Eindrucksvolle alte Häusergiebel, das Husumer Schloß und die stattlichen, reetgedeckten Bauernhöfe auf der Marsch zeugen vom Glanz vergangener Zeiten.

Die eigenwillige Landschaft mit ihrer Weite und dem ewigen Spiel von Licht und Schatten, von Farben und Tönen hat schon immer Schriftsteller, Maler und Bildhauer angezogen. Und das ist bis heute so geblieben. Überall finden sich Galerien und kleine Läden mit Kunsthandwerk, in denen sich das Stöbern lohnt. Das Schifffahrtsmuseum mit seinem großen Außenbereich im Herzen von Husum lädt zum Besuch ein. Aber Husum bietet mehr.

Zahlreiche Windkraftanlagen direkt vor den Toren prägen das Stadtbild und kündigen weithin an, was Husum zur »Windhauptstadt« macht. Husum ist Wirtschaftsstandort einer der zukunftsträchtigsten Erwerbszweige.

Hier findet die weltweit bekannteste und derzeit größte Leitmesse zur Windenergie statt, die »HUSUMWIND«. Weit über 20.000 Besucher kommen deshalb alle zwei Jahre aus der ganzen Welt an Schleswig-Holsteins Westküste. Knapp 500 Aussteller aus der Windenergiebranche wollten beispielsweise im Jahre 2003 vor Ort vertreten sein.

Die Kreishauptstadt  
Husum hat viel zu bieten

»Wind« – Die ganze Stadt  
steht unter dem Stern dieser  
Erneuerbaren Energie

Husum ist berühmt für seine internationalen Fachmessen zu regenerativen Energien

Ein weiteres Messe-Highlight, die »New Energy«, ist im Jahr 2004 in Husum ange-  
laufen und setzt damit voll auf den Trend zur regenerativen Energie. So lagen die  
Schwerpunkte der zweiten Auflage von »New Energy« auf den Bereichen ›Biomasse‹,  
›Solarenergie‹, ›Aus- und Fortbildung im Umfeld der Erneuerbaren Energien‹ sowie  
dem Thema ›Grüne Rendite‹.

Die Windenergiebranche ist in Husum zu Hause

Husum ist darüber hinaus auch einer der attraktivsten Standorte Nordeuropas für  
die Fertigung von Windkraftanlagen: Windenergiefirmen wie ›Vestas Deutschland‹,  
›Repower Systems‹ sowie ›NEG Micon Deutschland‹ haben die Husumer Vorteile  
erkannt und genutzt. 500 Arbeitsplätze sind in den vergangenen 15 Jahren allein hier in  
Husum durch den Ausbau der Windenergie entstanden – entsprechend stieg die Zahl  
der Unternehmen, die unmittelbar von den Erfolgen der Windkraftanlagenhersteller  
profitieren.

Die Hafenstadt wickelt große Teile der Offshore-Logistik ab

Husum ist Hafenstadt: Jetzt, wo der Ausbau der Offshore-Windparks in der Nord-  
see in den Startlöchern steht, wird Husum seinen Titel als »Hauptstadt des Windes«  
auf den Begriff »Offshore« ausweiten können, denn große Teile der Logistik für Bau  
und Betrieb der Offshore-Windparks sollen von Husum aus abgewickelt werden.

Auf gute Zusammenarbeit

Aufgrund der vielen gemeinsamen Aktionsfelder und Verknüpfungsmöglichkeiten  
bietet sich eine enge Zusammenarbeit zwischen Friedrichstadt und Husum mit dem  
Erlebniszentrum »Energie-Welten« geradezu an.

## Das »Kompetenzzentrum Windenergie« in Schleswig-Holstein

Die alternativen Energien haben im Hohen Norden einen großen Stellenwert

*Durch das Bestreben des Landes Schleswig-Holstein, sich stark für alternative Ener-  
gien, insbesondere die Windenergie, zu engagieren, gibt es hier ideale Bedingungen  
für die Kooperation mit führenden Forschungs- und Bildungseinrichtungen.*

Fünf staatliche Hochschulen und die private Nordakademie in Elmshorn haben sich  
zum »Kompetenzzentrum Windenergie« zusammengeschlossen. Dieses Netzwerk  
von Lehrenden, Umweltingenieuren, Energiewirten, Mechanikern, Informatikern und  
Elektrotechnikern bündelt ein enormes Know-How für die Erforschung und Entwick-  
lung der alternativen Energiequellen.

Durch eine Kooperation zwischen diesem Netzwerk und dem Erlebniszentrum  
»Energie-Welten« kann ein überregionales Signal zu allen alternativen Energie-Fra-  
gen gesetzt werden.

Die Hochschulen finden in den »Energie-Welten« eine hervorragende, öffentlich-  
keitswirksame Präsentations-Plattform für ihre aktuellen Forschungsergebnisse und  
haben die Möglichkeit, in den großzügigen Räumlichkeiten – flankiert von einer hoch-  
karätigen Ausstellung – Tagungen, Präsentationen, Seminare und ähnliches abzuhal-  
ten. Die von den Hochschulen betreuten Pilotprojekte, z.B. eine Wasserstofftank-  
stelle oder eine Testinstallation zum »Condition Monitoring« von Windkraftanlagen,  
können in Friedrichstadt ein breites Forum erreichen.

So kann sich die Forschung einer breiten Öffentlichkeit präsentieren, und das  
Zentrum profitiert seinerseits durch den direkten Zugang zu neuesten Entwicklungen.  
Das sichert langfristig die Attraktivität und Innovationskraft des Zentrums.

»Energie-Welten«

strebt eine intensive

Kooperation mit

dem Hochschul-Netzwerk

»Kompetenzzentrum

Windenergie« an

## Konkurrenz belebt das Geschäft, aber – Teamplayer leben länger!

*»Kultur« im weitesten Sinne spielt sowohl bei den Tages- als auch bei den Urlaubsreisen eine wichtige Rolle. »Kulturtourismus« gilt als einer der Wachstumsmärkte, in dem es noch gelingen kann, mit attraktiven Angeboten neue Gäste auf sich aufmerksam zu machen. Aber auch wenn der kulturelle Anlass nicht eindeutig Hauptmotiv ist, kann diese »Kultur im Tourismus« neue Nachfragemärkte als Saisonverlängerer erschließen: Positive Beispiele sind die ›Straße der Romantik‹ und ›Gartenträume‹.*

Kulturtourismus  
an der Westküste

Die an der Nordseeküste wie an einer Kette aufgereihten Ausstellungshäuser mit ihren authentischen Inhalten können ein unverwechselbares Angebot und somit einen einzigartigen Produktvorteil schaffen.

Es böte sich also geradezu an, die vielen, thematisch unterschiedlich ausgerichteten Erlebnisstätten in einem »Westküsten-Kombiticket« zusammenzufassen. Beispielsweise könnten die Gäste beim »culture-combi« erst einen Ausflug in die Archäologie und Frühgeschichte Schleswig-Holsteins in Albersdorf und anschließend einen Abstecher zu den lebenden Meeressäugern in die Seehundstation Friedrichskoog machen; am nächsten Tag gäbe es die ›Welt der Wale‹ und die Geheimnisse des Wattenmeeres im Multimar Wattforum zu bestaunen und nach dem Mittag stehen die spannenden »Energie-Welten« in Friedrichstadt auf dem Programm. Wer dann noch Zeit und Muße hat, kehrt ein in die Phänomenta Flensburg und testet mit kindlicher Freude die immer wieder verblüffenden physikalischen Experimente.

Kombiticket:  
Rege Kooperation mit  
anderen Infozentren

Neben der kombinierten Eintrittskarte könnte ein solches Angebot auch Übernachtungen, kulinarische Events nach ›Holsteiner Art‹, Kultur-Veranstaltungen, ja selbstverständlich auch das bequeme Anreisen per Bahn beinhalten. Abhängig von der Nachfrage wäre dann sogar ein Shuttle-Service zwischen den Zentren denk-, plan- und finanzierbar.

Ein Ticket mit  
»Verwöhn-Aroma«

Als das Kombiticket »Rest-in-the-West!« ließe sich für Schulklassen, die eine ganze Woche in Norddeutschland verbringen, das Programm durch Exkursion, Wattführung, Halligfahrt und Experimental-Stunden im »Watt & Volt-Labor« bequem ausbauen. Entsprechend geschultes Personal könnte dabei für ›zündenden‹ Unterrichtsstoff am außerschulischen Lernort sorgen.

Wochen-Ticket für  
Schulklassen

Anders als bei den »Energie-Welten« – da sucht man im restlichen Bundesgebiet vergeblich seinesgleichen – sieht es bei den norddeutschen Zentren mit typischen ›Nordsee- und Wattenmeerthemen‹ aus: Das ›Multimar Wattforum‹ gilt als hochgelobter Erfolgsschlager innerhalb der Nationalpark-Infozentren. Aquarien und Erlebnisausstellung vermitteln die ›Faszination Watt‹ greifbar nah, und das im wahrsten Sinne des Wortes.

Der ›Blanke Hans‹ in Büsum und das ›MUEZ‹ in List auf Sylt stecken noch in der Planungs- bzw. Ausführungsphase, stellen sich aber für den Wettbewerb um die Gunst der BesucherInnen mit vergleichbaren, bereits ›besetzten‹ und somit konkurrierenden Themenschwerpunkten auf – kein leichter Start!

Alle wollen das Gleiche?  
Jedes Erlebniszentrum  
muss einzigartig und  
unverwechselbar sein

**Öffnungszeiten:**  
 Alle Zentren haben über  
 das ganze Jahr hinweg  
 ganztägig geöffnet;  
 Ausnahmen bilden hier  
 manchmal die  
 Weihnachtsfeiertage



### Multimar Wattforum Tönning

**Preise**  
 Erwachsene » 8,00 Euro  
 Schüler, Studenten » 6,00 Euro  
 Kinder » 5,50 Euro

**Besucherzahlen**  
 225.000 – 243.000 jährlich

### Sealife-Center Timmendorfer Strand

**Preise**  
 Erwachsene » 9,50 Euro  
 Kinder » 6,00 Euro

**Besucherzahlen**  
 260.000 jährlich

### Meereszentrum Fehmarn

**Preise**  
 Erwachsene » 10,00 Euro  
 Schüler, Studenten » 9,00 Euro  
 Kinder » 6,50 Euro

**Besucherzahlen**  
 200.000 – 250.000 jährlich

### Phänomenta Flensburg

**Preise**  
 Erwachsene » 7,50 Euro  
 Kinder, Schüler, Studenten » 5,50 Euro

**Besucherzahlen**  
 70.000 – 75.000 jährlich

### Wildpark Eekholt

**Preise**  
 Erwachsene » 6,50 Euro  
 Schüler, Studenten » 5,00 Euro  
 Kinder » 4,00 Euro

**Besucherzahlen**  
 200.000 jährlich

### Seehundstation Friedrichskoog

**Preise**  
 Erwachsene » 2,50 Euro  
 Kinder » 1,50 Euro

**Besucherzahlen**  
 170.000 – 200.000 jährlich

### Arboretum Ellerhoop

**Preise**  
 Spende von 4,00 Euro wird erbeten.

**Besucherzahlen**  
 150.000 jährlich

### AÖZA Archäologisch-Ökologisches Zentrum Albersdorf (Freigelände)

**Preise**  
 je nach Veranstaltung  
 (z.B. Erwachsene » 2,50 Euro  
 Kinder » 1,50 Euro)

**Besucherzahlen**  
 30.000 jährlich

### Museum für Archäologie & Ökologie in Albersdorf

»»» Im Bau (Eröffnung 1. Juli 2005)

**Erwartete Besucherzahlen**  
 60.000 jährlich

### Fledermaus-Zentrum Bad Segeberg

»»» Im Bau (Eröffnung Feb. 2006)

**Erwartete Besucherzahlen**  
 100.000 – 120.000 jährlich

### Archaeum Albersdorf

»»» In Planung

**Erwartete Besucherzahlen**  
 100.000 – 120.000 jährlich

### MUEZ – Maritimes Umwelt- Erlebnis-Zentrum, List/Sylt

»»» In Planung

**Erwartete Besucherzahlen**  
 200.000 jährlich

### Blanker Hans Büsum

»»» In Planung

**Erwartete Besucherzahlen**  
 200.000 jährlich

### Science Center Kiel

»»» In Planung

**Erwartete Besucherzahlen**  
 300.000 jährlich

## Besucherzahlen anderer Zentren

### Besucheraufkommen sind Stimmungsbarometer

Die folgende Tabelle listet das Besucheraufkommen des Multimar Wattforum seit seiner Eröffnung im Juni 1999 bis einschließlich zum 24. Oktober 2004 auf. Das Ausstellungshaus, dem noch vor der Eröffnung bei optimistischer Sicht allerhöchstens 150.000 Gäste pro Jahr prognostiziert wurden, hieß innerhalb von 5,5 Jahren insgesamt 1.163.845 BesucherInnen willkommen. Der Erfolg übertraf alle Erwartungen.

Erfolgreiches Multimar:  
1.163.845 BesucherInnen  
innerhalb von 5,5 Jahren

|           | 1999   | 2000    | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Januar    |        | 6.609   | 4.236   | 6.084   | 7.814   | 5.488   |
| Februar   |        | 6.516   | 5.289   | 6.774   | 8.781   | 7.791   |
| März      |        | 9.105   | 7.682   | 10.755  | 16.735  | 14.208  |
| April     |        | 15.214  | 20.935  | 14.545  | 20.854  | 20.148  |
| Mai       |        | 9.353   | 17.935  | 20.176  | 24.052  | 23.662  |
| Juni      | 12.813 | 28.658  | 23.784  | 26.947  | 27.252  | 26.147  |
| Juli      | 19.191 | 36.691  | 29.552  | 33.124  | 34.520  | 40.347  |
| August    | 27.966 | 35.732  | 32.697  | 30.915  | 42.761  | 38.893  |
| September | 13.033 | 19.421  | 20.951  | 17.622  | 22.059  | 21.301  |
| Oktober   | 17.211 | 19.810  | 22.478  | 22.193  | 26.505  | 18.893  |
| November  | 5.162  | 6.757   | 7.625   | 5.088   | 7.425   | -       |
| Dezember  | 3.820  | 3.729   | 4.259   | 4.554   | 5.218   | -       |
| gesamt    | 99.196 | 207.595 | 197.423 | 198.777 | 243.976 | 216.878 |

TECHNISCHE  
INFORMATIONSBIBLIOTHEK  
UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
HANNOVER

Die summative Evaluation erbrachte Ergebnisse wie: Die Befragten bewerteten ihren Besuch der Erlebnisausstellung zu 95 % mit »gut« und »Sehr gut«. 90 % versicherten sogar, mindestens ein zweites Mal wiederkommen zu wollen. Die besucherorientierte Ausstellungskonzeption ging auf: ›Vom Phänomen ausgehen‹, ›Staunen statt stupides Lernen‹, ›Eigenaktivität und Interaktion fördern‹, ›multisensorale Zugänge schaffen‹, ›Perspektiv-Wechsel anbieten‹, ›generationen-übergreifende Angebote machen‹, ›personale Vermittlung stellen‹. Urlauber wie Einheimische übernahmen fortan die wichtige Funktion von positiven Multiplikatoren, und trotzdem – die Zahlen weisen exemplarisch darauf hin, dass Ausstellungen schleichend an Anziehungskraft verlieren. Bereits im dritten und vierten Betriebsjahr gehen die Besuchszahlen nach phänomenalem Start um rund 5 % zurück – Abnutzungserscheinungen des Neuen?

Infozentren müssen immer neue Nachfragepotenziale bei der Zielgruppe wecken, was aber tun, wenn der Andrang so stark ist, dass die BesucherInnen schon die Lust am Erlebnis verlieren, weil schlichtweg kein Platz ist? Die Rekord-Tage im Multimar lagen bei weit über 3.000 Gästen – zu eng zum Zufriedensein auf knapp 1.000 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche, und man reagierte zügig: Vor rund zwei Jahren war der Erweiterungsbau zur Erlebnisausstellung »Wale, Watt & Weltmeere« abgeschlossen.

Im Januar 2003 wurde das ›Walhaus‹ eröffnet und der sprunghafte Anstieg der Besucherzahlen verdeutlicht, dass Ausstellungen nicht nur laufend gepflegt und reattraktiviert werden müssen, sondern dass ein erfolgreicher Betrieb zudem auf öffentlichkeits- und medienwirksame Ereignisse, »angesagte« Inhalte, vor allem aber angemessen viel Raum angewiesen ist. Solcherlei Erfahrungen beeinflussten die Raumkonzeption der »Energie-Welten«: Die Ausstellungsfläche beträgt > 1.800 m<sup>2</sup>.

1.000 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche verkraften kaum

3.000 Gäste pro Tag:

Wird es zu eng, kommt

»Populations-Stress« auf, die Stimmung sinkt

Friedrichstadt sorgt vor:

»Energie-Welten« erhält

mehr als 1.800 m<sup>2</sup> Indoor-Ausstellungsfläche

## Prognose zu Besucheraufkommen und Einnahmen aus Eintrittsgeldern

### Prognose Besucheraufkommen

| <i>Einrichtung</i>  | <i>BesucherInnen pro Jahr</i> |
|---|-------------------------------|
| Sealife-Center Timmendorfer Strand                          | 260.000                       |
| Meereszentrum Fehmarn                                       | 200.000 – 250.000             |
| Multimar Wattforum Tönning                                  | 225.000 – 243.000             |
| Seehundstation Friedrichskoog                               | 170.000 – 200.000             |
| Science Center Kiel (in Planung)                            | 300.000                       |
| Maritimes Umwelt-Erlebnis-Zentrum List (in Planung)         | 200.000                       |
| Blanker Hans Büsum (in Planung)                             | 200.000                       |
| Wildpark Eekholt  | 200.000                       |
| Arboretum Ellerhoop   | 150.000                       |
| Fledermaus-Zentrum (im Bau)                                 | 120.000                       |
| Archaeum Albersdorf (im Planung)                            | 100.000                       |
| Phänomenta Flensburg  | 70.000 – 75.000               |
| Museum für Archäologie & Ökologie in Albersdorf (im Bau)    | 60.000                        |
| Archäologisch-Ökologisches Zentrum Albersdorf (Freigelände) | 30.000                        |

Die vier großen,  
vergleichbaren  
Umweltzentren bzw.  
Freizeitangebote  
ziehen jährlich jeweils  
durchschnittlich  
226.750 Gäste an

Bei der Ermittlung des potentiellen Besucheraufkommens für das Erlebniszentrum »Energie-Welten« werden nur die norddeutschen Infozentren resp. Freizeiteinrichtungen einbezogen, die aufgrund von Größe und Ausstattung zumindest annähernd eine Vergleichbarkeit gestatten.

In Abwägung zu Sealife-Center Timmendorfer Strand, Meereszentrum Fehmarn, Multimar Wattforum Tönning und zur Seehundstation Friedrichskoog ergäbe sich eine Zahl von durchschnittlich 226.750 BesucherInnen pro Jahr.

Bezieht man zusätzlich Einrichtungen wie den Wildpark Eekholt und das Arboretum Ellerhoop mit ein, beträgt die Anzahl jährlicher Gäste immerhin noch 209.500.

Der Mittelwert zu den Jahresbesuchen aller existierenden Einrichtungen beläuft sich auf abgerundet 189.930. Den höchsten Wert erzielt das Sealife-Center mit 260.000 BesucherInnen, den niedrigsten Anteil an Gästen verzeichnet mit 30.000 BesucherInnen das Archäologisch-Ökologische Zentrum Albersdorf, dass allerdings unter den Freigelände-Angeboten das erfolgreichste in ganz Schleswig-Holstein ist.

Die stärkste konzeptionelle Übereinstimmung zu den »Energie-Welten« wird im Multimar Wattforum gesehen, das 225.000 – 243.000 BesucherInnen seit der Walhaus-Eröffnung 2003 anzieht. Obwohl das Multimar zurzeit noch (die 3. Ausbaustufe ist in Vorbereitung) über eine kleinere Ausstellungsfläche verfügt, dessen Außen Gelände bei weitem nicht so schön gelegen, großzügig und attraktiv »bespielt« ist wie das Areal der »Energie-Welten«, ist es doch mit seiner direkten Lage an der B5 in Tönning den Besucher- und Verkehrsströmen etwas näher. Trotzdem dürfte das

Erlebniszentrum in Friedrichstadt mindestens genauso viele BesucherInnen ansprechen wie das Multimar Wattforum Tönning, denn:

Die »Energie-Welten« begründen thematisch und durch originäre Vermittlung ein Alleinstellungsmerkmal: Das hoch attraktive Freizeitangebot schafft auf mehr als 1.800 m<sup>2</sup> Indoor- und über 25.000 m<sup>2</sup> Outdoor-Fläche eine eigenständige Erlebniswelt. Zusätzlich zum laufenden Ausstellungsbetrieb spricht das umfang- und abwechslungsreiche Veranstaltungs- und Begleitprogramm neue Gästegruppen an. Pro Jahr werden bereits rund 500.000 Tagesgäste von dem touristischen Angebot der Stadt Friedrichstadt angezogen.

Dementsprechend kann – auch im Vergleich zu den anderen Freizeiteinrichtungen in Norddeutschland – für die einmaligen »Energie-Welten« mit rund 225.000 BesucherInnen pro Jahr gerechnet werden.

Inhaltlich wie formal am ehesten mit dem »Multimar Wattforum Tönning« vergleichbar; die »Energie-Welten« rechnen ebenfalls mit 225.000 Besuchern

### Prognose zu den Einnahmen aus Eintrittsgeldern

Die auf der Seite 88 dargestellten Referenzanlagen eignen sich grundsätzlich auch zur Prognose über die veranschlagbare Höhe der Eintrittsgelder, die das Erlebniszentrum »Energie-Welten« zukünftig ansetzen darf.

Anlagen, die am Rande der üblichen Parameter liegen, werden hierbei ausgeklammert, da sie z.B. zu kleine Flächen ausweisen, deren Ausstellungs-Angebot zu stark von dem Friedrichstädter Erlebnis-Grad abweicht oder als zu niederpreisig einzustufen sind (z.B. Seehundstation Friedrichskoog mit 1,50 – 2,50 Euro/Person).

Als Orientierungshilfen wurden berücksichtigt:

|                                    | Erwachsene | Schüler | Kinder |
|------------------------------------|------------|---------|--------|
| Meereszentrum Fehmarn              | 10,00      | 9,00    | 6,50   |
| Sealife-Center Timmendorfer Strand | 9,50       | –       | 6,00   |
| Multimar Wattforum Tönning         | 8,00       | 6,00    | 5,50   |
| Phänomenta Flensburg               | 7,50       | 5,50    | 5,50   |
| Wildpark Eekholt                   | 6,50       | 5,00    | 4,00   |

Mit 10,00 Euro pro Erwachsenen liegt das Meereszentrum Fehmarn im Vergleich an der Preisspitze. Extrem hoch erscheint hier der Eintrittspreis von 9,00 Euro pro Schüler. Der Wildpark Eekholt bleibt mit 6,50 Euro ein gutes Drittel darunter. Das unterste Limit bei dem Kinder-Eintrittspreis mit 4,00 Euro nimmt er ebenfalls ein. Der durchschnittliche Eintritt für Erwachsene beträgt 8,30 Euro, für Schüler 6,38 Euro und für Kinder 5,50 Euro.

Das Umweltbildungszentrum in Friedrichstadt bietet seinen BesucherInnen neben dem einzigartigen Indoor-, ein weitaus attraktiveres Outdoor-Angebot, als die anderen Referenzzentren. Mit der entsprechend längeren Aufenthaltsdauer und dem höheren Erlebniswert lassen sich die im Vergleich zu anderen Einrichtungen oberhalb des Durchschnittssegments angesiedelten Eintrittspreise rechtfertigen – ein stimmiges Preis-/Leistungsverhältnis ist gegeben.

Die »Energie-Welten« erreichen ein stimmiges Preis-/Leistungsverhältnis

Die Alterspyramide der Zielgruppe dürfte aufgrund der familienfreundlichen Konzeption des Hauses einen deutlichen Schwerpunkt im Bereich der Kinder und Jugendlichen aufzeigen, er schlägt hier mit 40% am gesamten BesucherInnenaufkommen zu Buche. Der hohe Seniorenanteil innerhalb der Zielgruppe, der laut den touristischen Umfrageergebnissen in Friedrichstadt stark vertreten ist, spiegelt sich vornehmlich in den Positionen ›Ermäßigte Erwachsene‹ mit 20% und ›Sonst. Ermäßigte‹ mit 5% wider, da Rentner nicht den vollen Eintrittspreis zu entrichten haben.

Von folgendem Besucher-/Brutto-Eintrittspreis-Verteilerschlüssel gehen wir für das Erlebniszentrum bei insgesamt 225.000 erwarteten BesucherInnen pro Jahr aus:

|                      | Besucheranteil | Eintritt | Besucherszahl  | Einnahmen          |
|----------------------|----------------|----------|----------------|--------------------|
| Erwachsene           | 35%            | 9,00     | 78.750         | 708.750,-          |
| Ermäßigte Erwachsene | 20%            | 8,00     | 45.000         | 360.000,-          |
| Schüler              | 10%            | 6,00     | 22.500         | 135.000,-          |
| Kinder               | 30%            | 6,00     | 67.500         | 405.000,-          |
| Sonst. Ermäßigte     | 5%             | 7,00     | 11.2500        | 78.750,-           |
|                      | <u>100%</u>    |          | <u>225.000</u> | <u>1.687.500,-</u> |

Der Eintrittspreis liegt damit durchschnittlich bei 7,50 Euro pro BesucherIn.

Spezielle Gruppentarife für Schulklassen, Reisegruppen und Familien oder für die verschiedenen Kombitickets, die vom Erlebniszentrum angeboten werden, sind in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt. Diese vergünstigten Eintrittspreise werden pauschal mit 10% Abzug in die zu erwartende Gesamtkalkulation eingebracht:

*1.687.500,- Euro minus 10% = 1.518.750,- Euro.*

Laut dem angenommenen Verteilerschlüssel und den prognostizierten Besucherzahlen wird das Erlebniszentrum »Energie-Welten« Einnahmen aus Eintrittsgeldern in Höhe von **1.518.750,- Euro** erwarten können.

## ***Diese Sache ist es wert!***



Das Zentrum »Energie-Welten« soll auch aus wirtschaftlicher Sicht nachhaltig erfolgreich sein. Für die Wirtschaftlichkeitsprognose des Projekts ergeben sich eine Reihe von Variablen und Annahmen, die im weiteren Projekt-Prozess zu verifizieren sind. Der Kostenplan und die Betriebskosten für das Zentrum basieren auf Erfahrungen bei vergleichbaren Projekten und Recherchen im Bereich der Ausstellungshäuser und ScienceCenter im Norden Deutschlands und besitzen in der Summe eine hohe Wahrscheinlichkeit.

Die Kostenschätzungen zur ›Architektur‹, ›Freiraumplanung‹, zum ›Ausstellungsdesign‹ sowie die Kostenaufstellung ›zum laufenden Betrieb‹ prognostizieren im Rahmen dieser Projektskizze die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Projektstrategie unter Optimal-Bedingungen. Die veranschlagten Kosten zum Investitionsvolumen liefern wichtige Anhaltspunkte für die nun anstehenden Gespräche mit Förderern und Sponsoren. Erst die Ergebnisse dieser Gespräche realisieren für alle weiteren Projektschritte die finanzielle Planungsgrundlage.

Der Personalplan beschreibt eine dem Anforderungsprofil angemessen dichte Personaldecke, und der Zeitplan fixiert die einzelnen Arbeitsschritte zur Realisation.

*Diese Sache ist es wert !*



## **Personalplan**

### **1 | Geschäftsführung**

1 Zentrums-LeiterIn – Leitung des Erlebniszentrums, Abstimmung der Kontakte zu anderen Organisationen und Bildungseinrichtungen, Betreuung und Weiterentwicklung der Einrichtung

### **2 | Assistenz der Geschäftsführung**

1 AssistentIn des Geschäftsführers – Organisation von Veranstaltungen, unterstützt die Geschäftsleitung in allen Bereichen

1 MitarbeiterIn (Besucherbetreuung/Öffentlichkeitsarbeit)

1 Kaufmännische/r LeiterIn

### **3 | Schreibkraft / Büro**

2 Bürokräfte – Abwicklung der Schreib- und Büroarbeiten

### **4 | Kasse**

1 Fachkraft – hauptverantwortlich für Kasse und Abrechnung

2 MitarbeiterInnen – Betreuung Kasse

### **5 | Ausstellungsbetreuung**

1 Ausstellungs-LeiterIn (Pädagoge) – Führungen, Ausarbeitung

1 AssistentIn Ausstellungsleitung

1 MitarbeiterIn (Ausstellungs-Pflege)

1 MitarbeiterIn (Besucherbetreuung/Kinderangebote)

1 AusstellungspilotIn (Koordination und Personalmanagement der Saisonkräfte)

10 AusstellungspilotInnen (saisonal, ca. 3 Monate)

Die AusstellungspilotInnen werden speziell geschult und stehen den Gästen für Führungen und Betreuung zur Verfügung. Sie sind für Auskünfte und Informationen AnsprechpartnerInnen der BesucherInnen.

### **6 | Ehrenamtliche Kräfte**

PraktikantInnen und freiwillige HelferInnen – personale Vermittlung, unterfüttern die Personaldecke für Sonderaktionen

### **7 | Haustechnik**

1 HaustechnikerIn (auch techn. Wartung Ausstellung) – Tägliche Kontrollgänge durch die Ausstellung (Indoor und Outdoor)

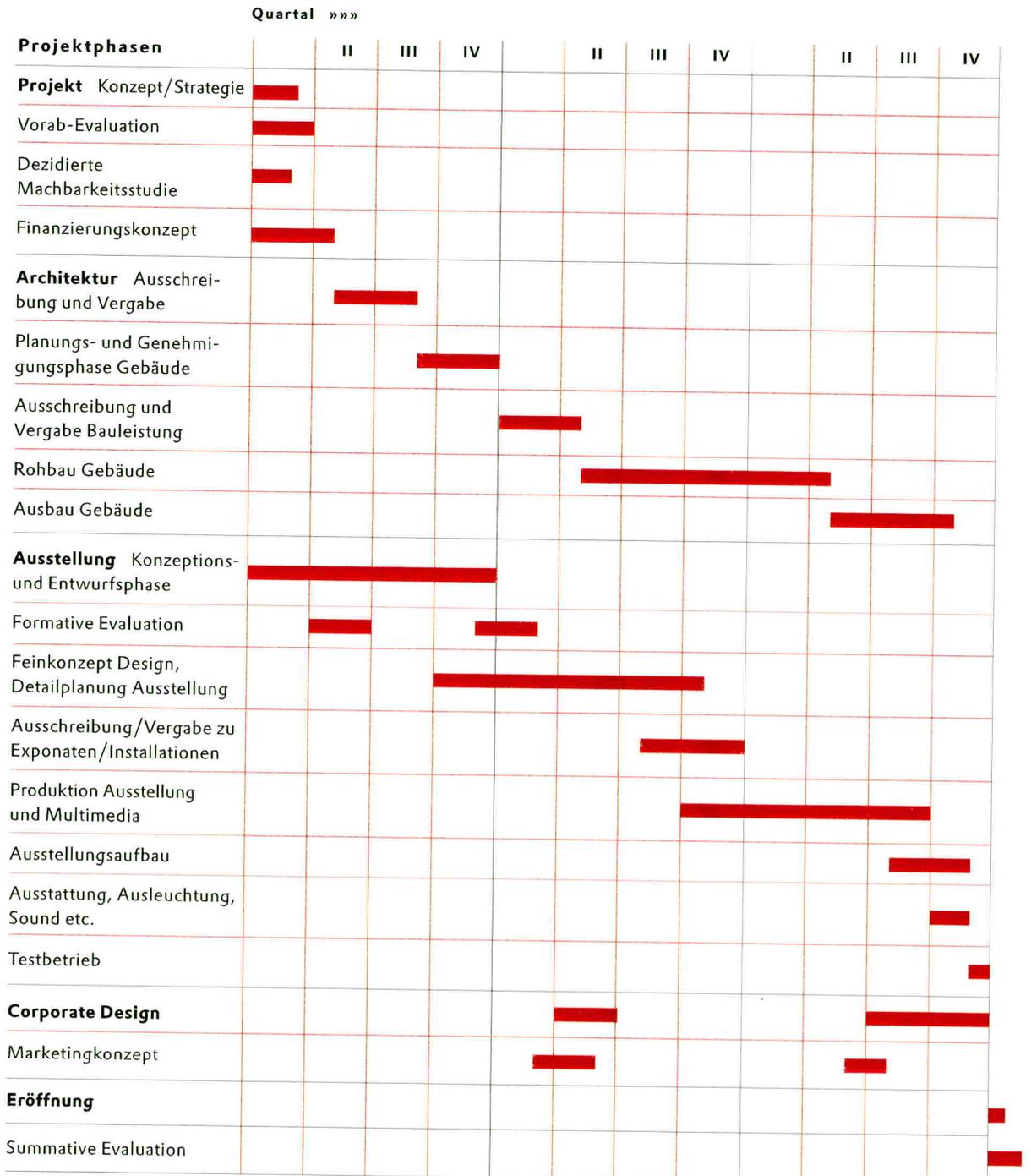
1 HandwerkerIn (HausmeisterIn)

2 HandwerkerInnen – Ausstellung (Indoor und Outdoor), Mängelbeseitigung, Reparatur- und Wartungsarbeiten

**8 | Eine saisonale Verstärkung des Teams ist bei Bedarf vorgesehen.**

## Zeitplan Energie Welten

Für Konzeption, Entwurf und Realisation des Zentrums ist ein Zeitraum von 36 Monaten kalkuliert.



## Kostenplan zum Erlebniszentrum Energie-Welten

Ein wichtiges Ziel dieser Projektskizze ist es, die annähernden Investitionskosten für dieses Projektvorhaben zu erfassen. Grundsätzlich liefern die groben Eckdaten einen ersten Anhaltspunkt zum Investitionsvolumen und zur wirtschaftlichen Tragfähigkeit des Gesamtvorhabens (s. S. 96).

Die Entwicklung einer optimalen Projektkonzeption und -strategie mündet in einer plausiblen Flächenbedarfs- und Investitionskostenschätzung: Daraus abgeleitet ergeben sich eine Gebäude-Nutzfläche von 2.888 m<sup>2</sup>, eine mit zahlreichen Aktionsinseln und Spielgeräten ausgestattete, ca. 25.000 m<sup>2</sup> große Außenanlage und eine auf mehr als 1.800 m<sup>2</sup> ausgelegte Erlebnisausstellung.

Die Kalkulation des Ausstellungsetats legt marktübliche Herstellungspauschalen pro Ausstellungsquadratmeter zu Grunde. Referenzbeispiele wie das ›MUEZ‹ in List auf Sylt (2.500,- Euro/m<sup>2</sup> bei 1.800 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche) oder das ›Nationalpark-Zentrum Königsstuhl‹ auf Rügen (3.500,- Euro/m<sup>2</sup> bei 2.000 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche) mögen diese Praxis veranschaulichen. Diese Kostenpauschalen beinhalten brutto sowohl die Herstellungskosten als auch die Planungshonorare.

Die Kosten für die zahlreichen zusätzlichen Lern- und Erlebnisstationen im Außen Gelände speziell zum Themenfeld »Erneuerbare Energien« sowie für das Wegeleit- und Beschilderungssystem werden pauschal mit 450.000,- Euro kalkuliert.

Auf Basis dieses Kostenrahmens kann nun die Akquisition der benötigten finanziellen Mittel bei Förderern und Sponsoren betrieben werden. Erst im Verlauf der weiteren Konzeptentwicklung können dezidierte Einsparpotenziale bei den Investitionskosten verifiziert werden.

### *Investitionsvolumen*

|   |                      |
|---|----------------------|
| Architektur Gesamtkosten (s. S. 75)                   | 9.729.000,00         |
| Landschaftsarchitektur (s. S. 77)                     | 437.869,32           |
| Ausstellung Indoor bei 1.800 m <sup>2</sup> á 2.500,- | 4.500.000,00         |
| Themen-Inszenierung Eingangshalle/Exponate            | 270.000,00           |
| Ausstellung Outdoor pauschal                          | 450.000,00           |
| 1. Jährliche Sonderausstellung                        | 120.000,00           |
| Vorab-, formative und summative Evaluation            | 70.000,00            |
| Dokumentation   | 20.000,00            |
| Marketingkonzept, Werbe-Etat                          | 80.000,00            |
| Wissenschaftliche Begleitung                          | 50.000,00            |
| Pre-Opening-Kosten (Ansatz pauschal)                  | 500.000,00           |
| <b>Kosten »Energie-Welten«</b>                        | <b>16.226.869,00</b> |

Für den Zeitraum, beginnend mit der Einwerbung von Mitteln bis hin zur Phase der Realisation empfehlen wir dringend, einen Projektkoordinator/eine Projektkoordinatorin einzustellen.

## Kalkulation der laufenden Betriebskosten

für das Erlebniszentrum Energie-Welten für ein typisches Betriebsjahr (3. Jahr)

### Löhne, Gehälter und soziale Aufwendungen

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 GeschäftsführerIn   | 75.000,- Euro         |
| 1 Kaufmännische/r LeiterIn  | 60.000,- Euro         |
| 2 Bürokräfte je 36.000,- Euro   | 72.000,- Euro         |
| 1 Ausstellungs-LeiterIn (Pädagoge)  | 60.000,- Euro         |
| 1 Assistenz der Ausstellungsleitung   | 36.000,- Euro         |
| 1 MitarbeiterIn (Ausstellungs-Pflege)   | 36.000,- Euro         |
| 1 MitarbeiterIn (Gästebetreuung/Öffentlichkeitsarbeit)                              | 36.000,- Euro         |
| 1 MitarbeiterIn (Gästebetreuung/Kinderangebote)                                     | 36.000,- Euro         |
| 1 AusstellungspilotIn (ganzjährig)  | 36.000,- Euro         |
| 10 AusstellungspilotInnen<br>(saisonal, Minijob je 525,- Euro/Monat)                | 42.000,- Euro         |
| 3 MitarbeiterInnen für Kasse je 36.000,- Euro                                       | 108.000,- Euro        |
| Sonstige Aushilfen (saisonal, pauschal je 12,50 Euro/Std.)                          | 12.500,- Euro         |
| 1 HaustechnikerIn (auch techn. Wartung Ausstellung;<br>inkl. Bereitschaftszuschlag) | 50.000,- Euro         |
| 1 HandwerkerIn (HausmeisterIn; inkl. Bereitschaftszuschlag)                         | 40.000,- Euro         |
| 2 HandwerkerInnen je 36.000,- Euro  | 72.000,- Euro         |
| Berufsgenossenschaft  | 15.000,- Euro         |
| <b>Summe der Aufwendungen</b>   | <b>786.500,- Euro</b> |

### Sonstige ordentl. Aufwendungen

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Energiekosten: Heizenergie, Strom, Wasser, Abwasser      | 40.600,- Euro         |
| Instandhaltung   Wartung, techn. Nebenleistungen Gebäude | 40.600,- Euro         |
| Instandhaltung   Outdoor                                 | 60.000,- Euro         |
| Instandhaltung, Aktualisierung, Erweiterung   Indoor     | 120.000,- Euro        |
| Jährliche Sonderausstellung                              | 120.000,- Euro        |
| Veranstaltungsprogramm, Gastspiel-/ Vortragshonorare     | 60.000,- Euro         |
| Öffentlichkeitsarbeit   Printmedien, Messepräsenz etc.   | 60.000,- Euro         |
| Diverse   Versicherungen, Haftpflicht, Bürobedarf etc.   | 120.000,- Euro        |
| <b>Summe der Aufwendungen</b>                            | <b>621.200,- Euro</b> |

### Betriebserträge

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Einnahmen Eintrittsgeld (laut Aufstellung S.92)    | 1.518.750,- Euro        |
| Einnahmen aus Vermietung Shop                      | 24.000,- Euro           |
| Einnahmen aus Vermietung Bistro                    | 36.000,- Euro           |
| Sonstige Einnahmen Seminar-/ Veranstaltungsbetrieb | 15.000,- Euro           |
| Spenden und sonstige Einnahmen                     | 10.000,- Euro           |
| <b>Summe der Erträge</b>                           | <b>1.603.750,- Euro</b> |

### Betriebsergebnis

**196.050,- Euro**

Die Kosten für Heizenergie, elektrische Energie und Wasser/Abwasser wurden vom Ingenieur-Büro Uwe Heintze in 1. Schätzung auf netto 35.000,- Euro per anno veranschlagt. Für die technischen Instandsetzungen, Wartungen, Inspektionen und sonstige technische Nebenleistungen zum Gebäude sind nochmals ca. netto 35.000,- Euro per anno angesetzt.

Nicht berücksichtigt sind dabei eventuelle Rückvergütungen durch den Einsatz von regenerativen Energien.

Der Personalbedarf wurde anhand von Referenzanlagen ermittelt und auf das erweiterte Gesamtangebot der »Energie-Welten« hochgerechnet; die einhergehenden Personalkosten orientieren sich an branchen-üblichen Gehaltsstrukturen wie z.B. im Multimar Wattforum Tönning praktiziert.

Für die Wirtschaftlichkeitsprognose des Projekts ergeben sich eine Reihe von Variablen und Annahmen, die im weiteren Projekt-Prozess zu verifizieren sind. Die überschlägige Betriebskostenkalkulation berücksichtigt alle möglichen Aufwendungen und Erträge und zeigt, dass es möglich ist, unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten eine rentable Einrichtung zu betreiben.

## Danksagung & Impressum

*Wir bedanken uns sehr herzlich  
für die freundliche Unterstützung  
und rege Anteilnahme bei:*

Jan Hendrik  
Prof. Dr. Willfried Janßen  
Heiko Helms  
Eckehard Bockwoldt  
Miriam Hoffmeister  
Friedel Zeichner  
Katrin Schlegel  
Bernd Matthiesen  
Patricia Munro  
Stefan Jacobsen  
Henning Schaub  
Esther Braasch

### **Designbüro Marion Jahnke**

Kirchhofallee 37  
24114 Kiel  
T 0431 66 46 03  
F 0431 66 46 08  
designbuero@marionjahnke.de

Zukunfts-  
investitions-  
programm



### **Auftraggeber**

Stadt Friedrichstadt aus Mitteln des  
Zukunftsinvestitionsprogramms ZIP des BMU  
(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit)

### **Amt Friedrichstadt**

Der Bürgermeister Peter Hofmann  
Am Markt 11  
25840 Friedrichstadt  
T 04881 990 22  
F 04881 990 55  
peter.hofmann@amt-friedrichstadt.de

### **Projekt-Initiative & Koordination**

Dr. Adolf Kellermann, Friedrichstadt

### **Konzeption, Redaktion & Erstellung**

Marion Jahnke

### **Recherche**

Marion Jahnke  
Miriam Hoffmeister, Kiel  
Henning Schaub, Kiel

### **Architektur**

Heiko Helms, Kiel

### **Betriebskosten Gebäude**

Ingenieur-Büro Uwe Hintze, Kiel

### **Landschafts-Architektur**

Freiraum- und Landschaftsplanung  
Matthiesen & Schlegel, Kiel/Altenholz

### **Tourismusdaten**

Stadt Friedrichstadt  
Wolfgang Günther | Projektleiter des NIT – Institut für  
Tourismus- und Baderforschung

### **Bilder**

Titel – Helmke & Peter Kaufner, Hamburg  
Rückseite – Nader Afshar » Face & Movement, Mettmann  
Indoor-Rundgang – Julia Wrede, Hamburg; Multimedia-Archiv  
Outdoor-Rundgang – Richter Spielgeräte GmbH, Frasdorf

### **Design | Grafik | Satz**

Marion Jahnke

### **Digital-Print**

Lithographische Werkstätten Kiel

### **Auflage**

30 Exemplare  
Dezember 2004

### **UrHG**

Alle in dieser Broschüre enthaltenen Bilder, Grafiken, Texte  
und Entwurfsideen unterliegen dem Urheberrechtsgesetz.  
jedenfallsige Nutzung und Vervielfältigung ist untersagt respektive  
bedarf des schriftlichen Einverständnisses der UrheberInnen.



»Wie wäre  
unsere Welt  
ohne sie –  
die Energie?«

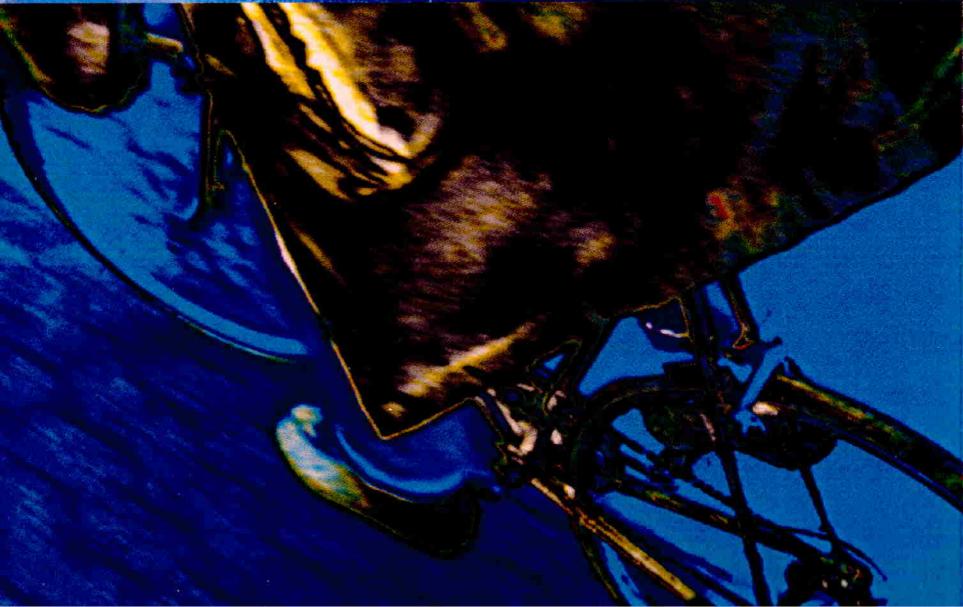
... häufig dunkel!

---

FOG 3347



... oftmals kalt!



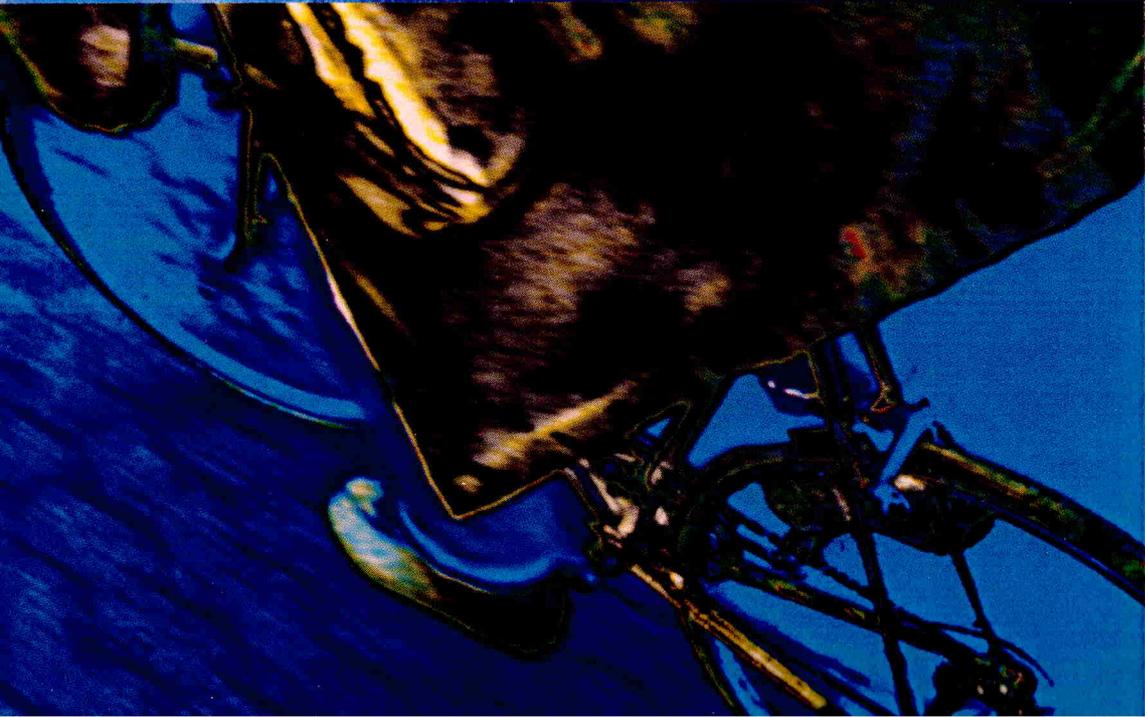
... wieder mühsam!



... häufig dunkel!



... oftmals kalt!



... wieder mühsam!

»Wie wäre  
unsere Welt  
ohne sie –  
die Energie?«

... häufig dunkel!

---

F06 3347

... oftmals kalt!

... wieder mühsam!

## Danksagung & Impressum

*Wir bedanken uns sehr herzlich  
für die freundliche Unterstützung  
und rege Anteilnahme bei:*

Jan Hendrik  
Prof. Dr. Willfried Janßen  
Heiko Helms  
Eckehard Bockwoldt  
Miriam Hoffmeister  
Friedel Zeichner  
Katrin Schlegel  
Bernd Matthiesen  
Patricia Munro  
Stefan Jacobsen  
Henning Schaub  
Esther Braasch

### **Designbüro Marion Jahnke**

Kirchhofallee 37  
24114 Kiel  
T 0431 66 46 03  
F 0431 66 46 08  
designbuero@marionjahnke.de

Zukunfts-  
investitions-  
programm



### **Auftraggeber**

Stadt Friedrichstadt aus Mitteln des  
Zukunftsinvestitionsprogramms ZIP des BMU  
(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit)

### **Amt Friedrichstadt**

Der Bürgermeister Peter Hofmann  
Am Markt 11  
25840 Friedrichstadt  
T 04881 990 22  
F 04881 990 55  
peter.hofmann@amt-friedrichstadt.de

### **Projekt-Initiative & Koordination**

Dr. Adolf Kellermann, Friedrichstadt

### **Konzeption, Redaktion & Erstellung**

Marion Jahnke

### **Recherche**

Marion Jahnke  
Miriam Hoffmeister, Kiel  
Henning Schaub, Kiel

### **Architektur**

Heiko Helms, Kiel

### **Betriebskosten Gebäude**

Ingenieur-Büro Uwe Hintze, Kiel

### **Landschafts-Architektur**

Freiraum- und Landschaftsplanung  
Matthiesen & Schlegel, Kiel/Altenholz

### **Tourismusdaten**

Stadt Friedrichstadt  
Wolfgang Günther | Projektleiter des NIT – Institut für  
Tourismus- und Baderforschung

### **Bilder**

Titel – Helmke & Peter Kaufner, Hamburg  
Rückseite – Nader Afshar » Face & Movement, Mettmann  
Indoor-Rundgang – Julia Wrede, Hamburg; Multimedia-Archiv  
Outdoor-Rundgang – Richter Spielgeräte GmbH, Frasdorf

### **Design | Grafik | Satz**

Marion Jahnke

### **Digital-Print**

Lithographische Werkstätten Kiel

### **Auflage**

30 Exemplare  
Dezember 2004

### **UrHG**

Alle in dieser Broschüre enthaltenen Bilder, Grafiken, Texte  
und Entwurfsideen unterliegen dem Urheberrechtsgesetz.  
jedenfallsige Nutzung und Vervielfältigung ist untersagt respektive  
bedarf des schriftlichen Einverständnisses der UrheberInnen.

25 JAN 2006

## Danksagung & Impressum

*Wir bedanken uns sehr herzlich  
für die freundliche Unterstützung  
und rege Anteilnahme bei:*

Jan Hendrik

Prof. Dr. Willfried Janßen

Heiko Helms

Eckehard Bockwoldt

Miriam Hoffmeister

Friedel Zeichner

Katrin Schlegel

Bernd Matthiesen

Patricia Munro

Stefan Jacobsen

Henning Schaub

Esther Braasch

### **Designbüro Marion Jahnke**

Kirchhofallee 37

24114 Kiel

T 0431 66 46 03

F 0431 66 46 08

designbuero@marionjahnke.de

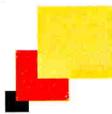
Zukunfts-  
investitions-  
programm



25 JAN 2006

Zukunfts-  
investitions-  
programm

zip



#### **Auftraggeber**

Stadt Friedrichstadt aus Mitteln des  
Zukunftsinvestitionsprogramms ZIP des BMU  
(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit)

#### **Amt Friedrichstadt**

Der Bürgermeister Peter Hofmann  
Am Markt 11  
25840 Friedrichstadt  
T 04881 990 22  
F 04881 990 55  
peter.hofmann@amt-friedrichstadt.de

#### **Projekt-Initiative & Koordination**

Dr. Adolf Kellermann, Friedrichstadt

#### **Konzeption, Redaktion & Erstellung**

Marion Jahnke

#### **Recherche**

Marion Jahnke  
Miriam Hoffmeister, Kiel  
Henning Schaub, Kiel

#### **Architektur**

Heiko Helms, Kiel

#### **Betriebskosten Gebäude**

Ingenieur-Büro Uwe Hintze, Kiel

#### **Landschafts-Architektur**

Freiraum- und Landschaftsplanung  
Matthiesen & Schlegel, Kiel/Altenholz

#### **Tourismusdaten**

Stadt Friedrichstadt  
Wolfgang Günther | Projektleiter des NIT – Institut für  
Tourismus- und Bäderforschung

#### **Bilder**

Titel – Helmke & Peter Kaufner, Hamburg  
Rückseite – Nader Afshar » Face & Movement, Mettmann  
Indoor-Rundgang – Julia Wrede, Hamburg; Multimar-Archiv  
Outdoor-Rundgang – Richter Spielgeräte GmbH, Frasdorf

#### **Design | Grafik | Satz**

Marion Jahnke

#### **Digital-Print**

Lithographische Werkstätten Kiel

#### **Auflage**

30 Exemplare  
Dezember 2004

#### **UrHG**

Alle in dieser Broschüre enthaltenen Bilder, Grafiken, Texte  
und Entwurfsideen unterliegen dem Urheberrechtsgesetz.  
jedwede Nutzung und Vervielfältigung ist untersagt respektive  
bedarf des schriftlichen Einverständnisses der UrheberIn.