
Offshore Windenergie in Deutschland: Chancen und Herausforderungen

**Prof. Dr. Alois Schaffarczyk
Vorstand CEwind e.G. i.G.
und FH Kiel**

**Hamburg
03.03.2009**

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Übersicht

- CEwind
- FINOs und alpha ventus
- Technik und Kosten
- Projekte im Ausland
- Projekte in Deutschland

- Zusammenfassung

CEwind

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



CEwind

Steering Group

Scientific Advisory Board

Board of Directors

A.P. Schaffarczyk, Kiel
Axel Krapoth, Flensburg
NN

Mech. Eng

E. Reimers
Flensburg

A. Krapoth
Flensburg

A. Schaffarczyk
Kiel

Electrical Eng.

F. W. Fuchs
Kiel

Hans-J. Hinrichs
Kiel

Klaus Scheibe
Kiel

Reiner J. Schütt
Heide

Environment

F. Colijn
Büsum

R. Mayerle/U.Siebert
Büsum

H. van Radecke
Flensburg

Economics

M. Tamm
Elmshorn

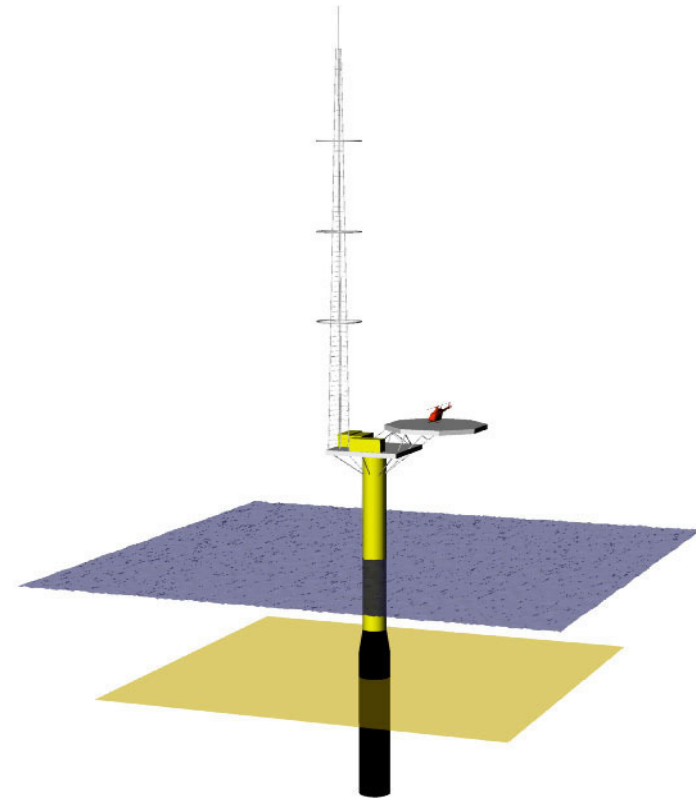
O. Hohmeyer
Flensburg

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

CEwind

- 0. gegründet 2003**
- 1. Periode 2005-2007**
 - Förderung: (EC, Land S-H)**
 - Ungefähr 20 Projekte**
 - Fino3: 12 M€**
 - Master of Wind Engineering**
- 2. Periode 2009-2011**
- 3. Ab 2009: CEwind e.G.**



Curriculum MSc Program

30 CPs per term

Master-Thesis						
KI	Grid Integration	Generator and Power Electr. .	Control Systems and Automation	Environmental Science (Basics)	Add. Courses (see below)	Add. Courses (see below)
FL	Noise & Vibration	Structural Strength & Materials	Aerodynamics	Sustainable Energy Systems	Shaping Sustainable Energy Systems	Add. Courses (see below)
Pre-Semester (on demand)						

Additional Courses	Advanced Windturbine Systems (Kiel)	Advanced Engineering Mathematics (Kiel)	External Costs of Energy (Flensb.)
	Off-Shore (Kiel)	Measurement and Certification (Kiel)	Trading Energy (Flensb.)
	Power Train Components (Flensb.)	Environmental Science - Advanced (Flensb.)	Business Economics (Kiel)

1 Module = 5cp:

- Lectures
- Exercises
- Laboratory Course
- Project Work

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Über SZ

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Schwerpunkte

- Aerodynamische Modellentwicklung (Actuator-Disk Methode)
- Aerodynamische Profilentwicklung
- Unkonventionelle Maschinen: Darrieus, Savonius, Mantelung, Contra-Rotating, Doppeldecker, Solar-Chimney, Wells-Turbine, Kleinwind
- Nachlauf von Windturbinen in Windparks
- Turbulenzeffekte (Low < 10 Hz, High > 100 Hz)

Aktuelle Projekte

Large Wind Turbine Blades (8 -10 MW)

Turbulenz Offshore

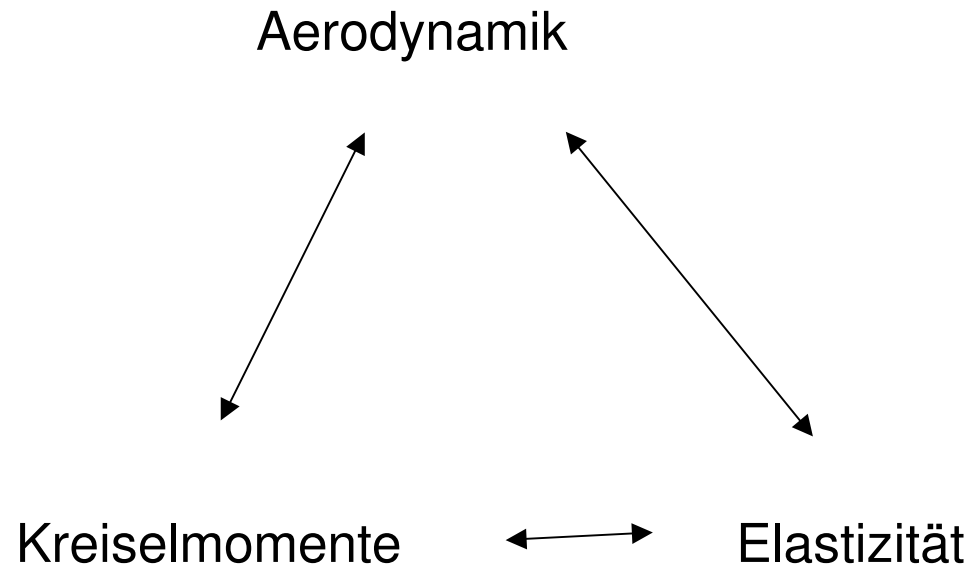
C(ontinuous) T(ime) R(andom) W(alk)

Turbulenz und Lasten

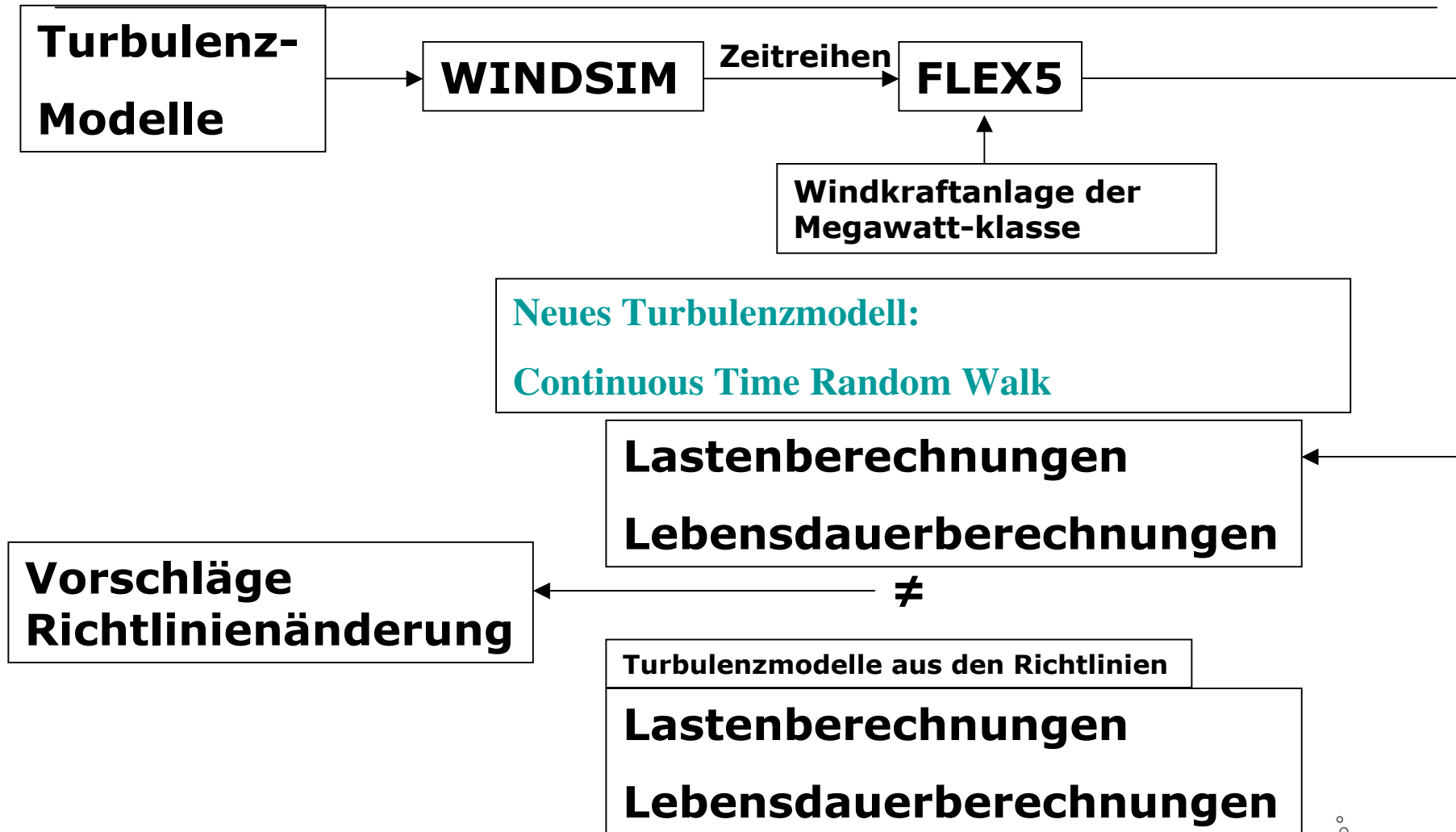
VAWT

Kleinwind (0.5 ... 10 kW)

Aeroelastisches Dreieck



Modellierung der Lasten <-> Windphysik



FINOs und Alpha Ventus

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



FINO 1

Messbetrieb

Seit September 2003 45 km nördlich Borkum,

Wind, Potenziale und Turbulenzen (DEWI),

Strömung, Wellen, (BSH),

Lastmessungen an der Gründung (DEWI),

AIS-Schiffsdatenerfassung (WSD),

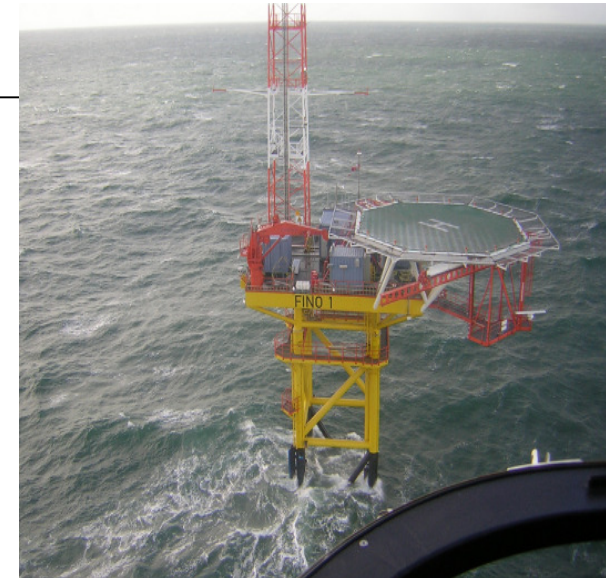
LIDAR-Testmessungen (EU-Projekt),

Untersuchung bodenphysikalischer Parameter (DFG-Projekt),

Benthos-Monitoring (AWI), Fisch-Echolot,

Vogelzugerfassung (Radar und optisch, IfV),

33 Datennutzer (12 Unternehmen, 21 FE)



www.fino-offshore.de

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



FINO 1

www.fino-offshore.de

Ergebnisse / Beispiele

Mittlere Windgeschwindigkeit 9,9 m/s,

8.000 h / a > 4 m/s,

Stromproduktion in 90 % des Jahres,

Ertrag doppelt gegenüber gutem Landstandort

Vogelzug: Flughöhen stark wetter-
und sichtabhängig

Perspektiven

Jetziges Nutzungskonzept bis 2010

Begleitmessungen für Testfeld

Zugangsplattform für das Testfeld



Projektkoordination und Betrieb:
Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

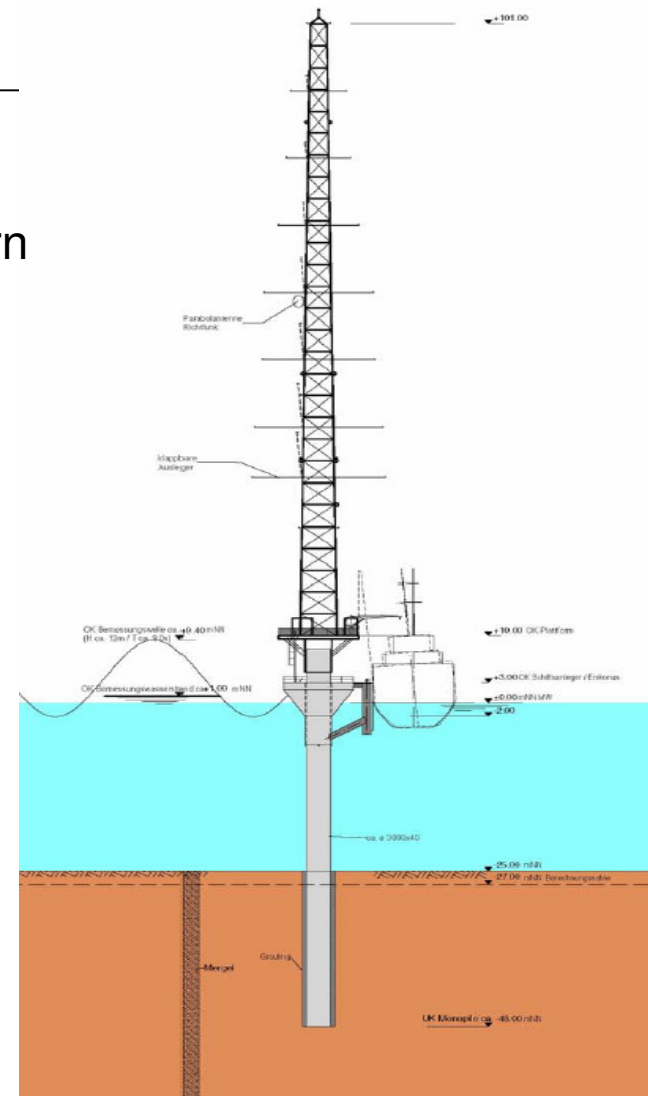
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



FINO 2

Inbetriebnahme 2007,
Kriegersflak 40 km nördlich Rügen,
Gefördert von BMU und Mecklenburg-Vorpommern
4.5 Mio. €

www.fino2.de



Ce

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

ein

Messungen

Windmessungen wie FINO 1,

Vogelzug: Radar und optische Methoden,

Test neuer Methoden zur Erfassung von Vogelschlag vorgesehen (IfAÖ),

Benthos-Untersuchungen mit abgehängten Platten,

AIS-Schiffsdatenerfassung

Perspektiven

Kooperationen mit Schweden und Dänemark in Anbahnung,

Mitnutzung durch Inst f. Ostseeforschung angefragt,

Messregime erweiterbar

FINO 3

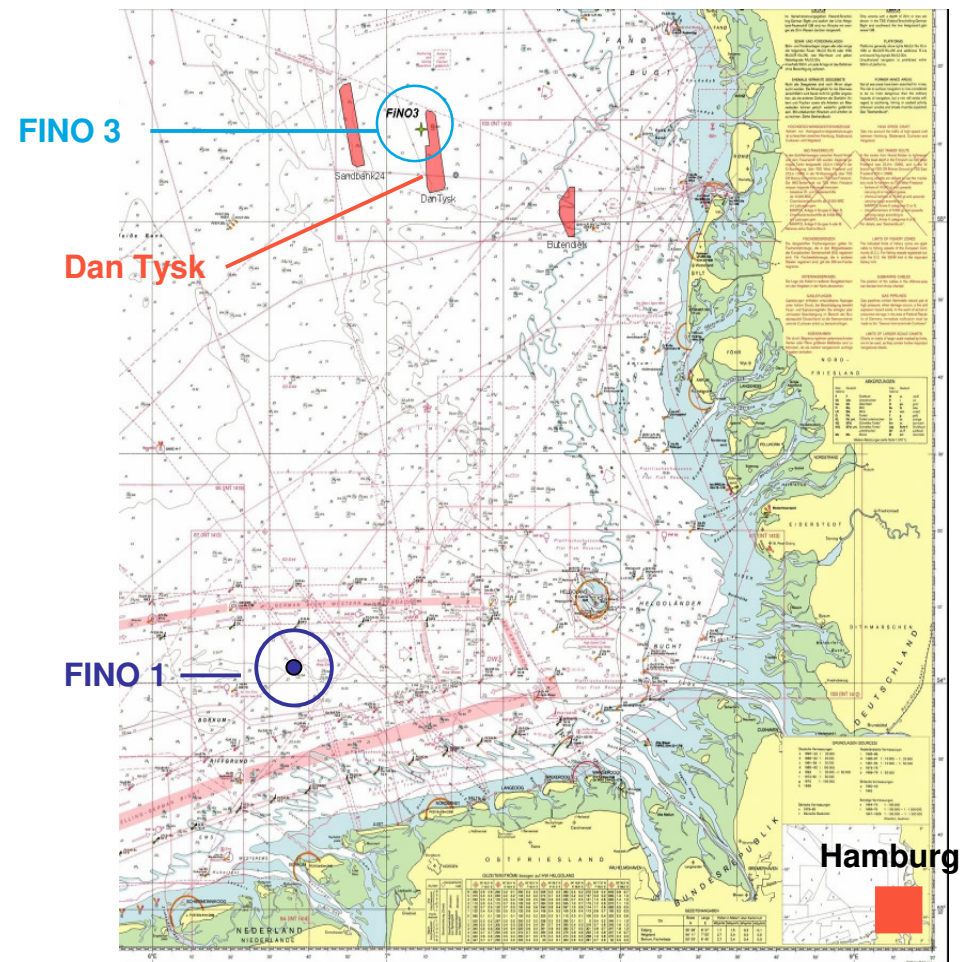
www.fino3.de

Offizieller Projektstart
26.04.2006

Inbetriebnahme 2009

Gefördert von BMU und
Schleswig-Holstein, 12 Mio. €

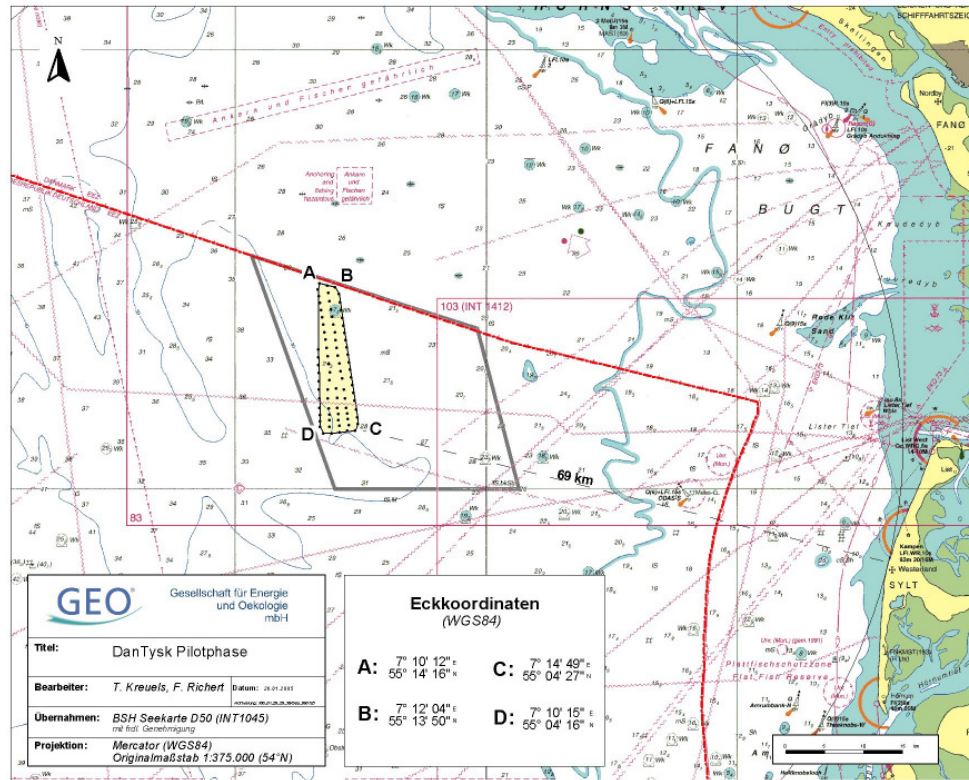
Forschungs- und
Entwicklungszentrum
Fachhochschule Kiel GmbH



Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

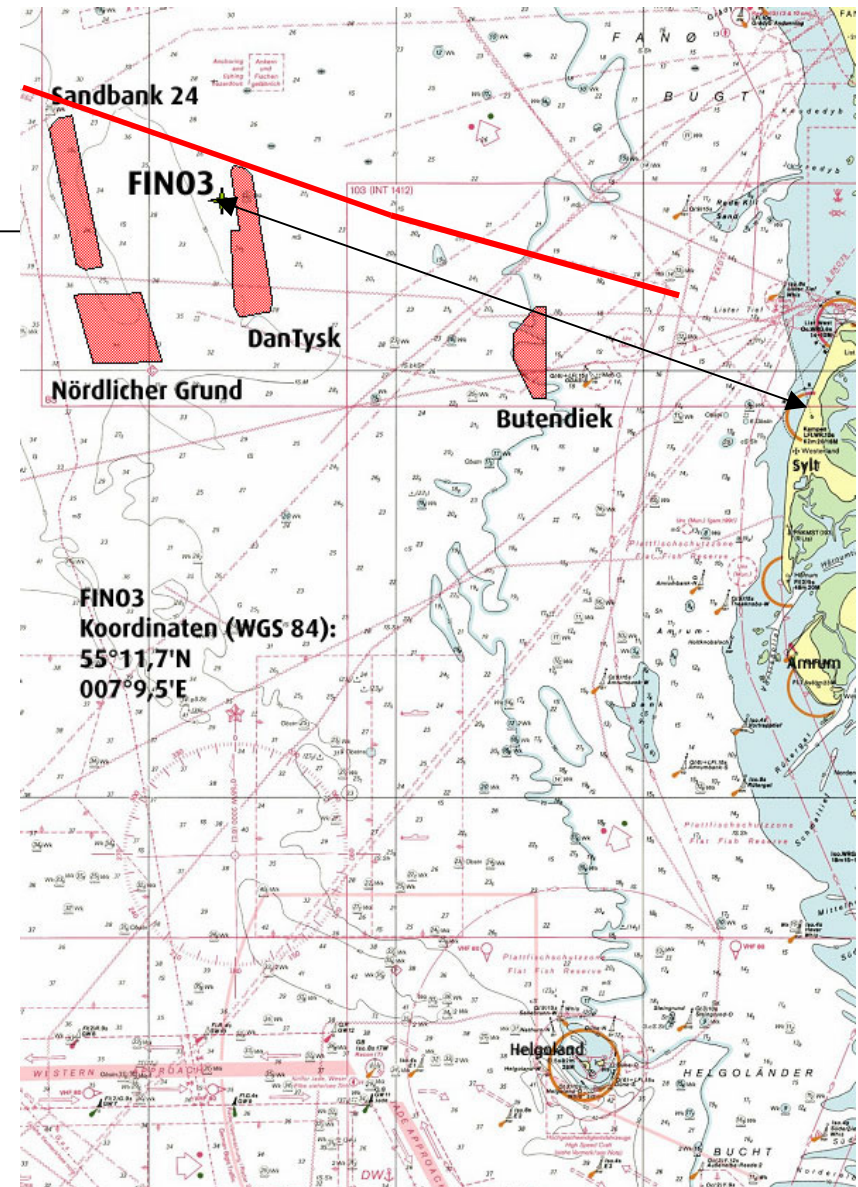


Fino3



↔ 80 km

10 km



Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Messungen

Windmessungen wie FINO 1 und FINO 2,

Analyse hochfrequenter Turbulenzanteile im Wind zur Optimierung von Blattprofilen,

Blitzhäufigkeit und Blitzstromparameter,

Geotechnische Messungen zur Sediment-Pfahl Wechselwirkung und zur Baugrund Vor- und Nacherkundung,

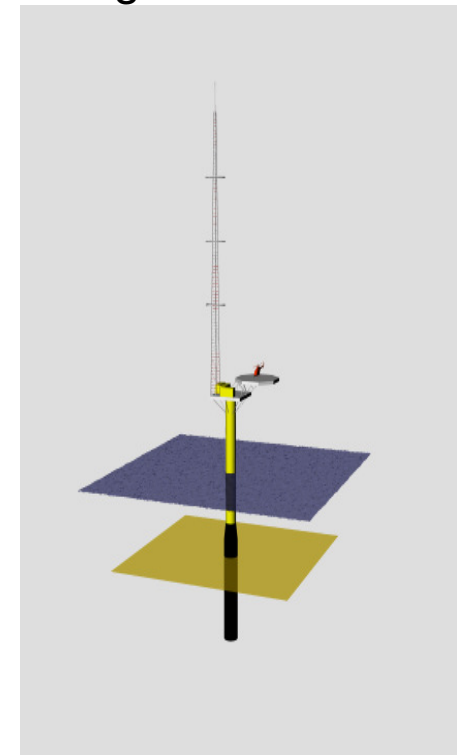
Seegangsmessungen mit Dopplerradar (GKSS),

Ozeanographische Messungen (geplant BSH),

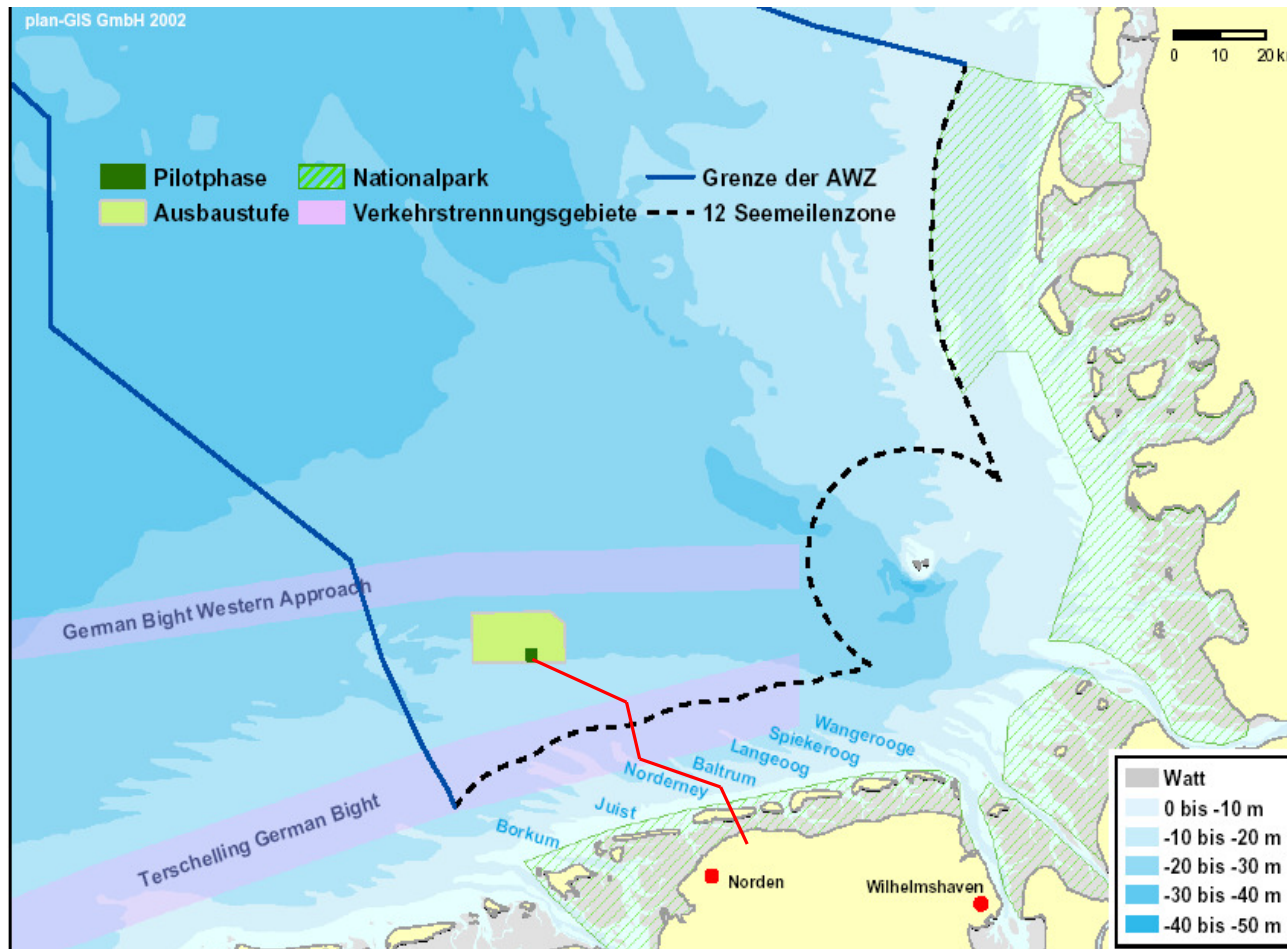
Schallübertragung Turm-Wasser,

Vogelzug (IfV),

Benthos-Untersuchungen (AWI),



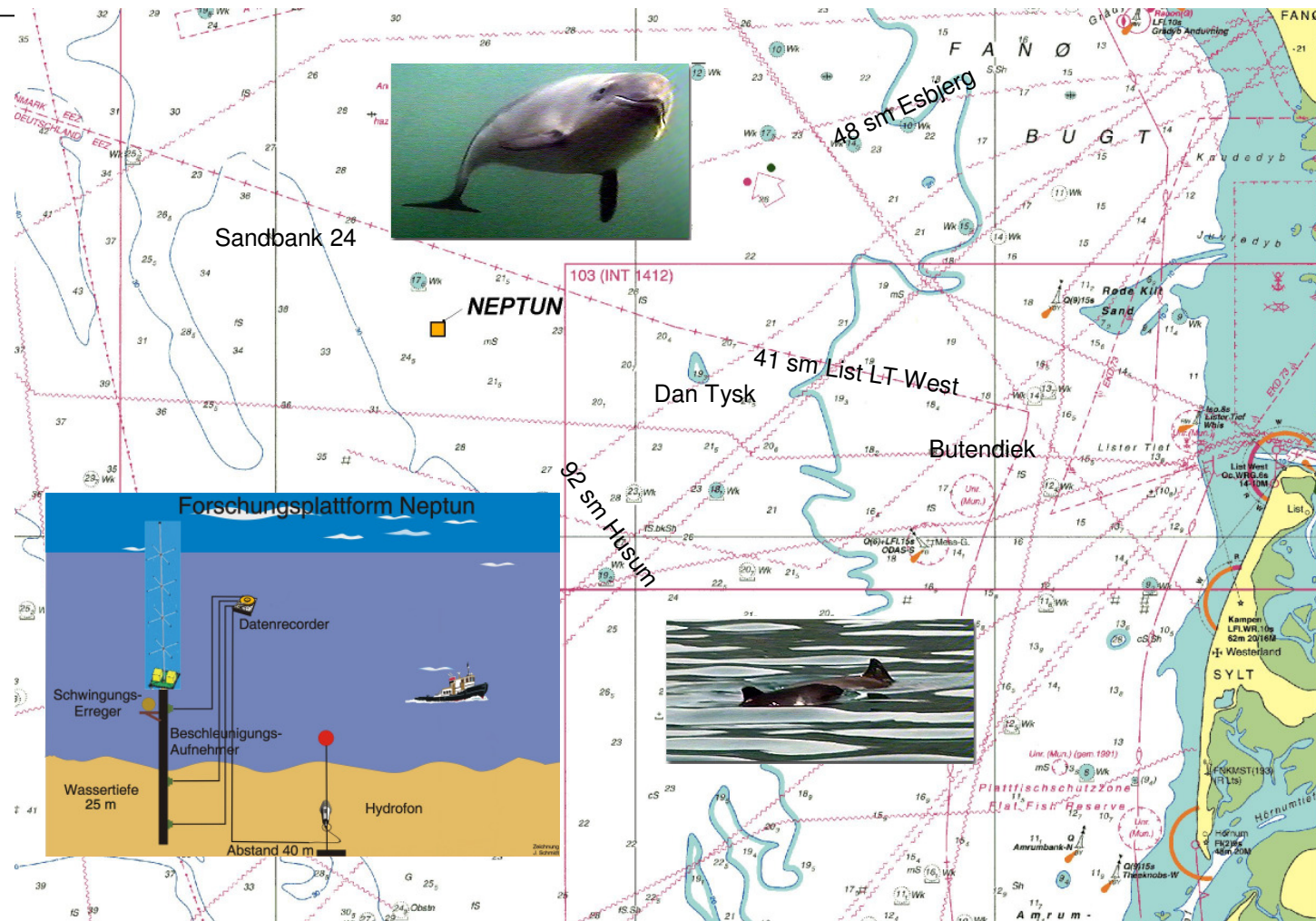
Offshore-Testfeld alpha ventus



- ca. 45 km nördlich Borkum
- Wassertiefe: 28-30m
- Kabeltrasse:
auf See 65 km
an Land 4 km
- Anlagen: 12 x 5MW

-
- Invest: ca. 180 M€
 - Begleitf. 50 M€
 - ca 24 M€ Einsp./a

Ökologische Begleitforschung



Technik

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Seefeste Anlagen

Hohe Verfügbarkeit

Seewasser und –luft beständig

Wellenlasten bestimmen Auslegung der Gründung

Preise aus der Öl- und Gasindustrie nicht realisierbar

Extremwellen

100-Jahreswelle nach DNV:

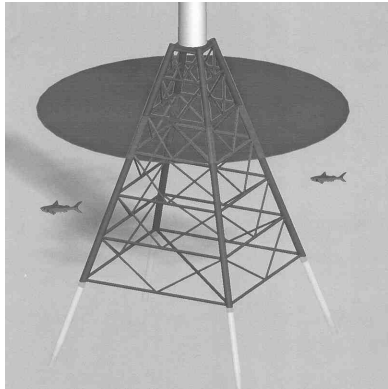
Lage	nördl. Breite	Jahr	Sommer
Nordsee	52	16	12
	55	22	17
	57	26	20
	59	28	21
Norwegische See	61	30	23

FreakWaves – Solitonen ?



25 m

Fundamentoptionen – Gründung vs. Wassertiefe



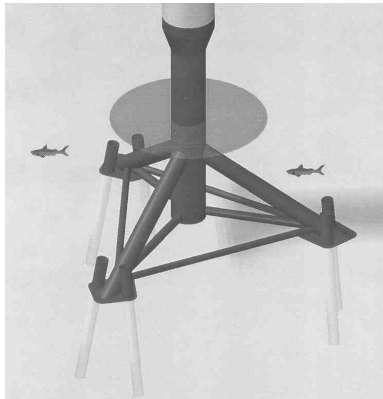
Jacket –
Fundament



Monopile (Blyth)



Schwerkraft
(Middelgrunden)



Tripodfundament

> 25 m < 25 m > 10 m

Wassertiefe

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

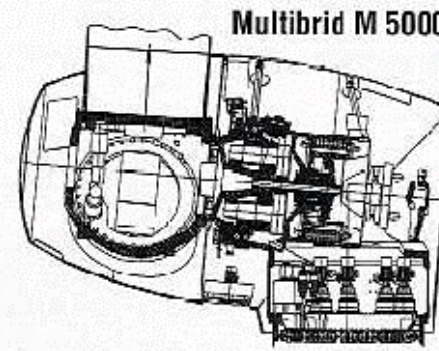
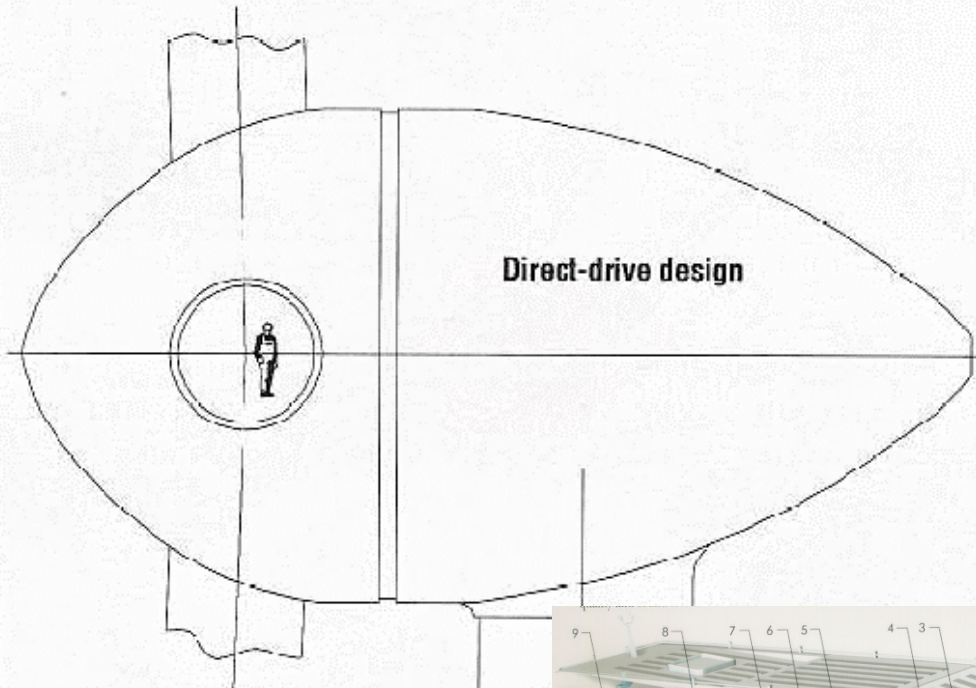
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

Multi-MW Konzepte

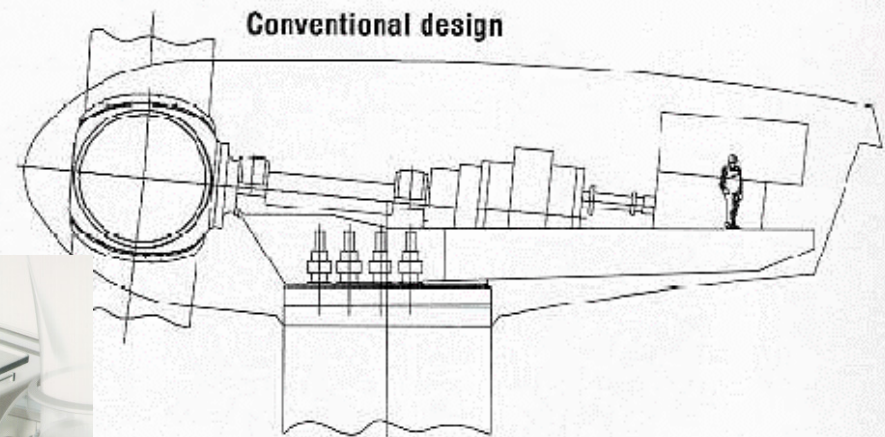
aerodyn(WinWind, MultiBrid), 290 to

FIGURE 1. Comparison of different constructions (to scale)

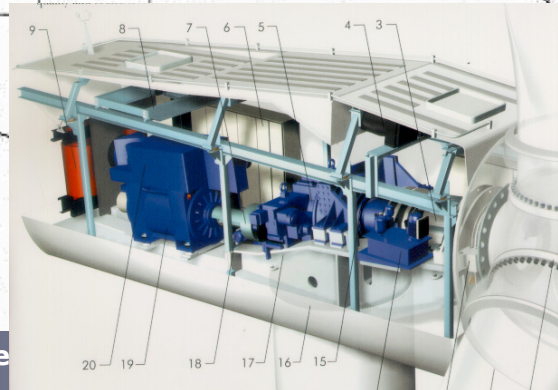
Enercon, 500 to, $d=112$ m



$d=117$ m



V90, ca 100 to



0 m 5 m 10 m

RePower, 350 to

$d = 120$ m

Kosten und Preise

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Kosten nach: WPM, Jan. 2009, (€/MWh)

- **Kohle:** 60 – 120
- **Kernkraft:** 45 – 85
- **Erdgas:** 45 – 90
- **Onshore:** 50 – 100
- **Offshore:** 100 – 150
- **PV:** 250 - 500

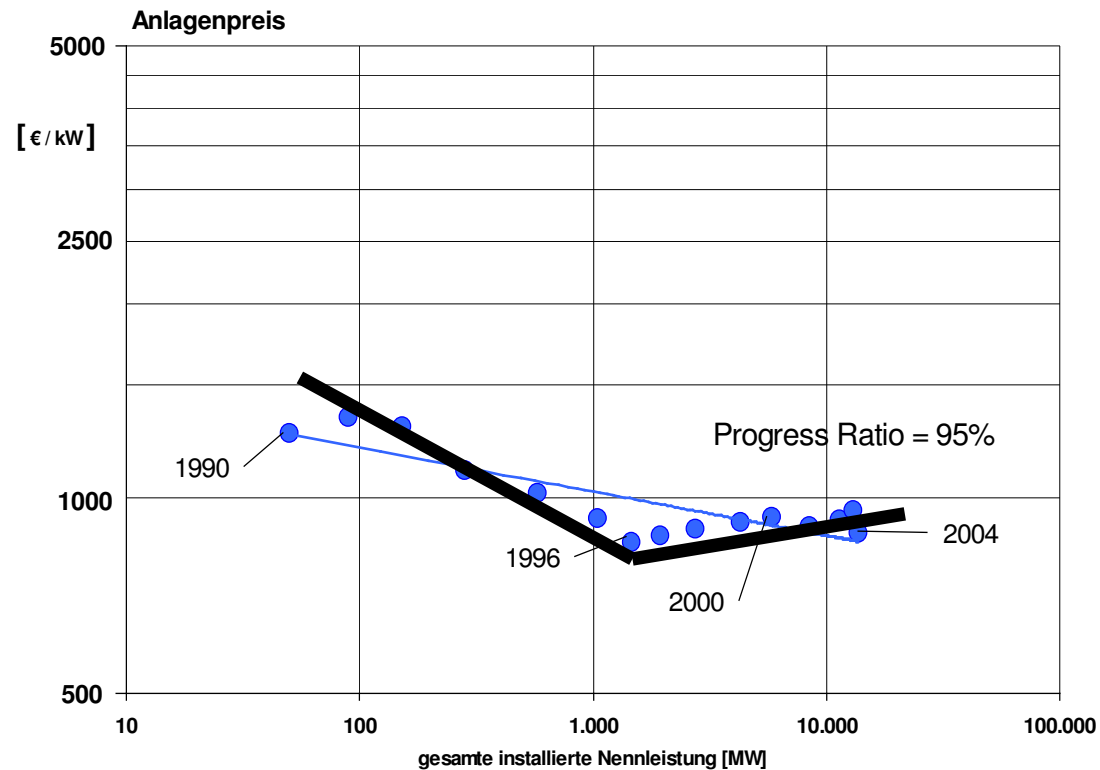
Onshore: 6 – 9 m/s

Offshore: 8 – 10 m/s

Der Preis einer Neuen Kernkraft

- Olkilouto Block 3: 1700 MWe
- Bau 2005 – 2012(?)
- Kosten: 2.5 – 5 G€
- 1.95 G€ durch Bayern LB (2.5 %)
- Volllaststunden (ca. 6000 im Mittel)
- Brunsbüttel: 4900

Preisentwicklung – (2006)



Spezifische ab-Werk-Preise pro kW-Nennleistung

Offshore Parks Hau - 1

Offshore Windparks

Küstennahe Standorte, heutige Anlagen

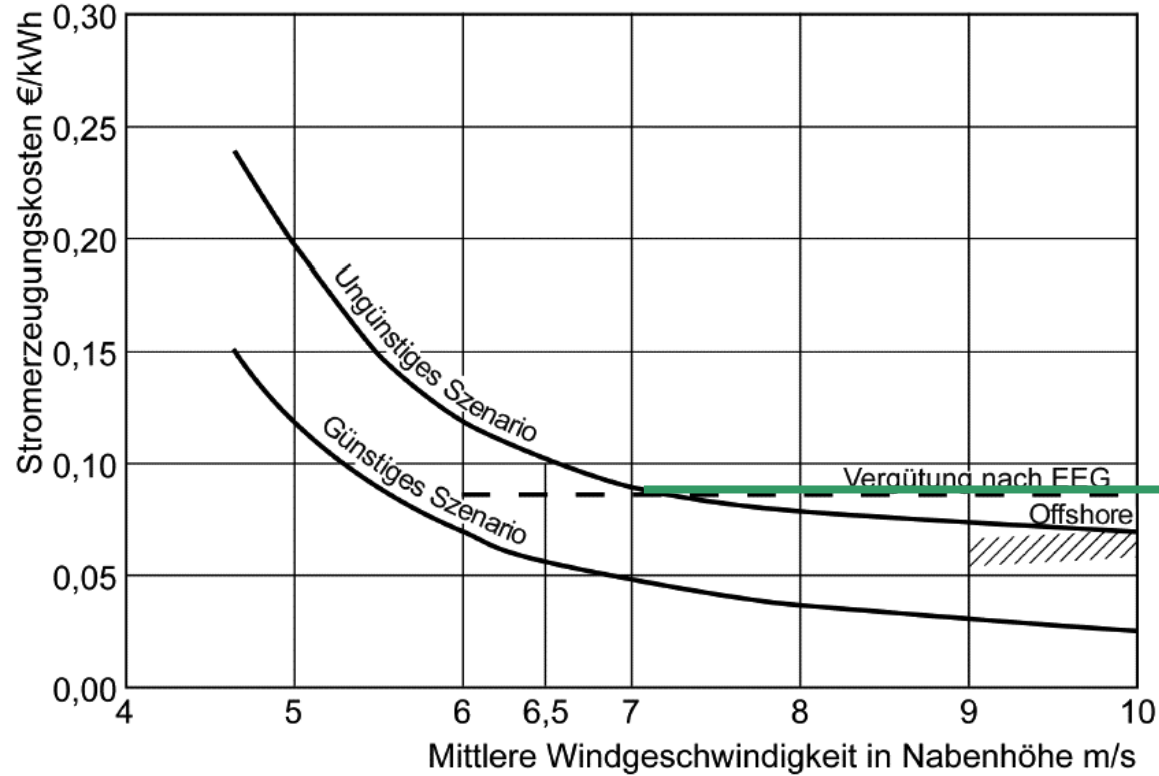
- Wassertiefe < 20 m
- Entfernung zum Land < 50 km
- Windkraftanlagen 2,5 MW / 80 m Ø
- Spez. Investitionskosten 1.500 €/KW
- Mittlere Windgeschwindigkeit (Nabenhöhe) 9,0 m/s

Küstenferne Standorte, 5 MW-Anlagen

- Wassertiefe > 30 m
- Entfernung zum Land > 100 km
- Windkraftanlagen 5 MW / 120 m Ø
- Spez. Investitionskosten 2.500 €/KW
- Mittlere Windgeschwindigkeit (Nabenhöhe) 10,0 m/s

Offshore Preis Hau -2

Stromerzeugungskosten Offshore



UK: 11-12 ?

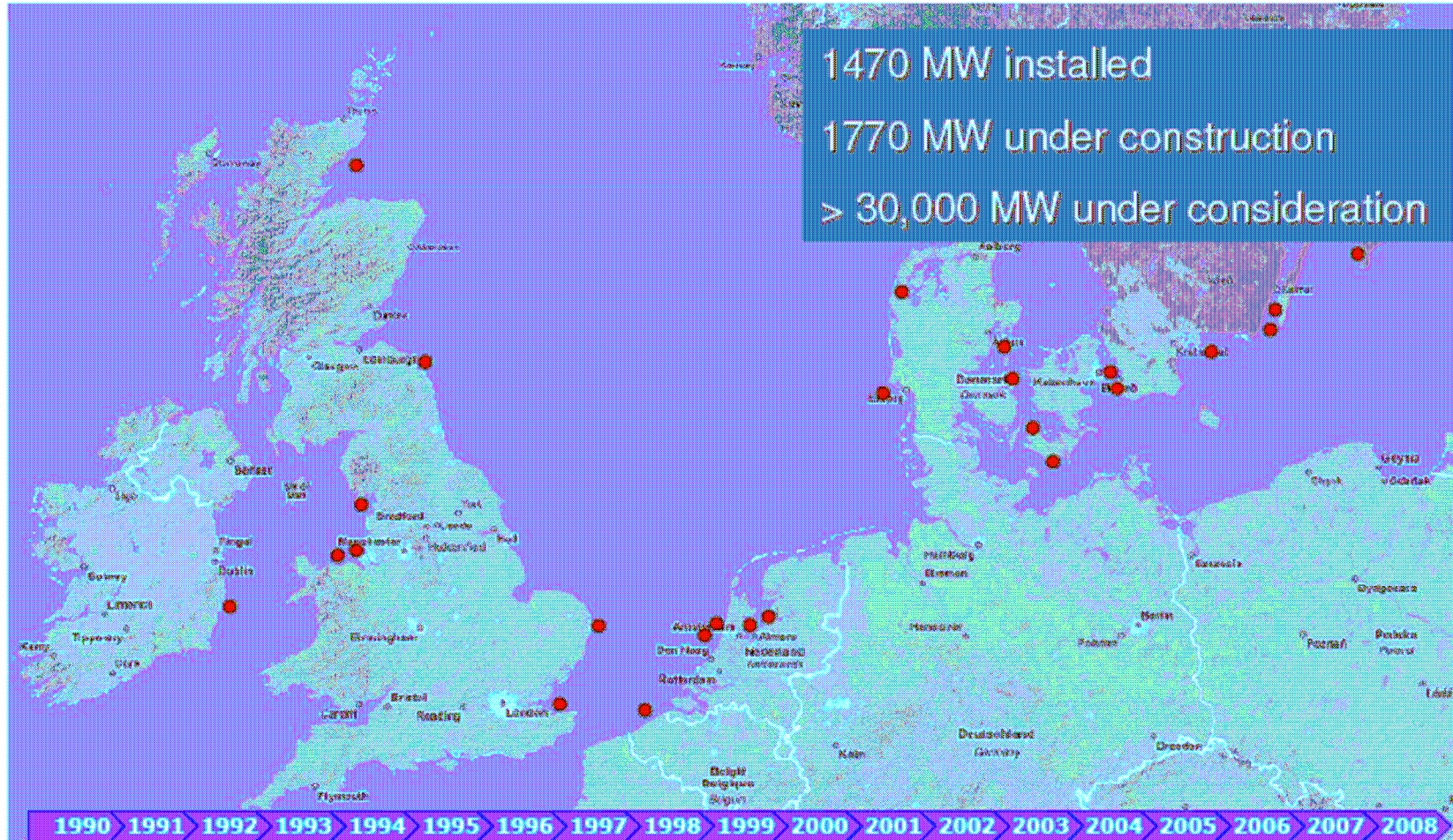
BWE: 15

Windparks im Ausland

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



European Offshore Wind Energy Projects (Ende 2008) Onshore 64 GW

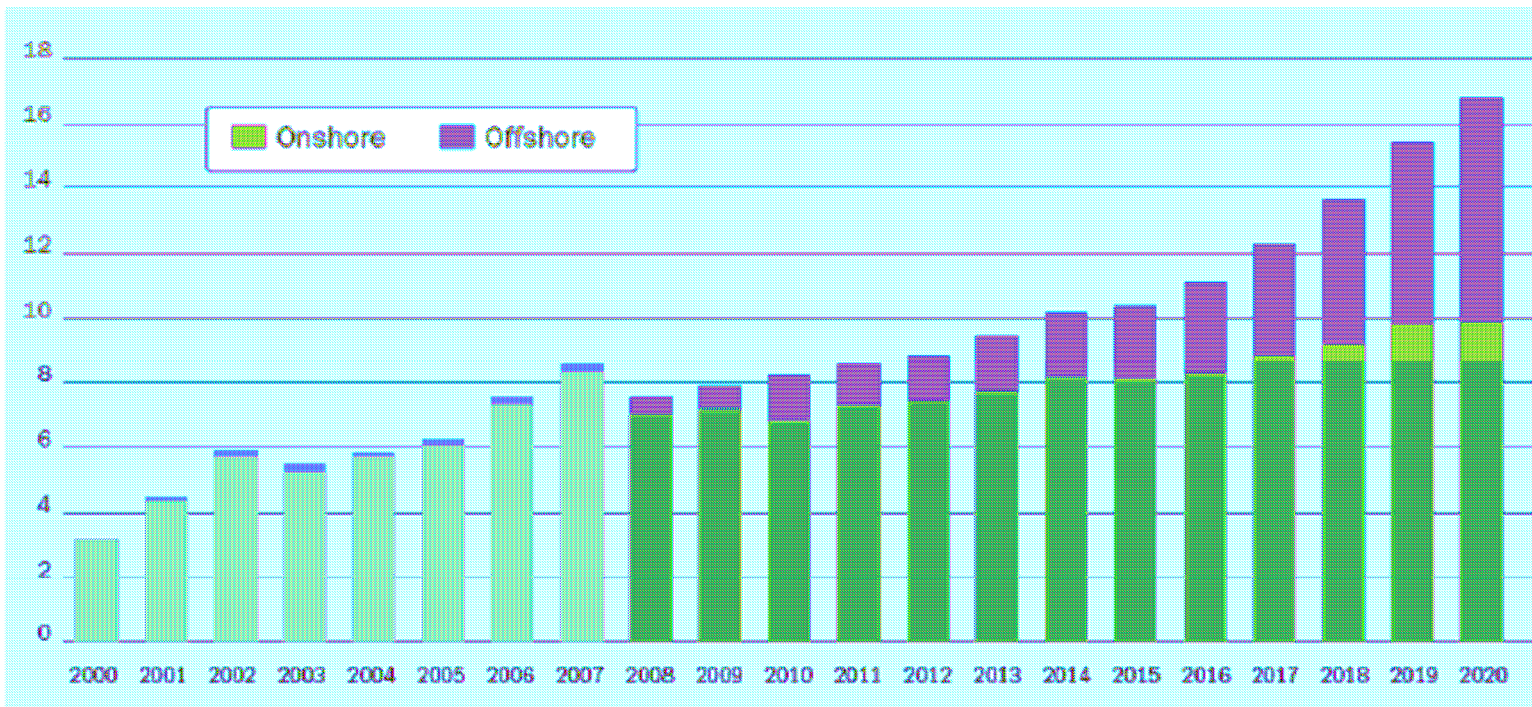


Source: TUDelft Offshore Engineering

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Potenzial



Source: EWEA/GWEC

Realise consequences of annually installing 5000 MW offshore !!!

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Arklow Bank Irische See, GE-Wind

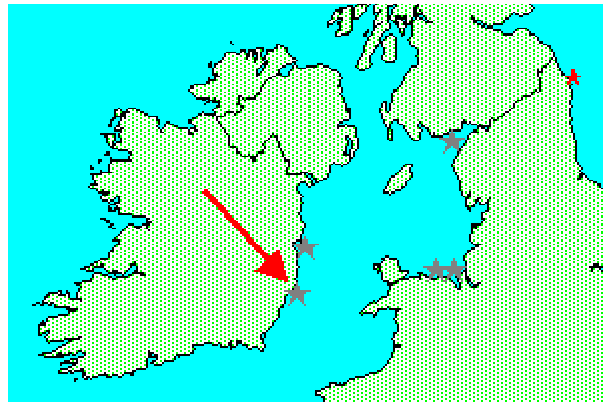
7 x 3.6MW = 25 MW

geringe Wassertiefe (5m)

10 km von Land

extrem unzugänglich

beste Windverhältnisse



Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

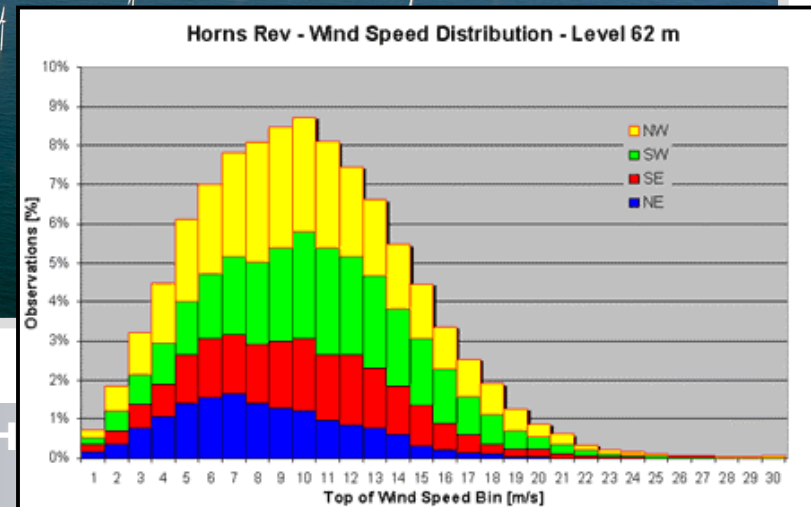
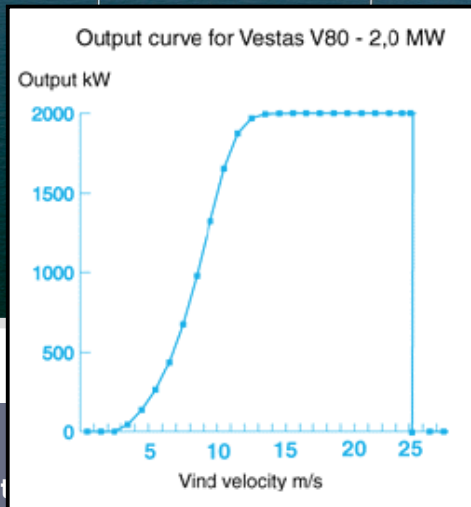
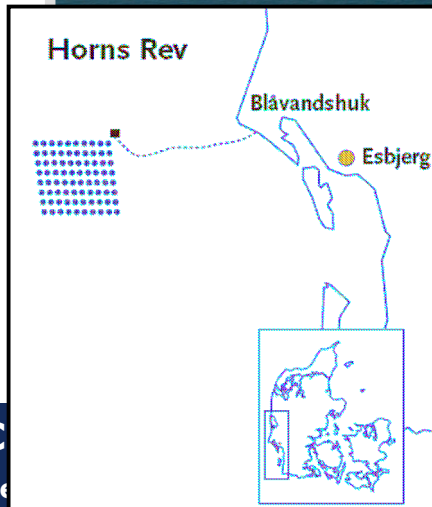
Horns Rev (2002) Project Overview

Project capacity = 160 MW (80 turbines), occupying 5.5 km x 5.4 km area (~ 5 MW per sq.km)

Mean wind speed = 9.7 m/s at 70-m hub height (Class 6)

Annual energy output = 600 GWh (43% capacity factor)

Capital investment = 270 million Euro (= 1.6 k€/kW ??)



Horns Rev 2-MW Turbines Installed Using Self-Propelled A2 SEA Vessels



Center of Excellence
Research Network



North Hoyle 2-MW Turbines Installed Using Towed *Seacore* Jack-Up Rigs



Large Rotor Blades Shipped by Water

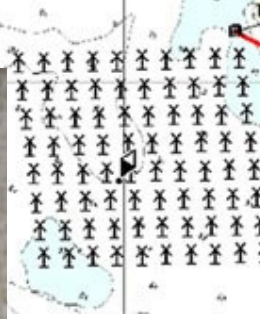


Ce
Res

swig-Hols

Kabelanbindung HornsRev

About 20% of the capital cost for an offshore wind project is in power cabling, grid interconnection equipment, and electrical testing

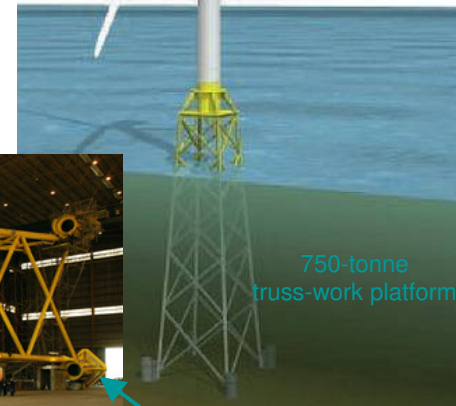


Ce
Res
for Windene
versities of Schles

Largest Existing Offshore Turbine *REpower 5M*



Sep 2004 installation of turbine rotor in onshore prototype at Brunnsbutel, Germany, in Schleswig-Holstein



Lage

Wassertiefe: 50 m



Projektkosten 41 M€

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

Beatrice – Quelle REpower



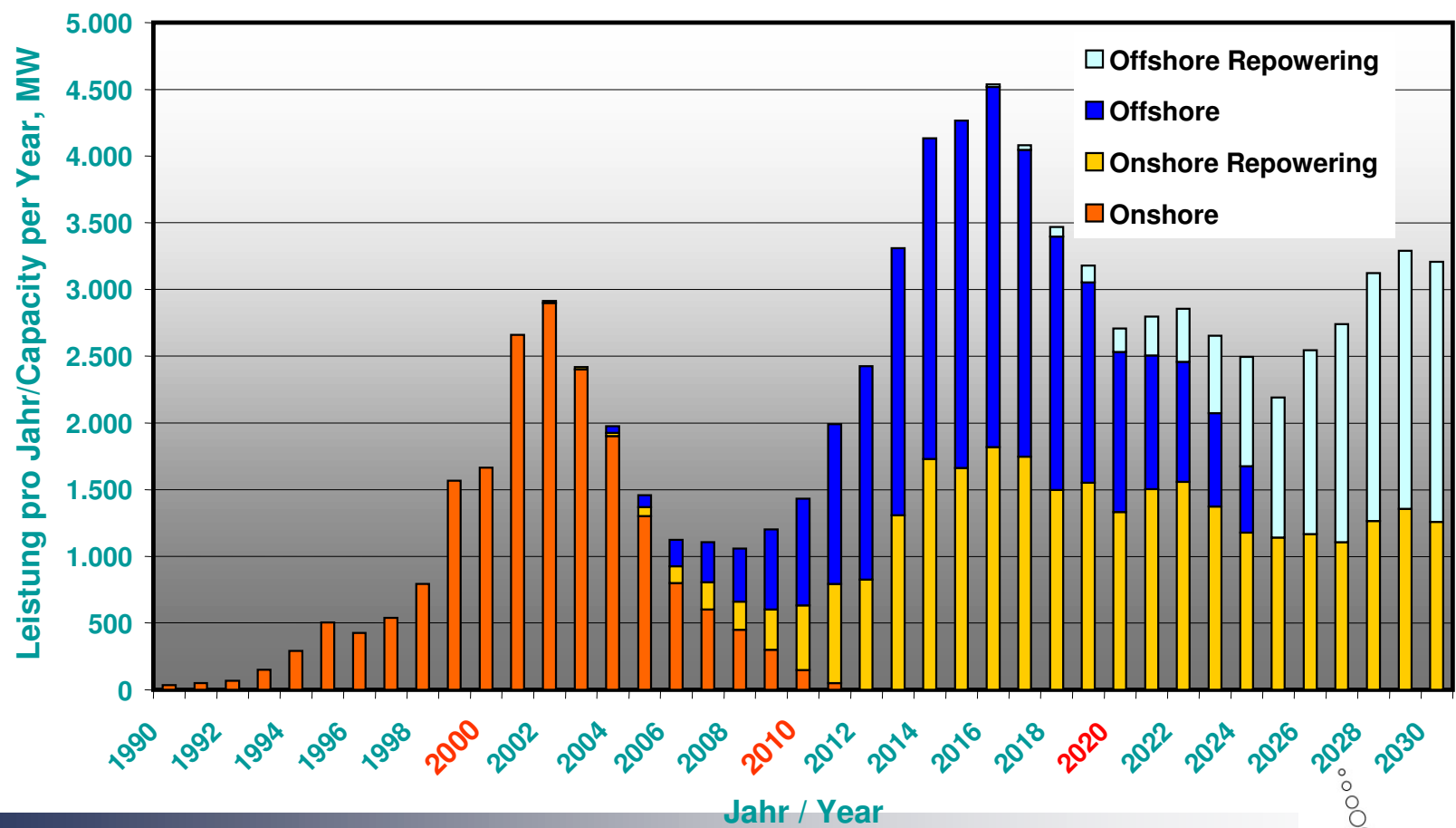
Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

Windparks in der Deutschen AWZ

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Prognose(DEWI-2001) der jährlich installierten Leistung bis 2030 in Deutschland (1 MW = 1.3-3.0 M€ Investment)

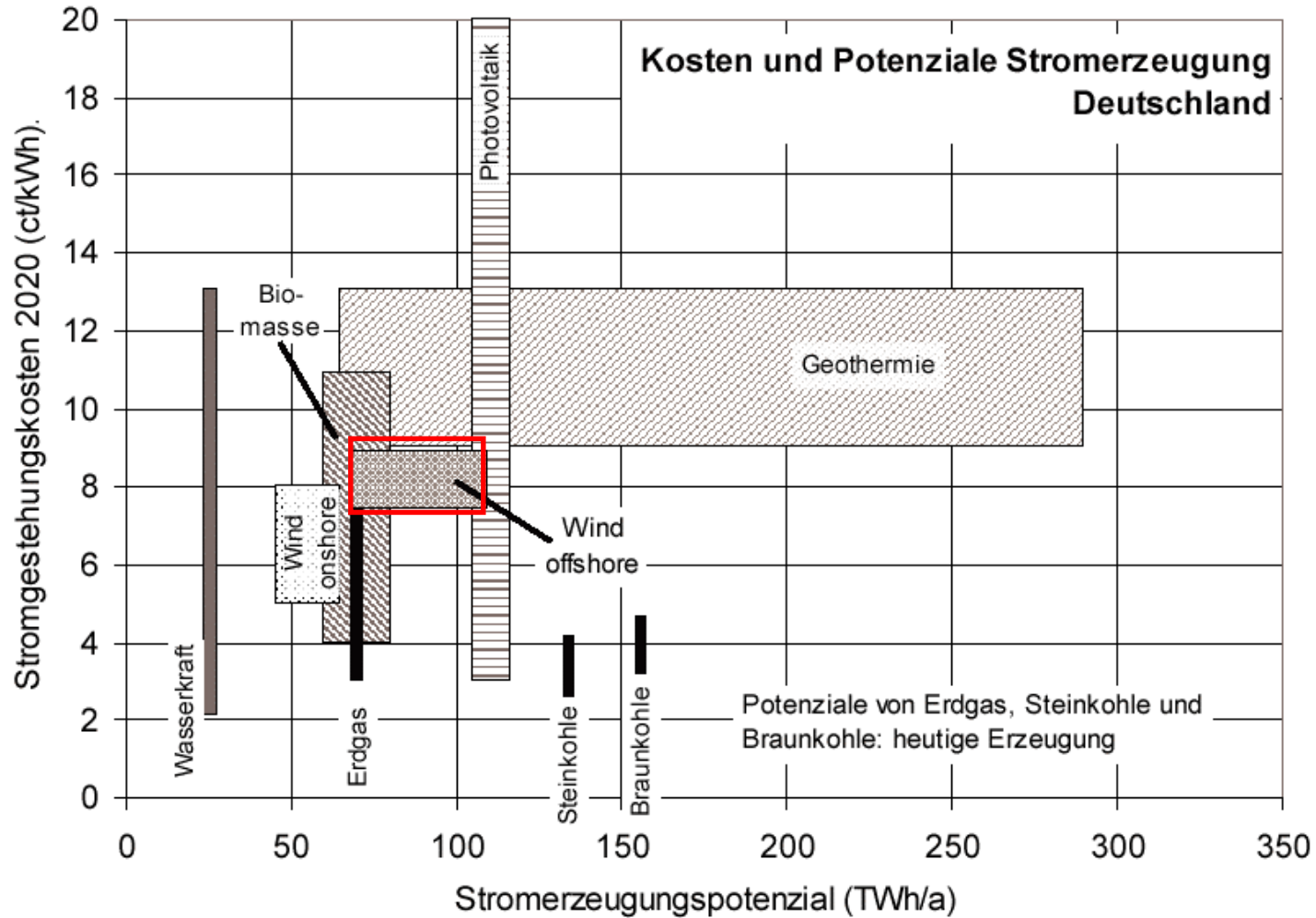


Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
 Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

©Hamburg Messe und Congress



Potential – WAB Studie 2006



Windenergienutzung 2025 BMU 2006/2008

	1990	1995	1998	2005	Ziel 2010	Ziel 2025/30
Leistungsbereitsstellung und Stromproduktion						
Installierte Leistung Onshore / GW	0.06	1.1	2.9	18	24	28
Installierte Leistung Offshore / GW					1	~25
Ökonomie						
Stromgestehungskosten €-Cent / kWh am Referenzstandort (100%) bzw. besten Standort im WMEP (~175%)	13 - 7,5	9 - 5	8 - 5	6,0 - 3,5	5,5 - 3,2	5,0 - 2,9

Onshore: ca. 2200 Volllaststunden

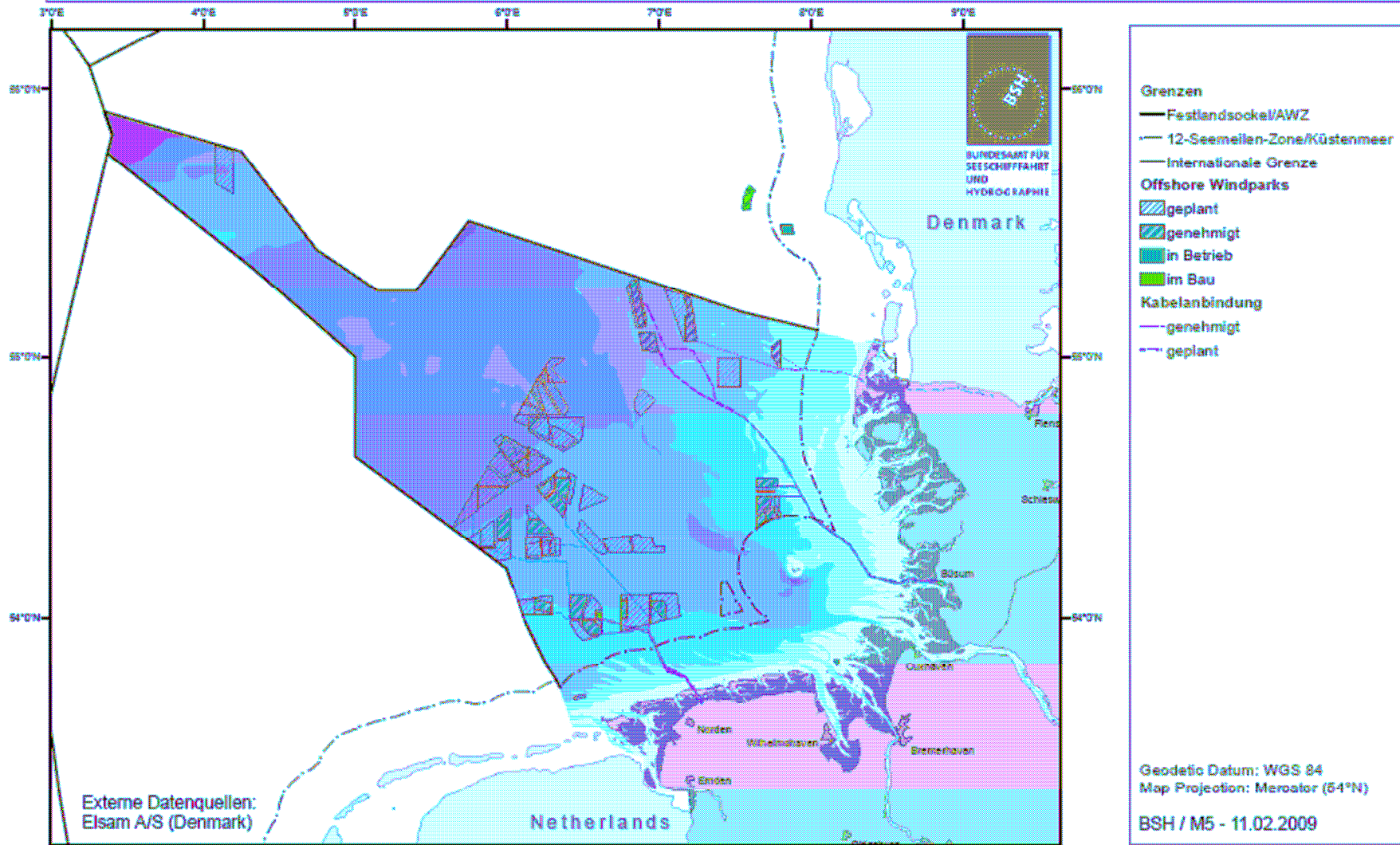
Offshore: ca. 4500 Volllaststunden

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein

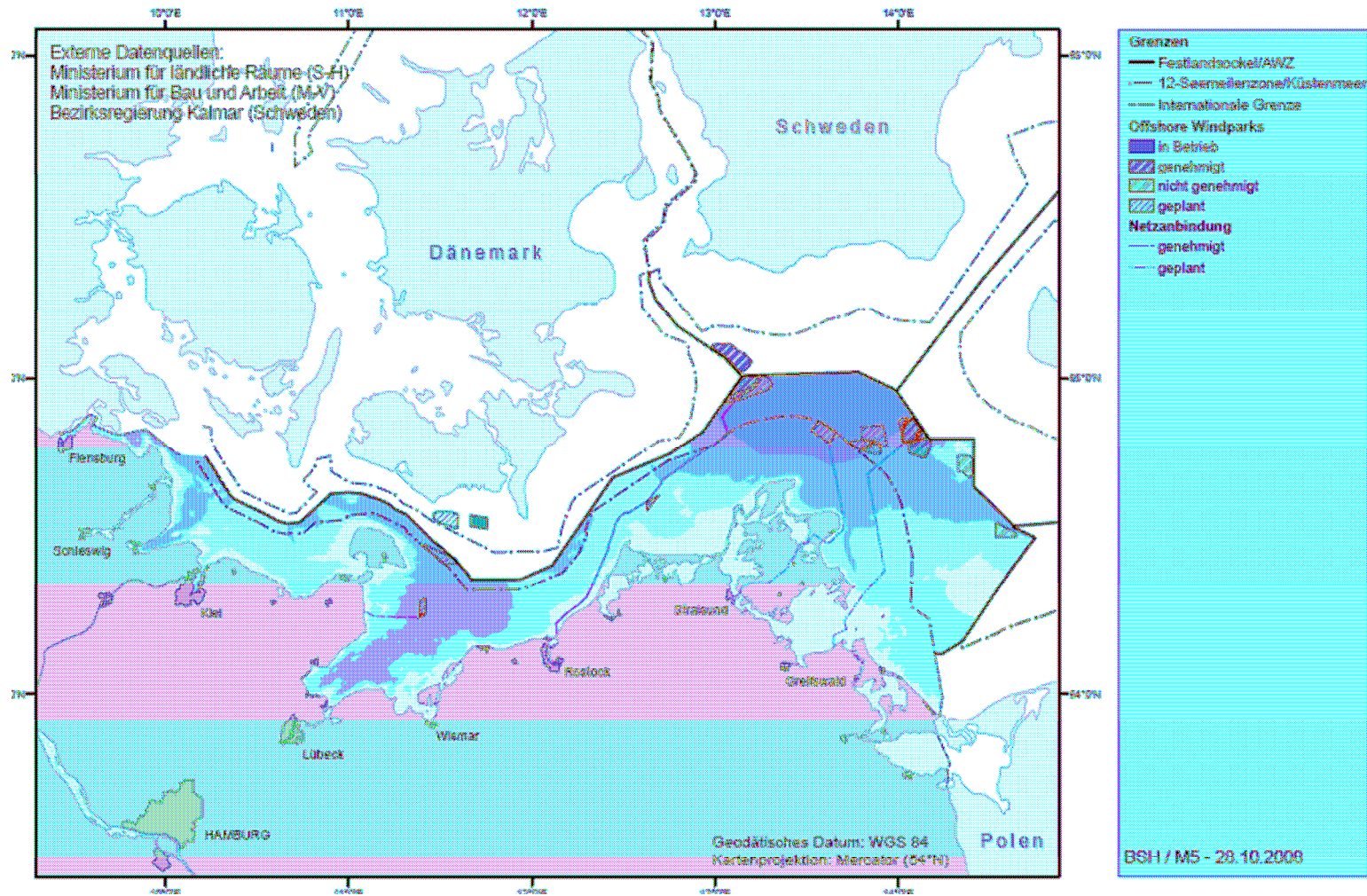
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



Nordsee: Offshore Windparks



Ostsee: Offshore-Windparks



Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
 Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

Zusammenfassung

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein



- Chancen:

 - 15 % Stromerzeugung 2025 (90 TWh)

 - Etablierung neuer Industriezweige

 - Windphysik

- Herausforderungen:

 - Netzanbindung

 - Schiffe, Häfen

 - Kosten, Finanzierung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
Research Network of the Universities of Schleswig-Holstein

