

# Zukunft der Windenergie weltweit

Jens Peter Molly  
DEWI GmbH

Erneuerbare Großprojekte: Wind & Wasser  
Stiftung Energie & Klimaschutz Baden-Württemberg, 29.04.2009, Stuttgart

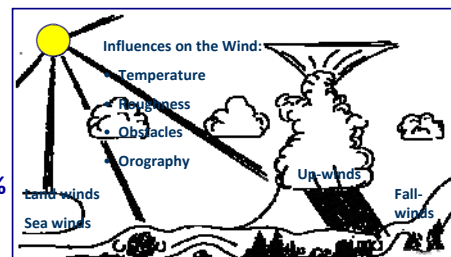
SITE ASSESSMENT . WIND TURBINE ASSESSMENT . GRID INTEGRATION . DUE DILIGENCE . KNOWLEDGE . CONSULTANCY

www.dewi.de



## Theoretische Windenergie Potenzial

Solarstrahlung:	$1.5 \cdot 10^{21}$ Wh/a
Windströmung:	$3.8 \cdot 10^{19}$ Wh/a (2.5%)
Windleistung:	$4.3 \cdot 10^{15}$ W
Inst. Windleistung:	$9.4 \cdot 10^{10}$ W = 0.00054%
Aktuelle weltweite Elektrische Leistungsinst.:	$3.2 \cdot 10^{12}$ W
Anteil Windenergie:	2.9%



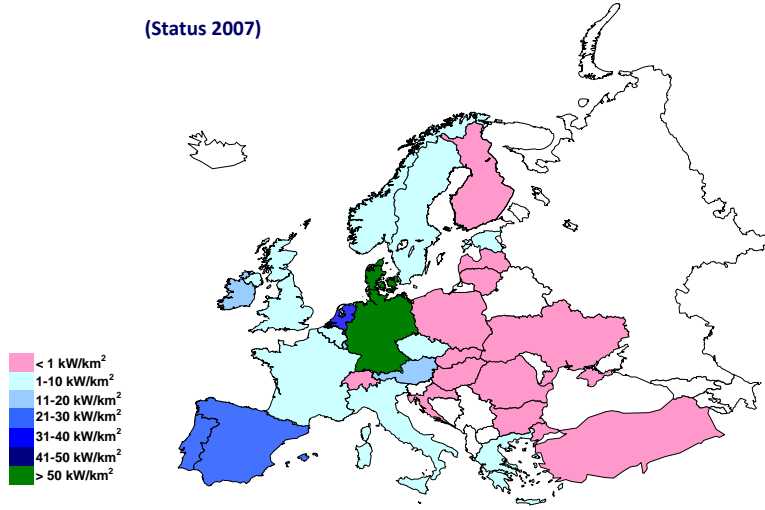
Das Windpotenzial ist 1,300 mal größer als die heute weltweit installierte elektrische Kraftwerksleistung

www.dewi.de



### Windenergie-Nutzung in Europa (kW/km<sup>2</sup>)

(Status 2007)



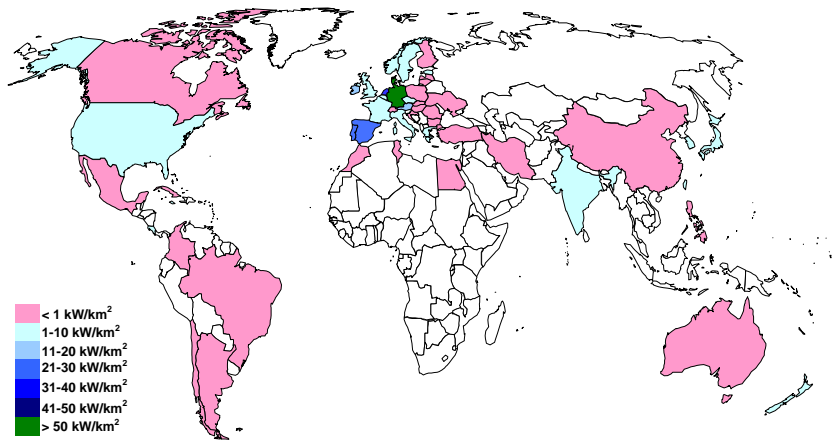
www.dewi.de

Source: GWEC - Global Wind 2007 Report / EWEA



### Globale Windenergie-Nutzung (kW/km<sup>2</sup>)

(Status 2007)



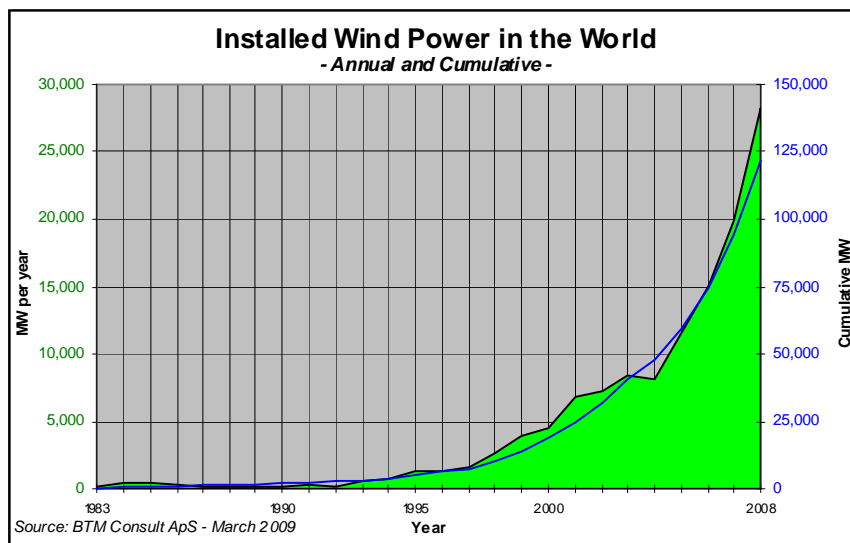
www.dewi.de

Source: GWEC - Global Wind 2007 Report / EWEA



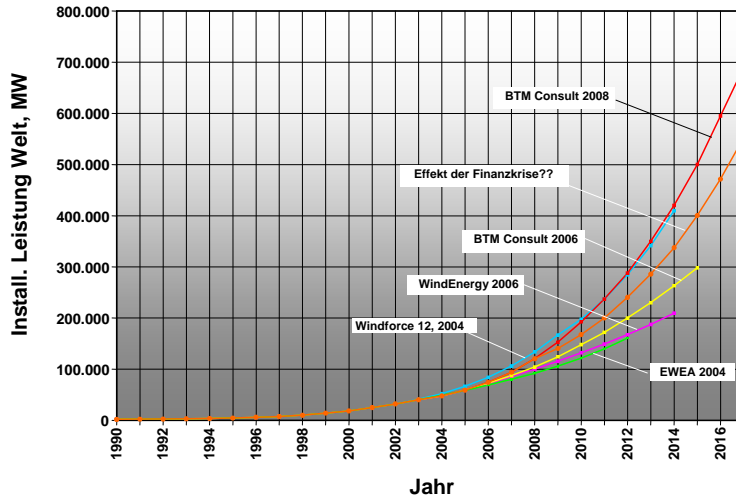
**Szenario:**

<b>Installation 2007 :</b>	<b>94,000 MW</b>
<b>Jährliches Marktwachstum:</b>	<b>20%</b>
<b>Installation 2017:</b>	<b>691,000 MW</b>
<b>Windenergie-Anteil 2017:</b>	<b>6% des Stromverbrauchs</b>
<b>Industrie:</b>	<b>&gt; 1,000,000 Arbeitsplätze</b>
<b>Mögliche installierte Leistung bei Nutzung von 0.7% der Landfläche für Windenergie:</b>	<b>10 TW (0.2% of resource)</b>
<b>Windturbinen-Größe:</b>	<b>&gt; 10 MW</b>

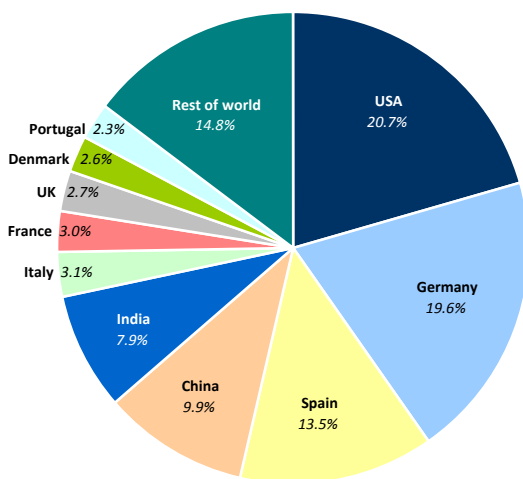


Wachstumsprognose der installierten Windleistung

Was könnte die Auswirkung der Finanzkrise sein?



www.dewi.de



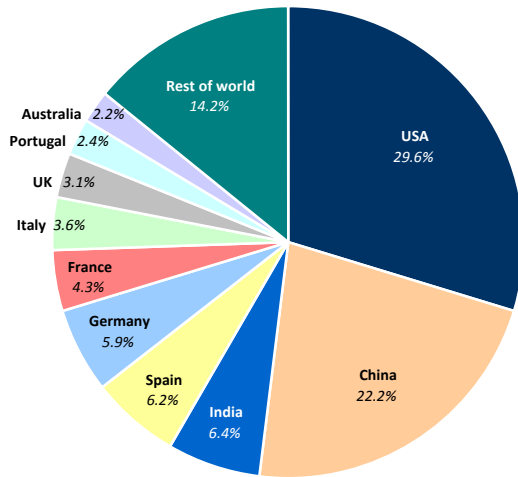
	in MW	31.12.2008
USA		25237
Germany		23933
Spain		16453
China		12121
India		9655
Italy		3731
France		3671
UK		3263
Denmark		3159
Portugal		2829
Rest of world		18106
<b>Total</b>		<b>122158</b>

Total wind power capacity worldwide (status 31.12.2008): 122,158 MW  
 Weltweite Windenergieleistung (Stand 31.12.2008): 122.158 MW

www.dewi.de

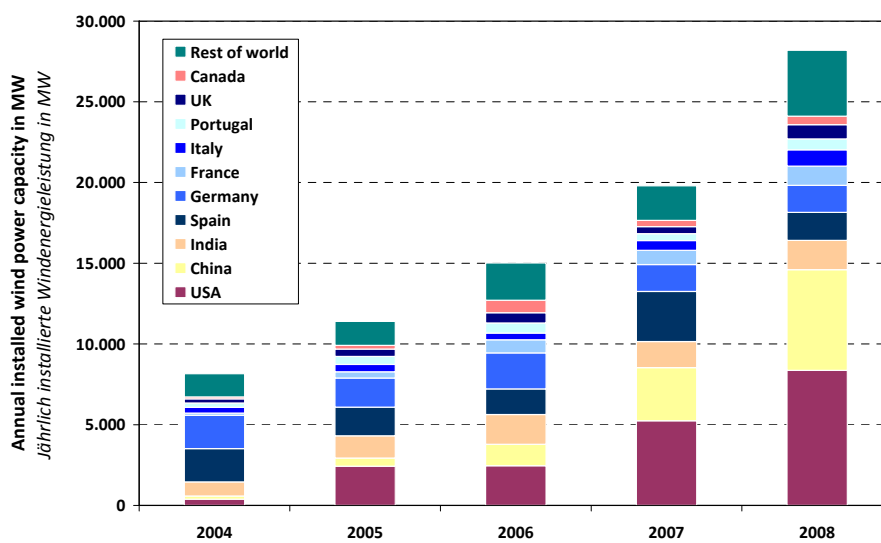
Quelle: BTM Consult (DK), 03/2009

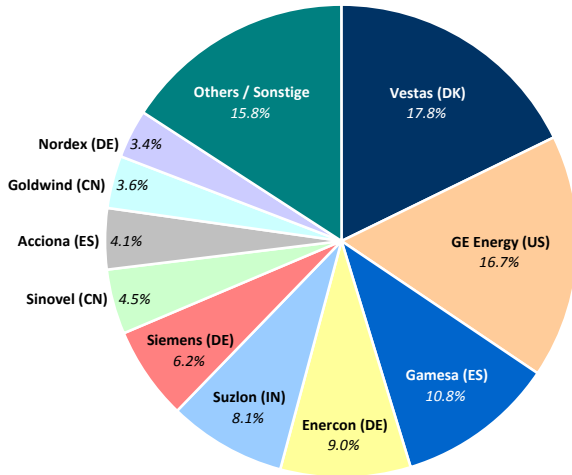




MW install.	in 2008
USA	8358
China	6246
India	1810
Spain	1739
Germany	1665
France	1200
Italy	1010
UK	869
Portugal	679
Australia	615
Rest of world	3999
<b>Total</b>	<b>28190</b>

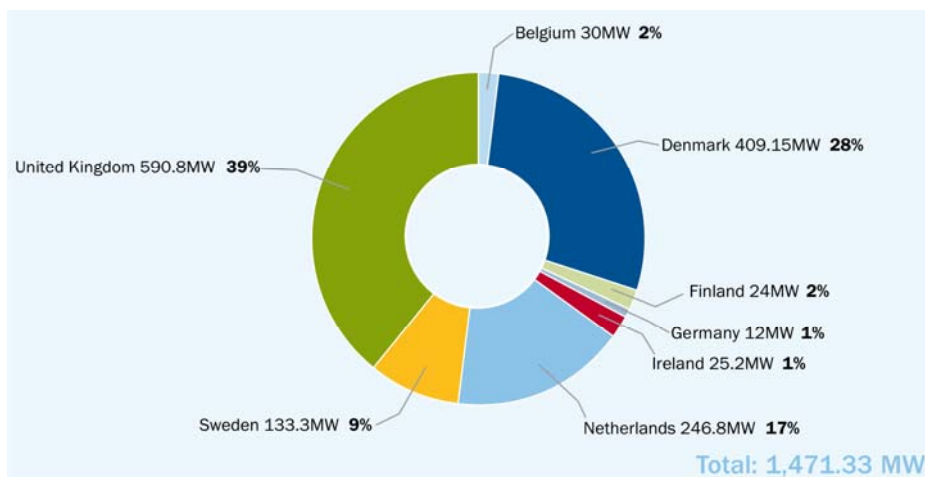
Total wind power capacity **installed** worldwide in 2008: 28,190 MW  
 Weltweit *installierte* Windenergieleistung in 2008: 28.190 MW

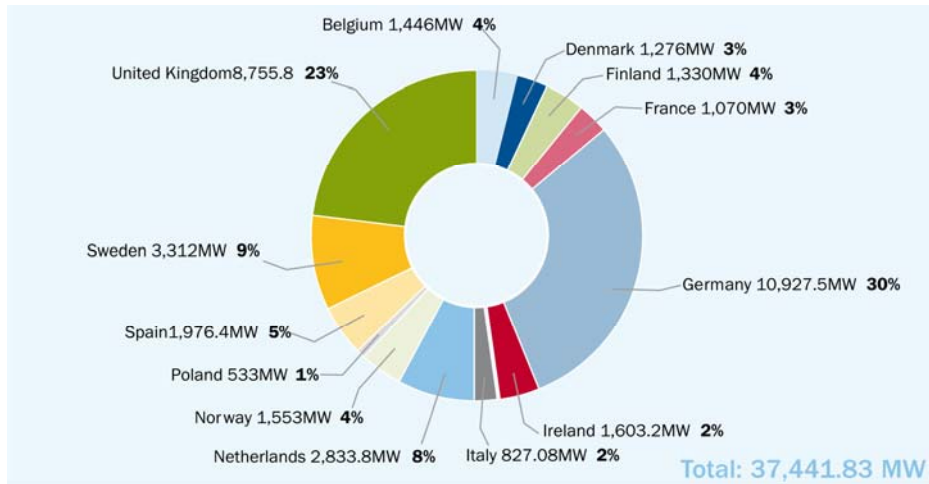




MW supplied	in 2008
Vestas (DK)	5581
GE Energy (US)	5239
Gamesa (ES)	3373
Enercon (DE)	2806
Suzlon (IN)	2526
Siemens (DE)	1947
Sinovel (CN)	1403
Acciona (ES)	1290
Goldwind (CN)	1132
Nordex (DE)	1075
Others	4954
<b>Total</b>	<b>31326</b>

Total wind power capacity supplied worldwide in 2008: 31,326 MW  
 Weltweit gelieferte Windenergieleistung in 2008: 31.326 MW

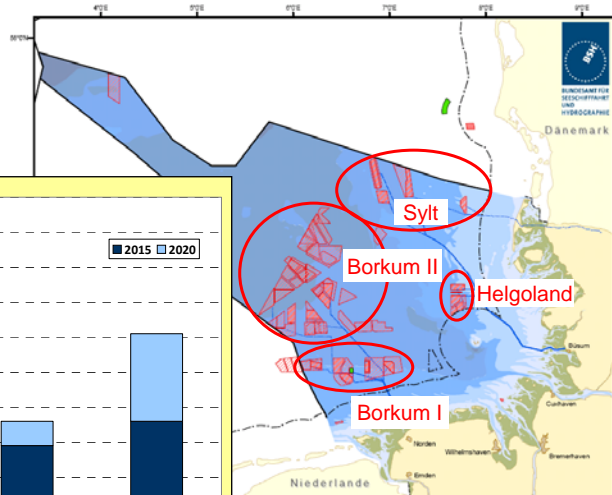
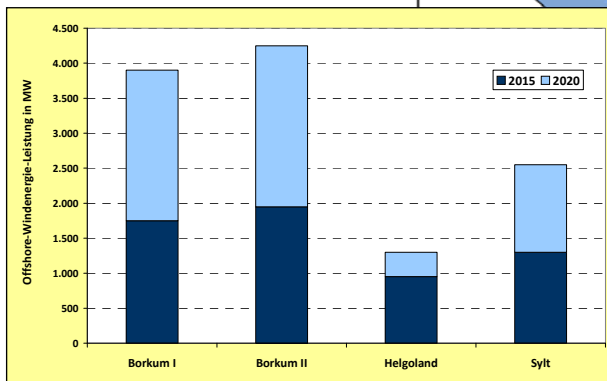




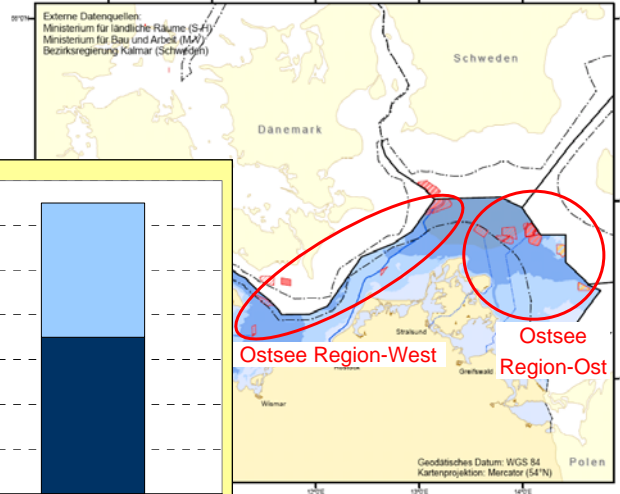
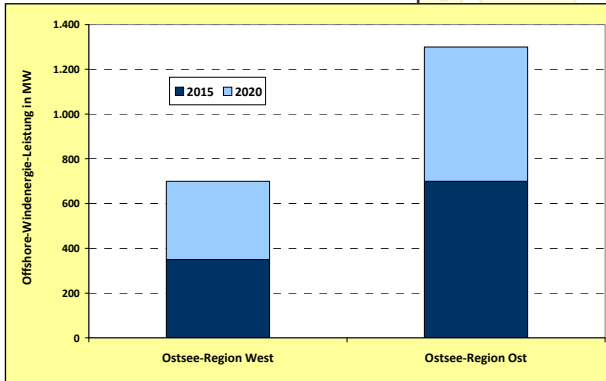
Prognose EWEA: Bis 2015 wird das 25-fache der Installation des Jahres 2008 erwartet



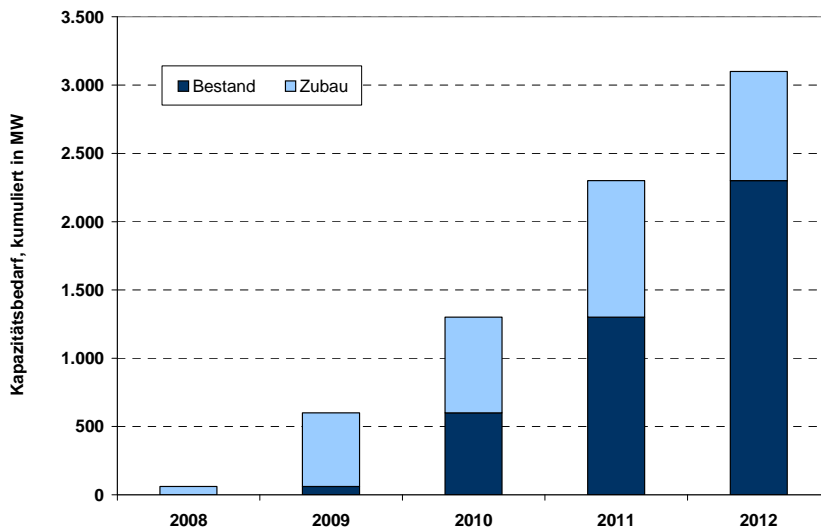
2015: 5.950 MW  
2020: 12.000 MW



2015: 1.050 MW  
2020: 2.000 MW



Erwarteter Kapazitätsbedarf für Offshore-Windparks in der Nordsee



## Technische Entwicklung

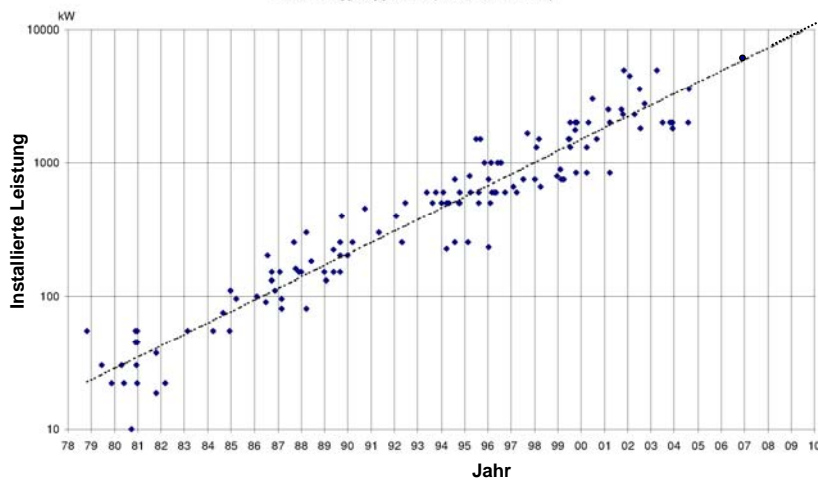
## Künftige Herausforderungen der Windenergie

- **Technische Ausführung der Windturbinen**  
*Reduktion der Beanspruchungen, Erhöhung der Lebensdauer, neue Materialien & Fertigungsmethoden*
- **Langzeit Windenergie-Vorhersagen**  
*Reduktion der wirtschaftlichen Risiken*
- **Kurzzeit Windleistungs-Vorhersagen**  
*Integration der Windleitung in das Transport- und Verteilungsnetz*
- **Offshore Anwendung**  
*Zuverlässigkeit, Wartung, Optimierung der Fundamentstrukturen*

## Größenentwicklung der Windturbinen

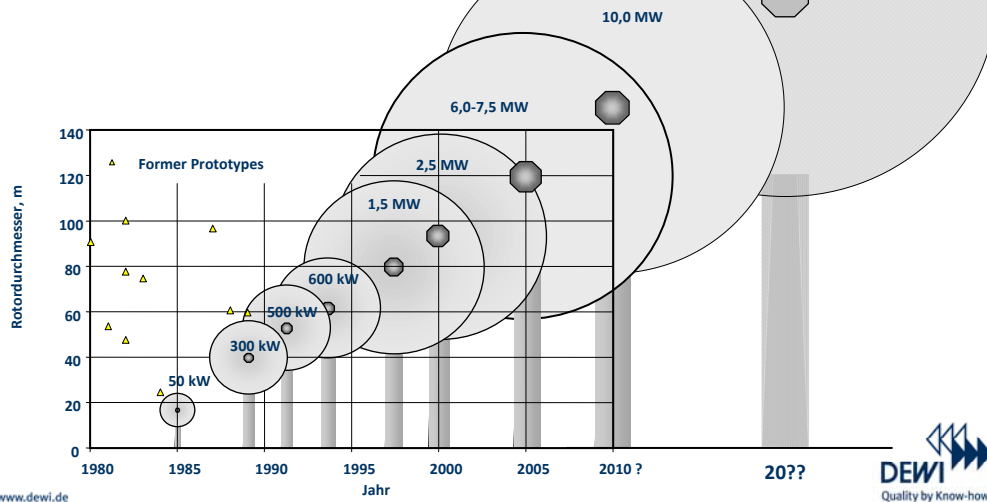
## Größe der Windturbinen

Development in nominal power for electricity producing wind turbines  
Based on type approvals (DVN, Risø and GL)



Source: Thomas Krogh, RISØ

## Größenentwicklung der Windturbinen



## Limitierende Faktoren für das weitere Größenwachstum

- Transport (Länge, Massen)
- Montage (Längen, Massen)
- Blattspitzengeschwindigkeit (Geräusch, Erosion, Trägheitsmoment des Querschnitts)
- Herstellung (Materialdicken, Herstellungsungenauigkeiten, Methoden der Qualitätskontrolle)
- Verlangte Komponentensteifigkeiten
- Materialeigenschaften

## **Triebstrangkonzepete**

### **Prinzipielle Schwierigkeit beim Entwurf von Windturbinen**

- **Automobile sind für 5.000 Betriebsstunden ausgelegt**
- **Windturbinen müssen 160.000 Betriebsstunden absolvieren**
- **Hohe Anforderungen an Auslegung und Qualität müssen erfüllt werden, sonst sind 160.000 Betriebsstunden nicht erreichbar**
- **Ohne Innovation im Entwurf nehmen beim Vergrößern der Windturbine die Massen schneller zu als der Energieertrag**  
⇒ **abnehmende Wirtschaftlichkeit**
- **Folge: Steigende Elastizität durch Materialeinsparung was beim Entwurf beachtet werden muss**

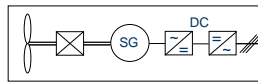
## Getriebe + Generator - Konzepte

### Konstante Rotordrehzahl (F)

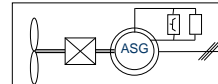


F1: Direkt netzgekuppelter Asynchrongenerator

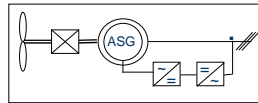
### Variable Rotordrehzahl (V)



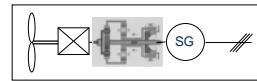
V1: Synchrongenerator mit Vollumrichter



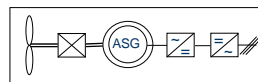
V2: Asynchrongenerator mit Schlupfkontrolle



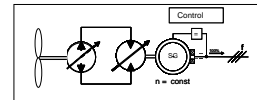
V3: doppeltgespeister Asynchrongenerator



V4: Synchrongenerator mit variablem Getriebe

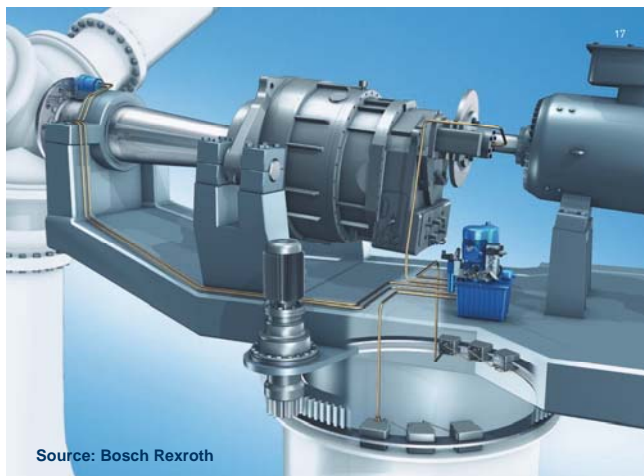


V5: Asynchrongenerator mit Vollumrichter



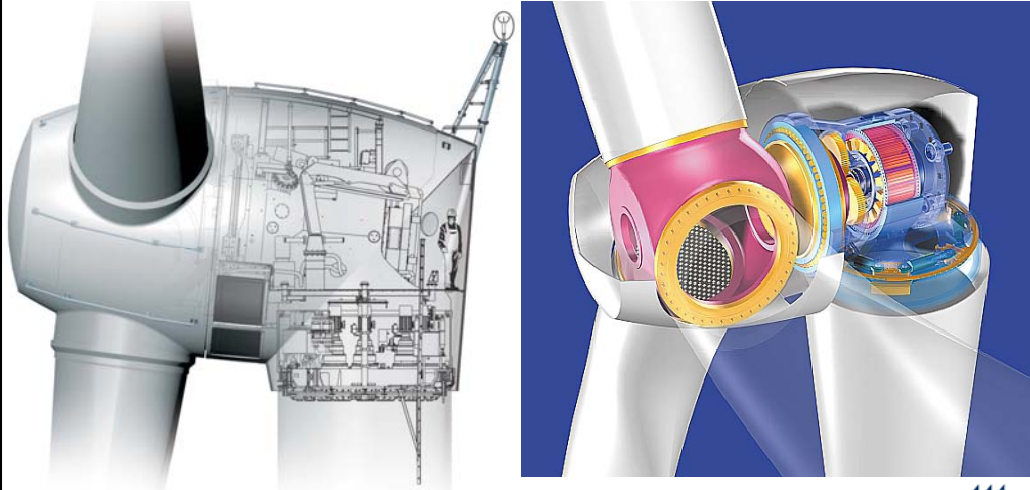
V6: Synchrongenerator mit hydrostatischem Getriebe

## Konventioneller Triebstrangentwurf



Source: Bosch Rexroth

### Multibrid M 5000

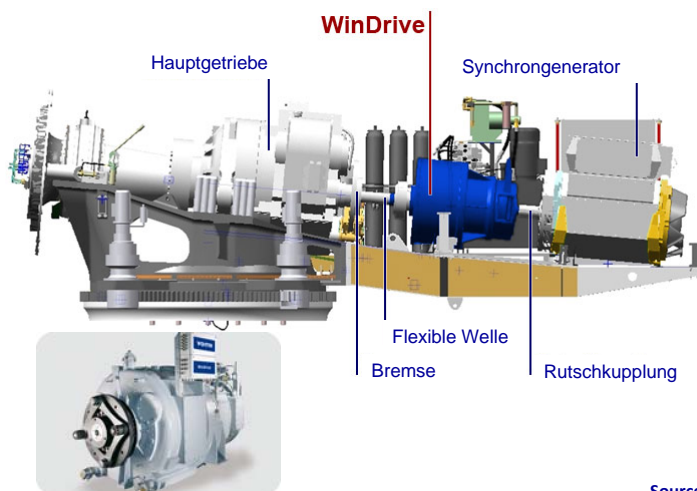


Integrierter Maschinensatz aus Rotorlager - Getriebe - Generator

www.dewi.de



### Voith WinDrive für Variable Rotordrehzahl mit Synchrongenerator Zwischengeschaltetes hydraulisch/mechanisches Getriebe + Synchron Generator

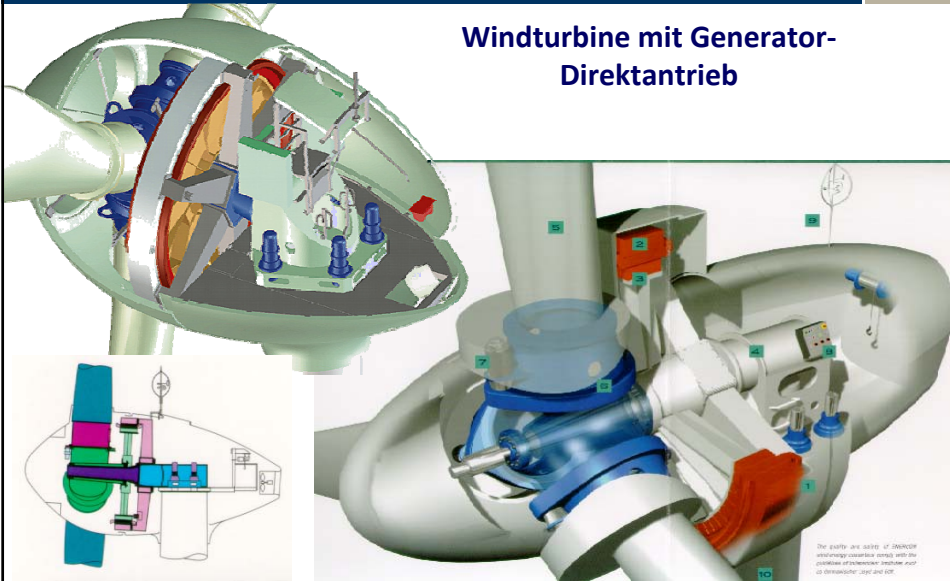


www.dewi.de

Source: Voith Turbo



### Windturbine mit Generator-Direktantrieb



www.dewi.de

Source: Manufacturer



### Rotorblatt

www.dewi.de





› Rotorblatt

Page 31

Rotorblatttesteinrichtung am Fraunhofer IWES

Aktuell: 70m Blattlänge

Künftig: 90m Blattlänge



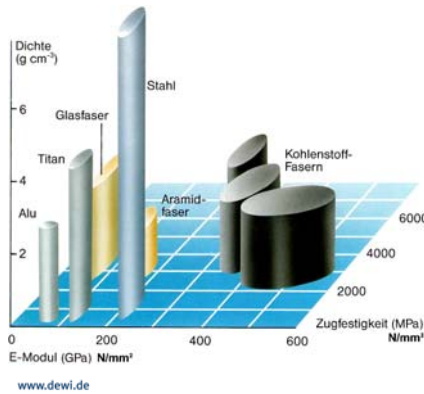
[www.dewi.de](http://www.dewi.de)

Quality by Know-how

### Geteiltes Rotorblatt

**Blattmaterialien:**

- › **Glasfaserkomposit (GFK)**
- › **Kohlefaserkomposit (CFK)**
- › **Stahl/GFK/CFK**

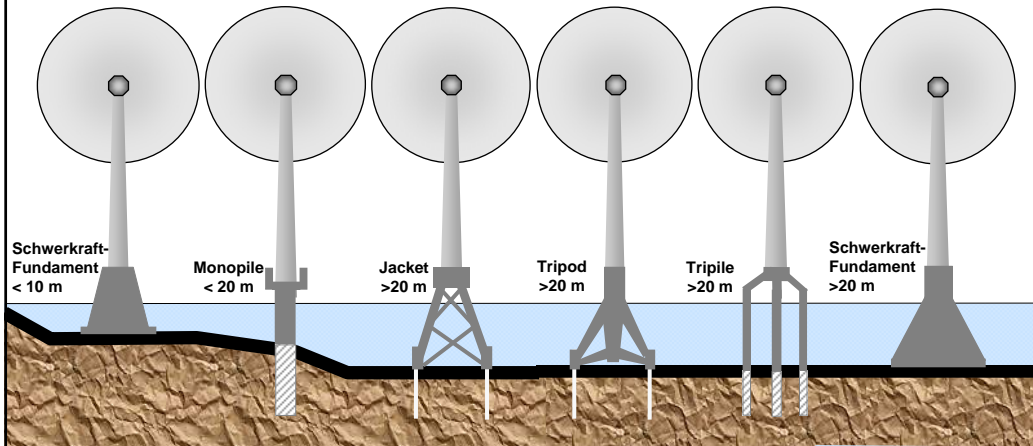


Source: Enercon Windblatt 1/2008



## Offshore

### Off-shore Fundamente



Welches Fundament ist das ökonomischste?

### Fundamente von Off-shore Windturbinen



Monopile  
GE 3.6

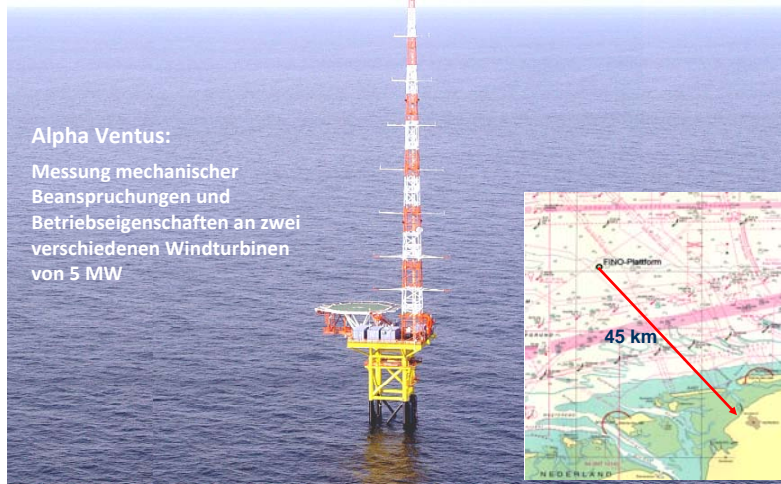
Jacket  
REpower 5M

Tripod  
Multibrid M 5000

Tripile  
Bard VM

Schwerkraft-Fund.  
REpower 5M

### Alpha Ventus Offshore Testfeld nahe der FINO-Plattform 2 Hersteller, 12 Turbinen, 60 MW Gesamtleistung



**Alpha Ventus:**  
Messung mechanischer Beanspruchungen und Betriebseigenschaften an zwei verschiedenen Windturbinen von 5 MW

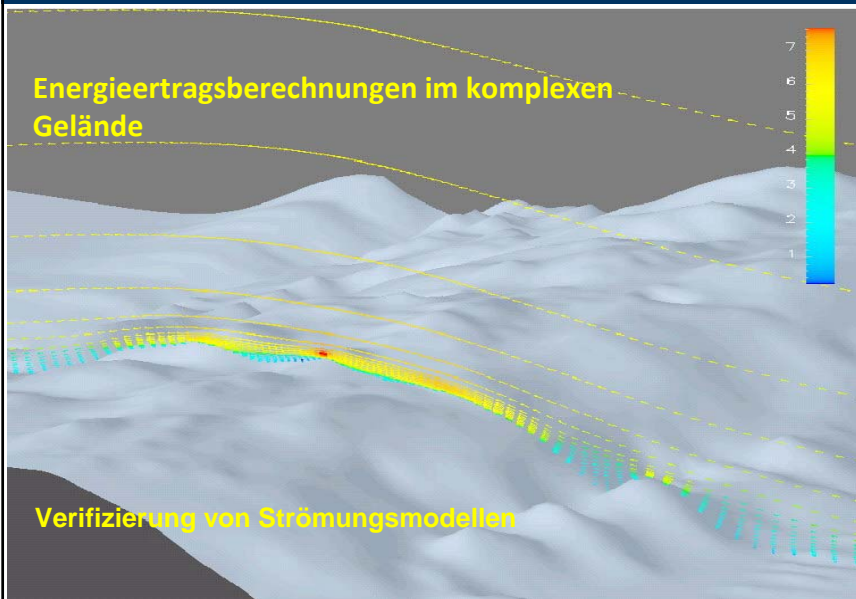
www.dewi.de



## Energie- und Leistungsvorhersagen

www.dewi.de

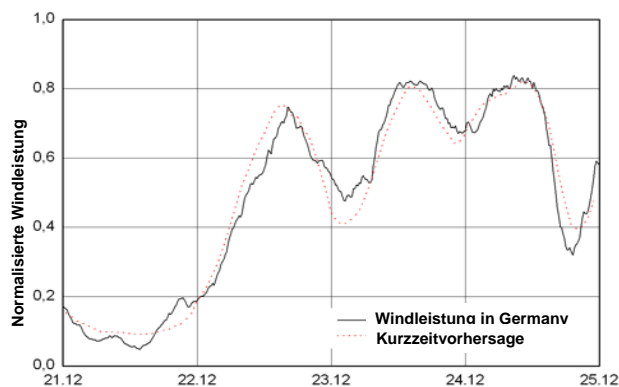




www.dewi.de



### Verbesserung der Kurzzeitvorhersagen

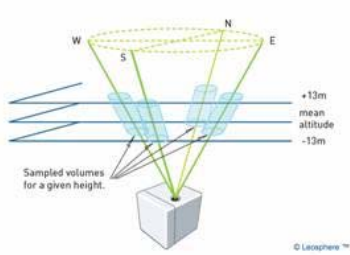


www.dewi.de

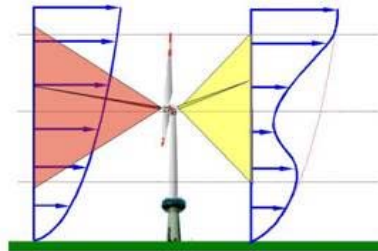
Source: <http://reisi.iset.uni-kassel.de>



### Windgeschwindigkeitsmessungen mit LIDAR Systeme



**Bodengestütztes LIDAR-system**



**Gondelgestütztes LIDAR-system**