

Windenergietechnik als Arbeitsgebiet für Physikerinnen und Physiker

Uwe Ritschel

Lehrstuhl für Windenergietechnik

Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock

Themen

- Windindustrie in Rostock und Stiftungslehrstuhl
- Einige Grundlagen der Windenergietechnik
- Trends und Gestehungskosten
- Jobs und Arbeitsbereiche für Physikerinnen und Physiker
- Schlussbemerkungen

Windenergieregion Nordost. Das Energieland für ganz Deutschland.

Die Produktion von Energie und deren Transfer hat eine zunehmende Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Die Ausweisung neuer Windeignungsgebiete und der Netzausbau bilden dabei die Basis für weiteres Wachstum.

Windenergie sorgt für Energieversorgung

Die Windenergie ist als Teil des Energiemixes ein wesentlicher Baustein der Energieversorgung und wird in Zukunft den wohl größten Anteil zur Erzeugung erneuerbarer Energien beitragen. Die Nordost-Region (MV) ist bei dieser Entwicklung mit über 2.338 Megawatt installierter Onshore-Windenergieleistung bei 1.612 aufgestellten Windenergieanlagen führend.

(Stand: 31.12.2013, Quelle Studie: Deutsche WindGuard GmbH)
Nach dem Bau des ersten kommerziellen Offshore-Windparks in der deutschen Ostsee – EnBW Baltic 1 mit 21 Windenergieanlagen (Gesamtleistung 48,3 MW) entsteht derzeit mit EnBW Baltic 2 der zweite Offshore-Windpark vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns. Mit 80 Windenergieanlagen und einer Gesamtleistung von 288 MW wird der Anteil weiter erhöht. Mit einem jährlichen Ertrag von rund 1,2 Milliarden kWh kann EnBW Baltic 2 rund 340.000 Haushalte im Jahr versorgen. Insgesamt werden in Deutschland bereits über rund 34.000 Megawatt aus Windenergie gewonnen. Um den Strom aus dem Norden zu den Großverbrauchern in die Ballungszentren zu transportieren ist ein weiterer Leitungsausbau notwendig,



Windenergie-Industrie
Produkte und Dienstleistungen
für den Weltmarkt

Quelle: Broschüre des WEN

Besonders im Großraum Rostock

- Hersteller von WEA (Nordex, Suzlon, ENO, ...)
- Ingenieurgesellschaften
- Windpark- Projektierer ... 60% elektrische Energie durch WEA
- Zulieferer für Offshore-Windindustrie (EEW-SPC, Nordic Yards, ...)
- Wind Energy Network (WEN) ca. 150 Mitglieder
- Ca. 7000 Jobs durch Windindustrie in Mecklenburg-Vorpommern

Quelle: Broschüre des WEN

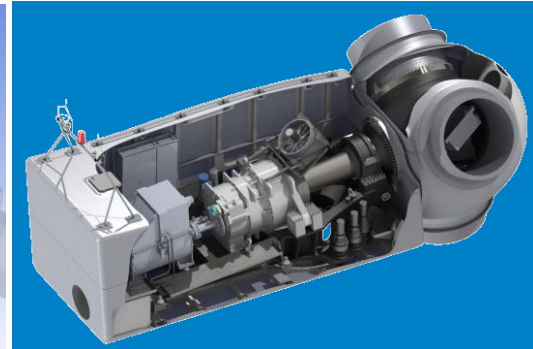
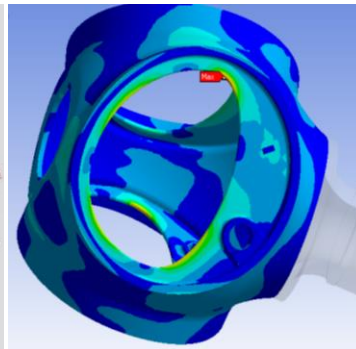
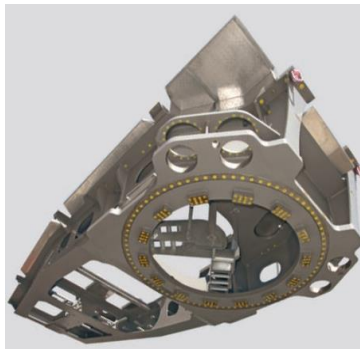
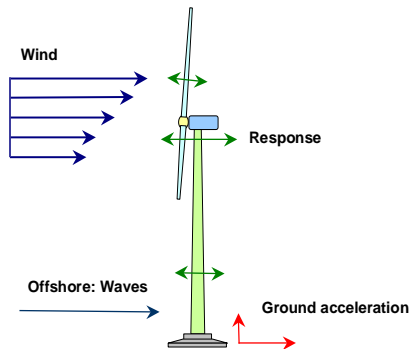


Ingenieurdienstleistungen für die Windindustrie (seit 2002)

Kröpeliner Str. 4 , D-18209 Bad Doberan

www.windrad-online.de

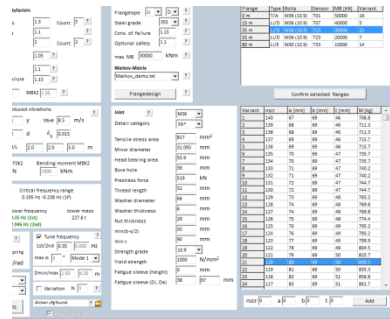
Komplettentwicklung



Training



Software



Test/Messungen



Bespiele für Komplettentwicklungen

HYOSUNG

Hyosung HS90



GARUDA®
Wind is life!

Garuda 700



PS1800



Geoho 2MW



Eleon3-116



Lehrstuhl für Windenergietechnik

(bis 2018 Stiftungslehrstuhl, gestiftet durch Nordex SE)



© Windrad Engineering GmbH

- Stiftungslehrstuhl 2014, Verstetigung 2018
- Lehre: Beteiligung an 6 Studiengängen
- Motivation: Verbesserung Windenergietechnik, Beiträge zur Energiewende
- Grundlagen-, Verbundforschung und Auftragsforschung
- Finanzierung vorwiegend durch Drittmittelprojekte
- Zurzeit 14 Mitarbeiter (4 fest angestellte, 7 Doktoranden, 2 Postdocs/Habilitanden)

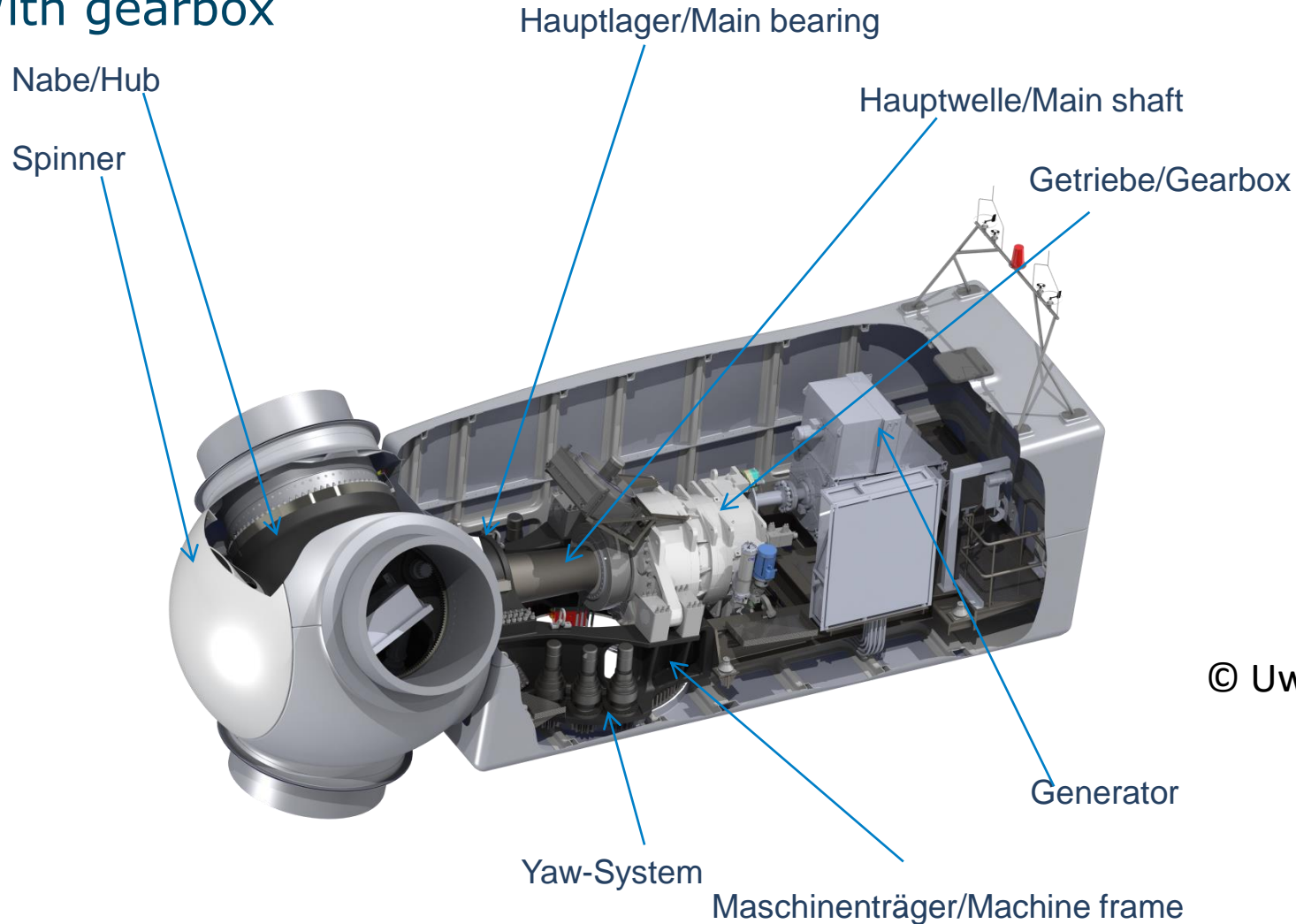


<https://www.nordkurier.de/mecklenburg-vorpommern/windkraftgegner-wollen-mit-eigener-partei-zur-landtagswahl-antreten>



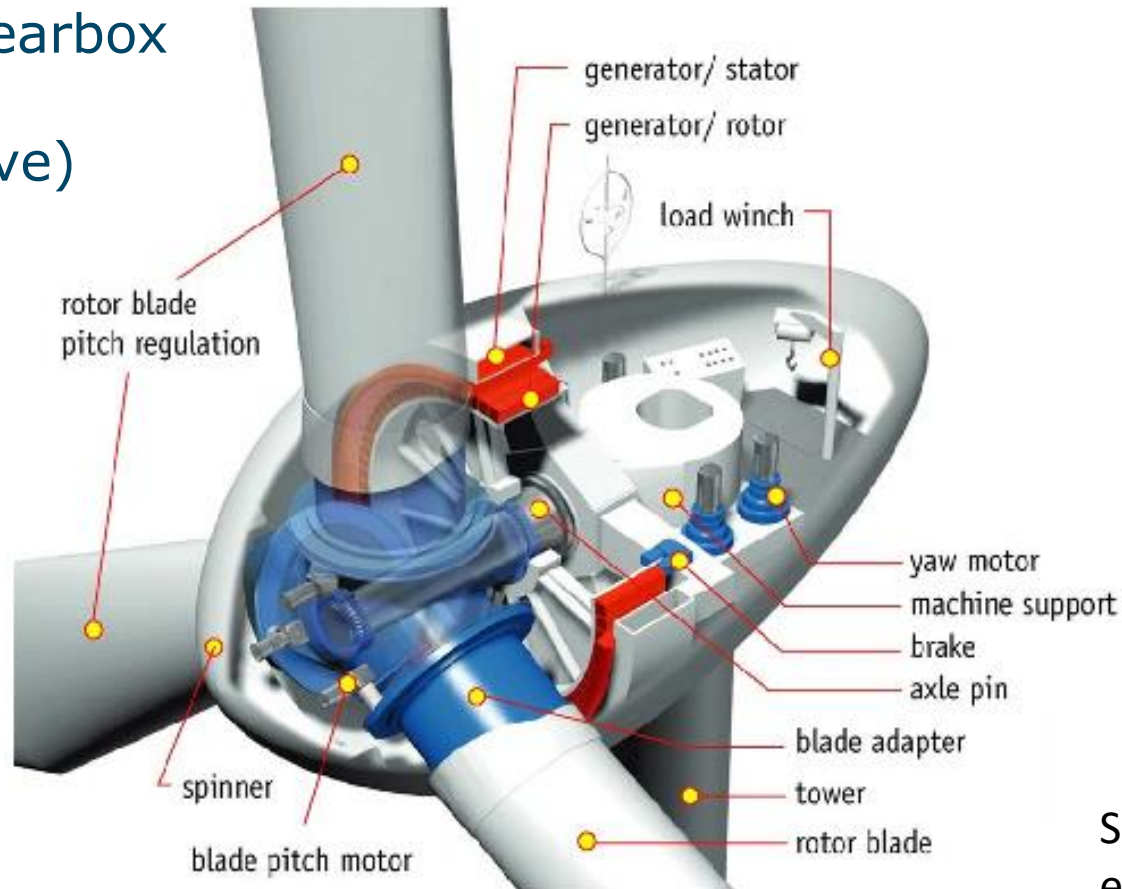
<https://freier-horizont.de/partei/>

With gearbox



© Uwe Ritschel

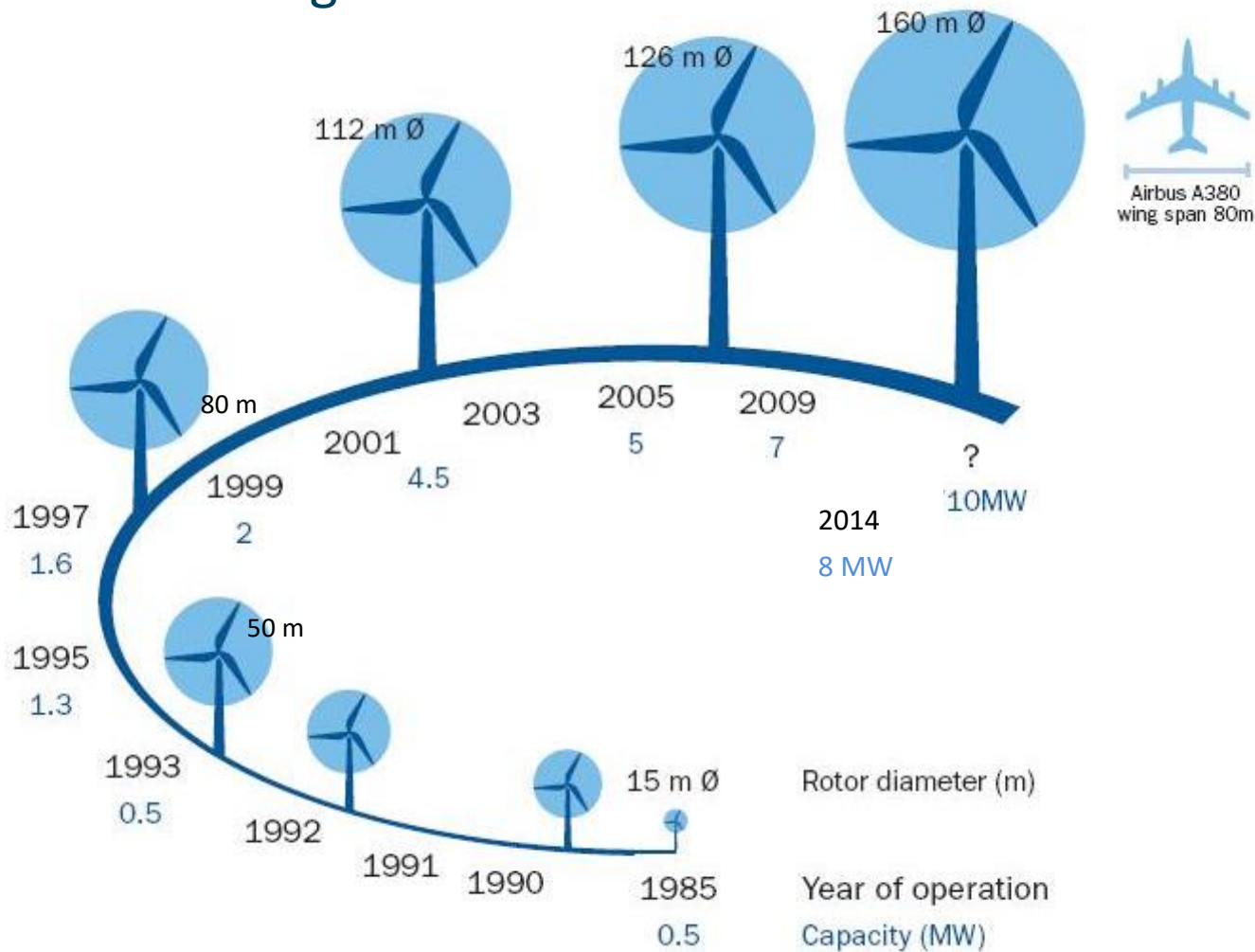
Without gearbox (direct drive)



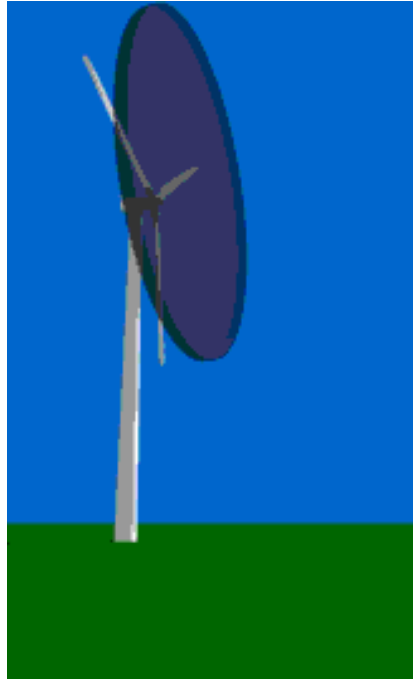
Source: <http://add-energy.ro>

Drivetrain without gearbox, example Enercon wind turbine

Größenentwicklung WEA



<https://planetsave.com/2013/10/11/wind-turbine-commercial-displays-wind-turbines-like-boss/size-evolution-of-wind-turbines/>

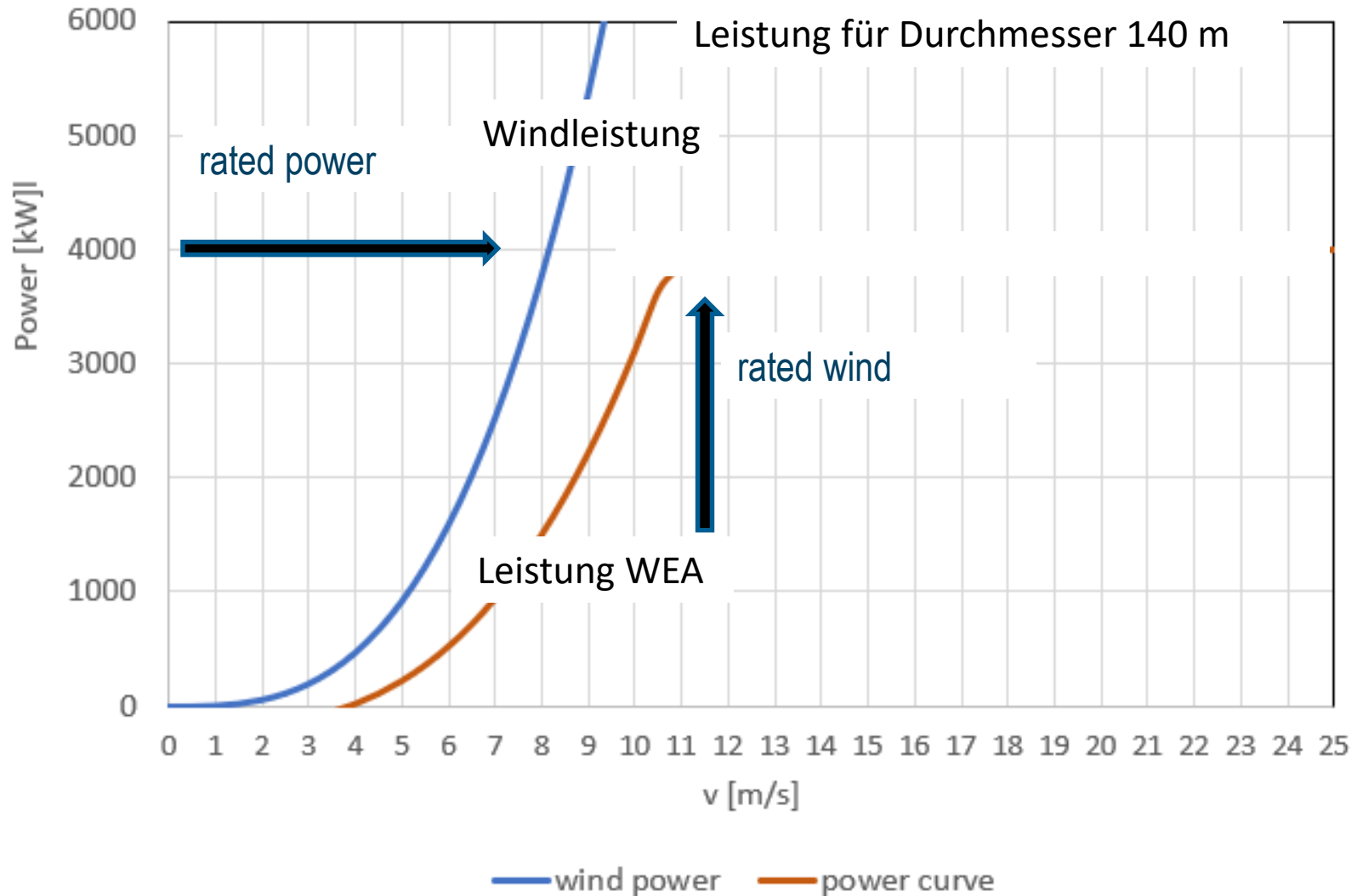


© 1998 www.WINDPOWER.org

Leistung des Windes : $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ Luftdichte $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$

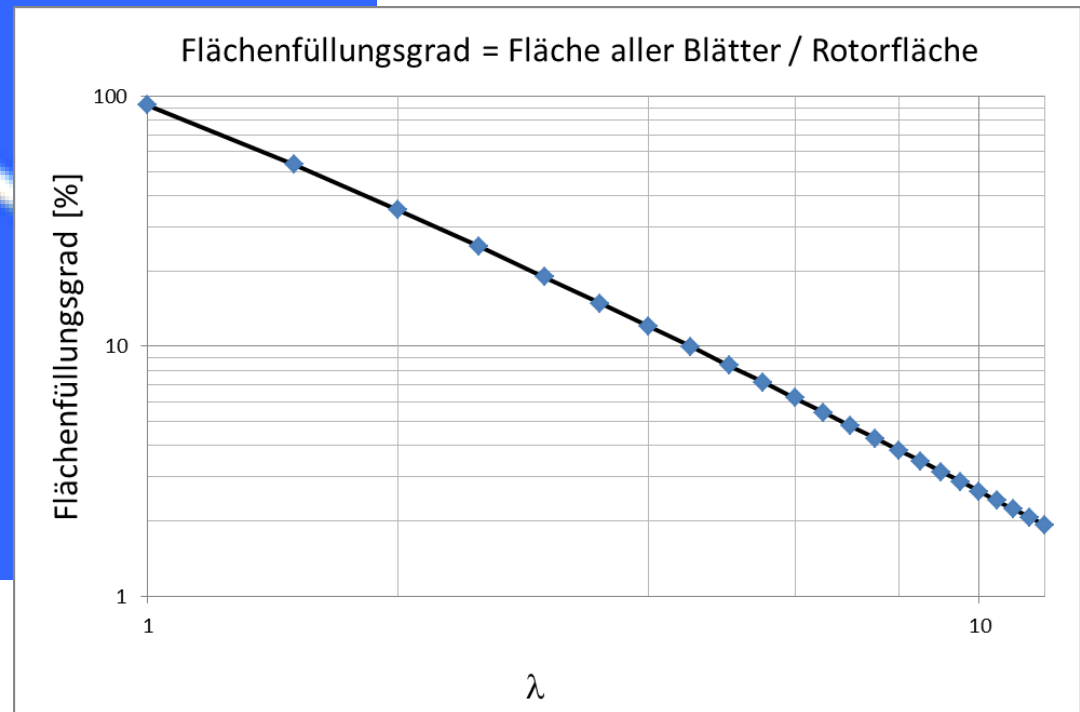
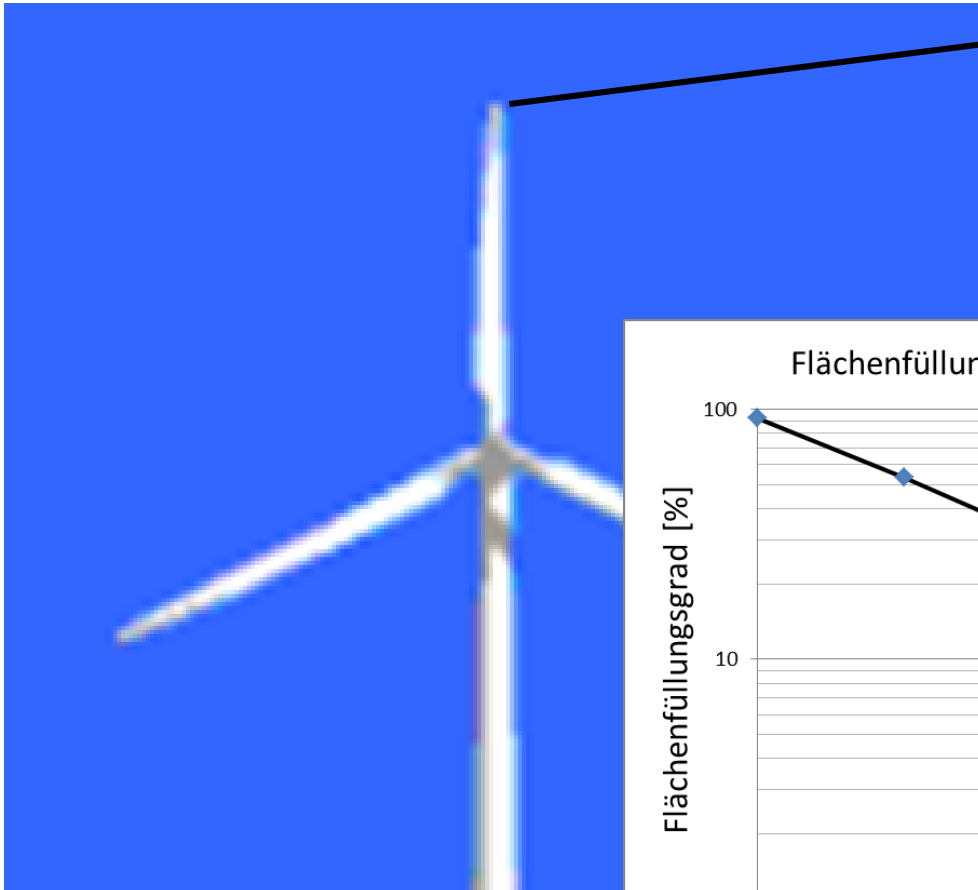
Entnommene Leistung : $P_{\text{ex}} = C_p \cdot P$

$C_{p \text{ aer}} \approx 0.5$ (aerodynamisch) $C_{p \text{ gesamt}} \approx 0.45$ (inkl. weitere Verluste)



Geschwindigkeit der Blattspitze
spielt wichtige Rolle

Schnelllaufzahl $\lambda = v_{\text{tip}}/v_{\text{Wind}}$

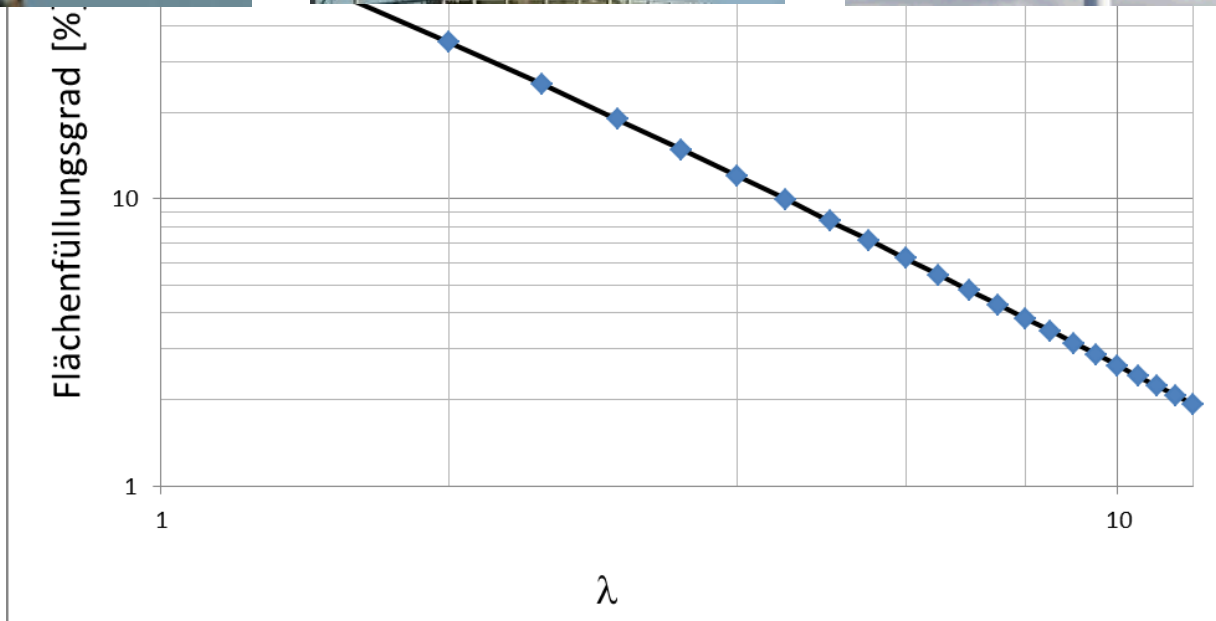




chen

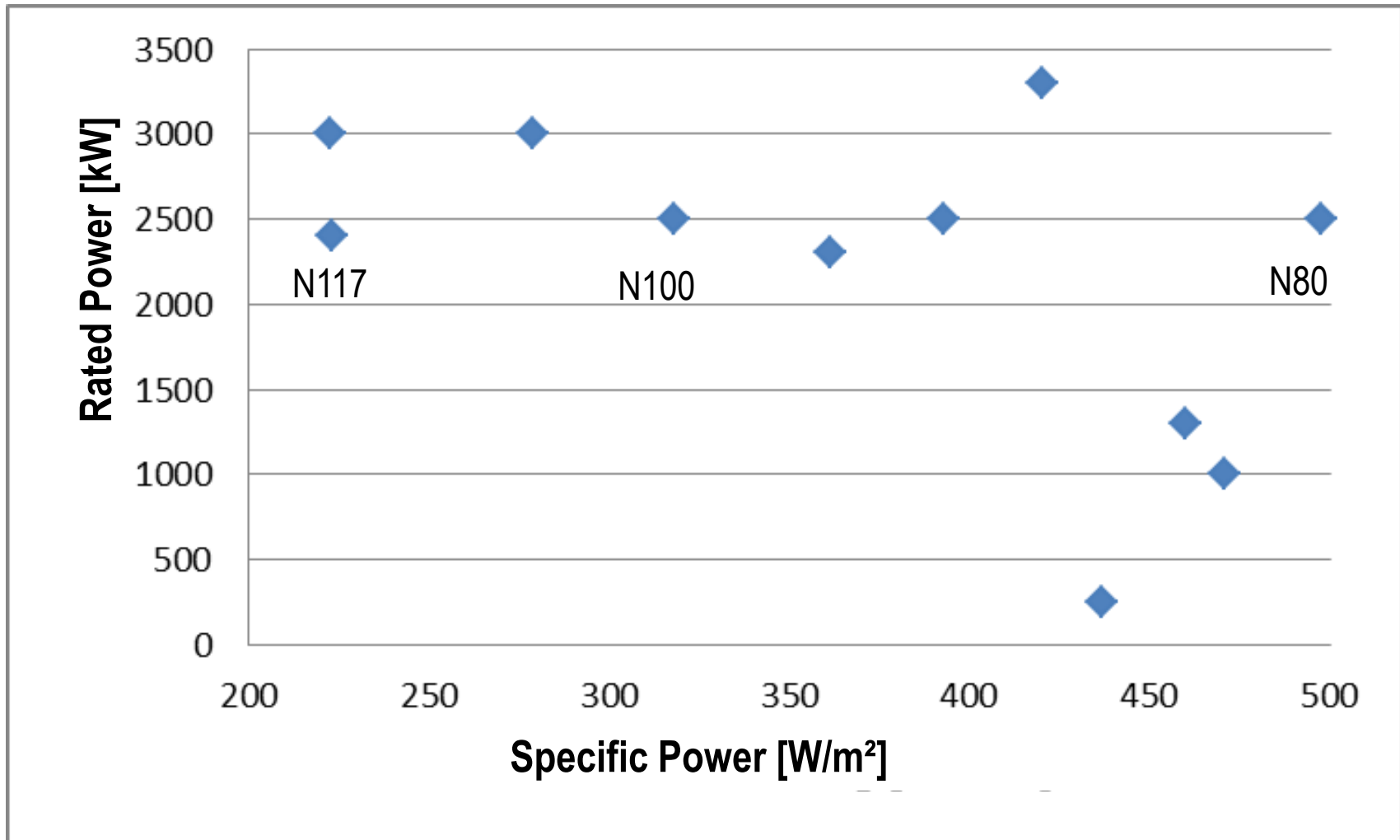


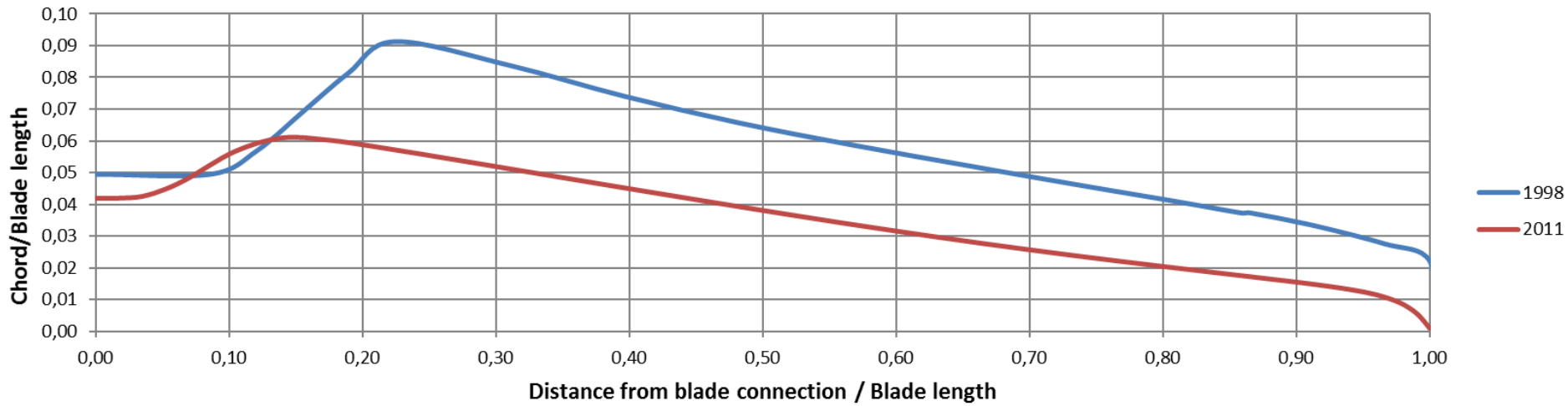
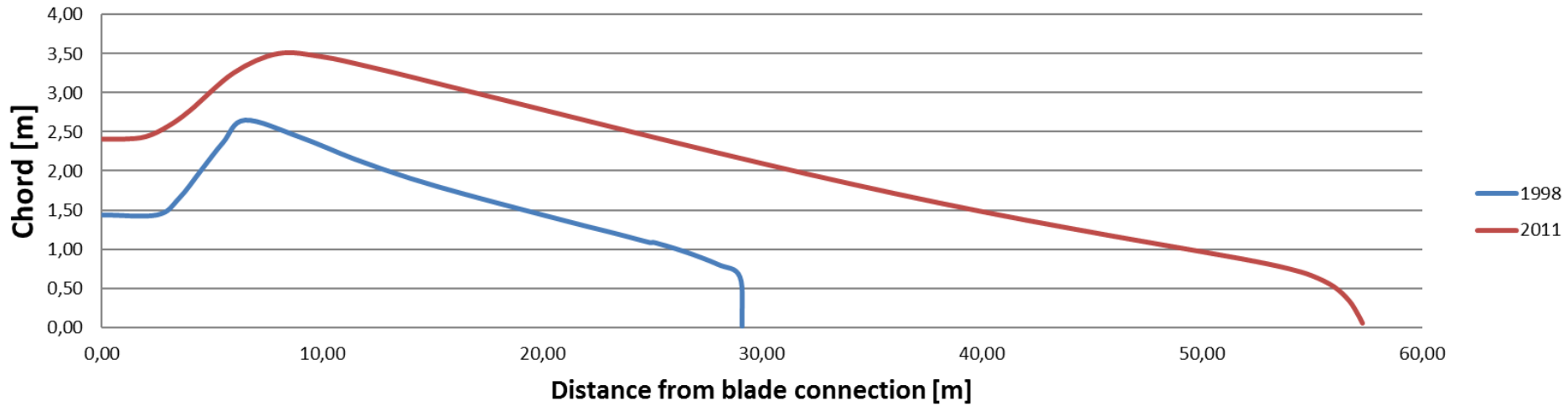
Blät



Trends: Nordex Wind Turbines

Year	Power [kW]	Rotor [m]	Speed	Power regulation
1987	250	27/29	fixed	Stall
1995	1000	52		
1997	1300	60		
2000	2500	80	variabel	Pitch
2002	2300	90		
2005	2500	90		
2007	2500	100		
2011	2400	117		
2013	3000	117		
2013	3300	100		
2014	3000	131		





Vergleich N100/2500 mit 100 m Nabenhöhe mit
 N117/2400 mit 140 m Nabenhöhe

Typischer Standort mit 7.1 m/s bei 100 m über Grund und 7.5 m/s bei 140 m

Jährlicher Energieertrag

Typ	Nabenhöhe	
N100	100 m	7,4 Mio kWh
N117	100 m	8,4 Mio kWh (+13 %)
N117	140 m	9,4 Mio kWh (+27 %)

Vergleich

öhe mit
öhe

Typischer Standort

und und 7.5 m/s bei 140 m

Jährlicher Energieertrag

Typ

N100

N117

N117

+13 %)

+27 %)



<http://www.nordex-online.com/en/news-press/press-pictures.html>

Weitere Trends

- Höhere Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
- Verbesserte Regelung, individuelle Blattwinkelverstellung
- Verbesserte HSE Konzepte
- Vorausschauende Wartung mit Condition Monitoring

Niedrigere Gestehungskosten

Aber: Wenig Innovation bei den grundlegenden mechanischen und elektrischen Konzepten

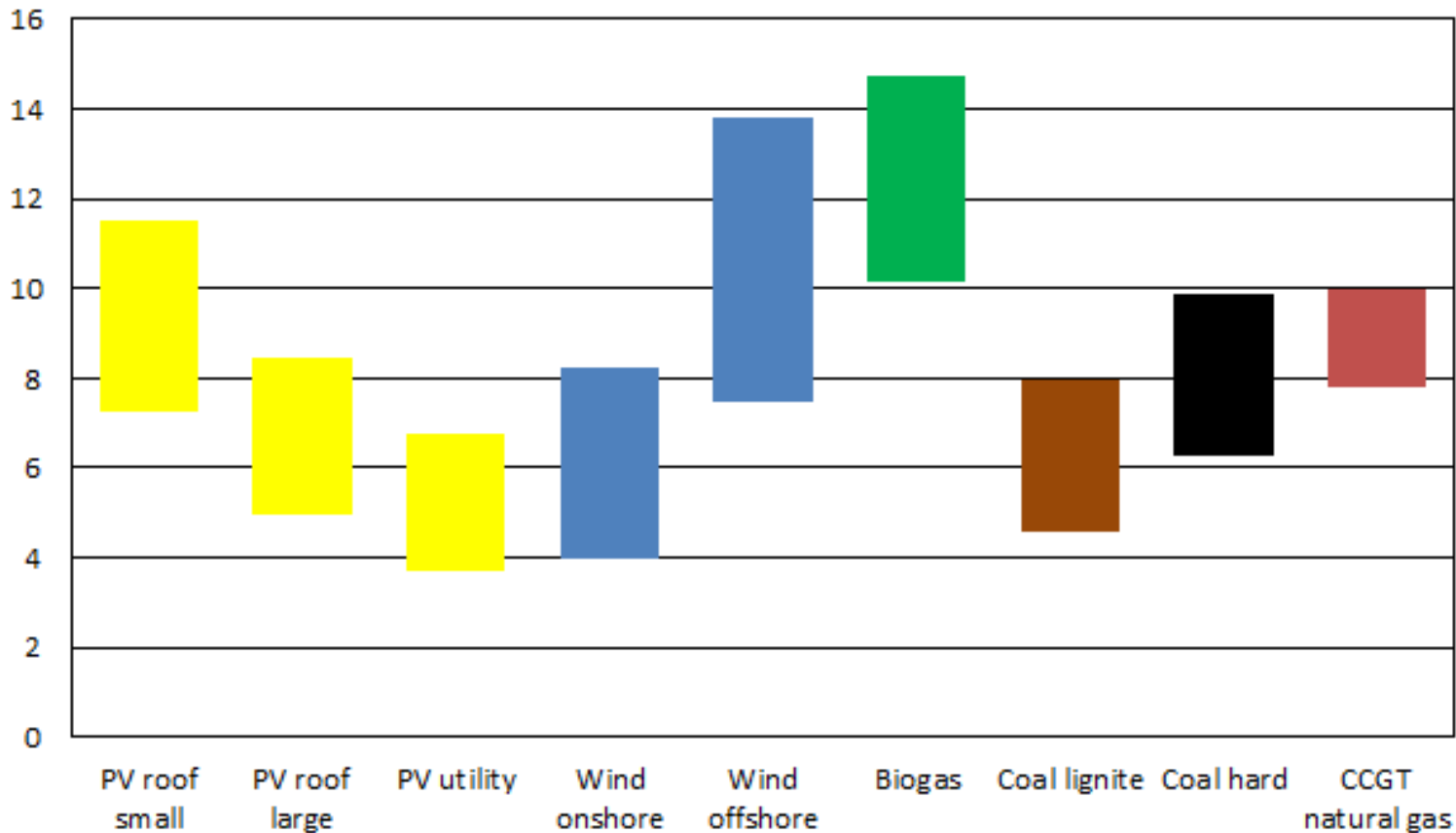
$$\text{Cost of Energy} = \frac{\text{CAPEX} + \sum_{\text{years}} \text{OPEX}}{\sum_{\text{years}} \text{AEP}}$$

CAPEX: Capital expenditures / Investition

OPEX: Operational Expenditures / Betriebskosten

AEP: annual energy production

Levelized cost of electricity for Germany in EuroCent/kWh, source: Fraunhofer ISE; March 2018



Lebenslauf Uwe Ritschel



Promotion 1989 / Habilitation 1998 Theoretische Physik

1998-2000 Erster Versuch Selbständigkeit ...arbeitslos

2000 Entwicklungsabteilung bei

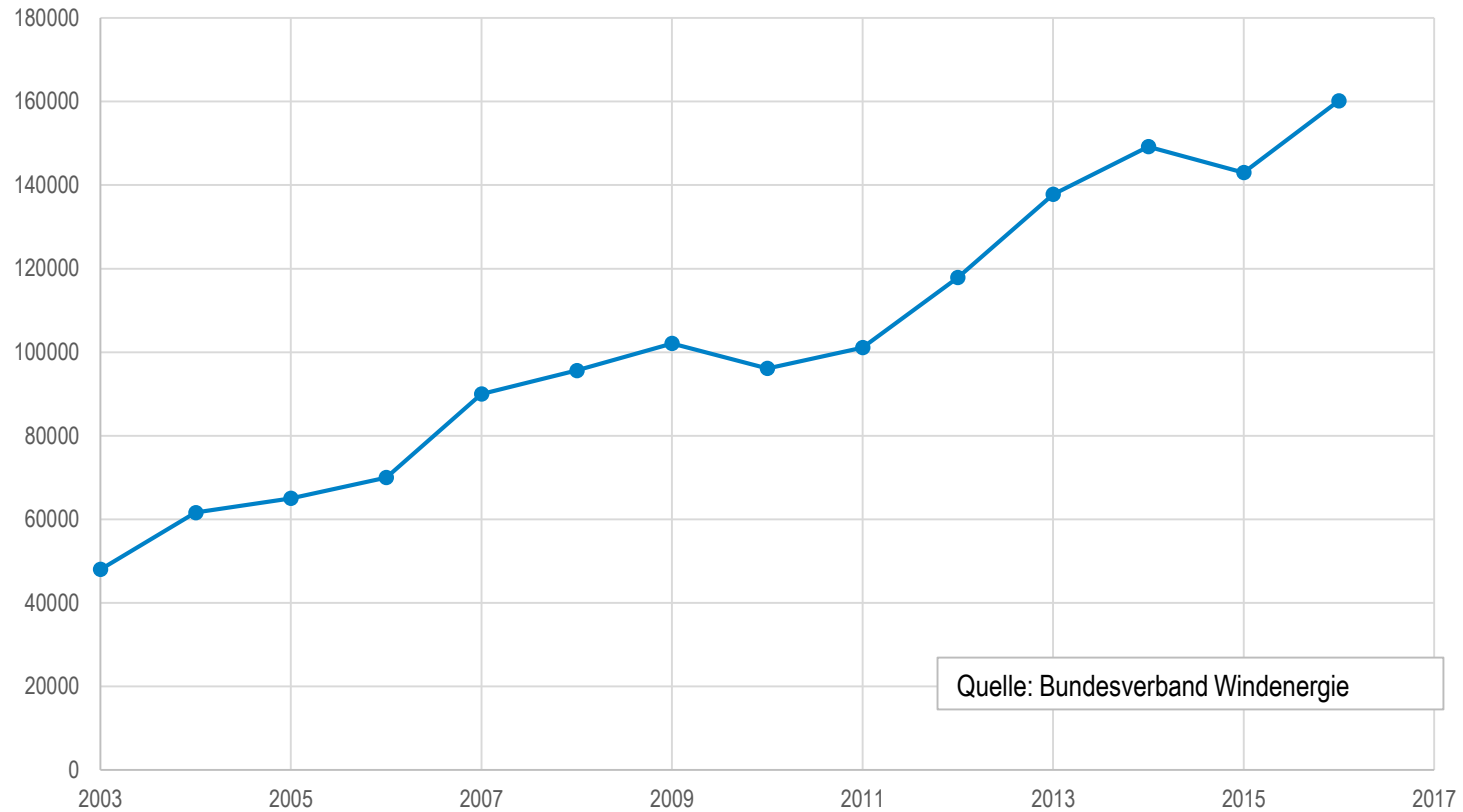


2002 Firmengründung

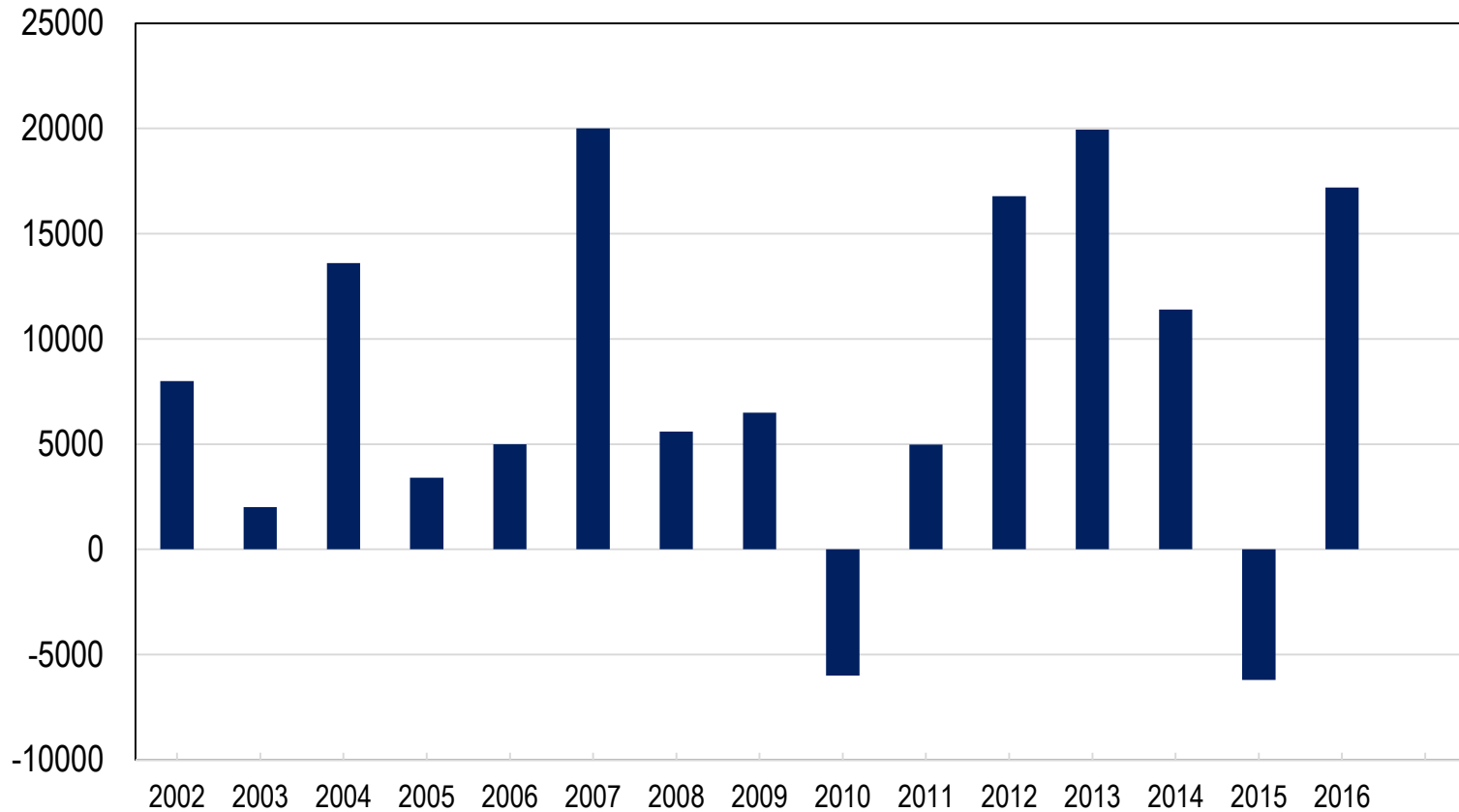


2014 Universität Rostock

Arbeitsplätze Windindustrie Deutschland



Änderung Arbeitsplätze



Quelle für Daten : Bundesverband Windenergie

Arbeitsbereiche Physikerinnen und Physiker in der Windindustrie

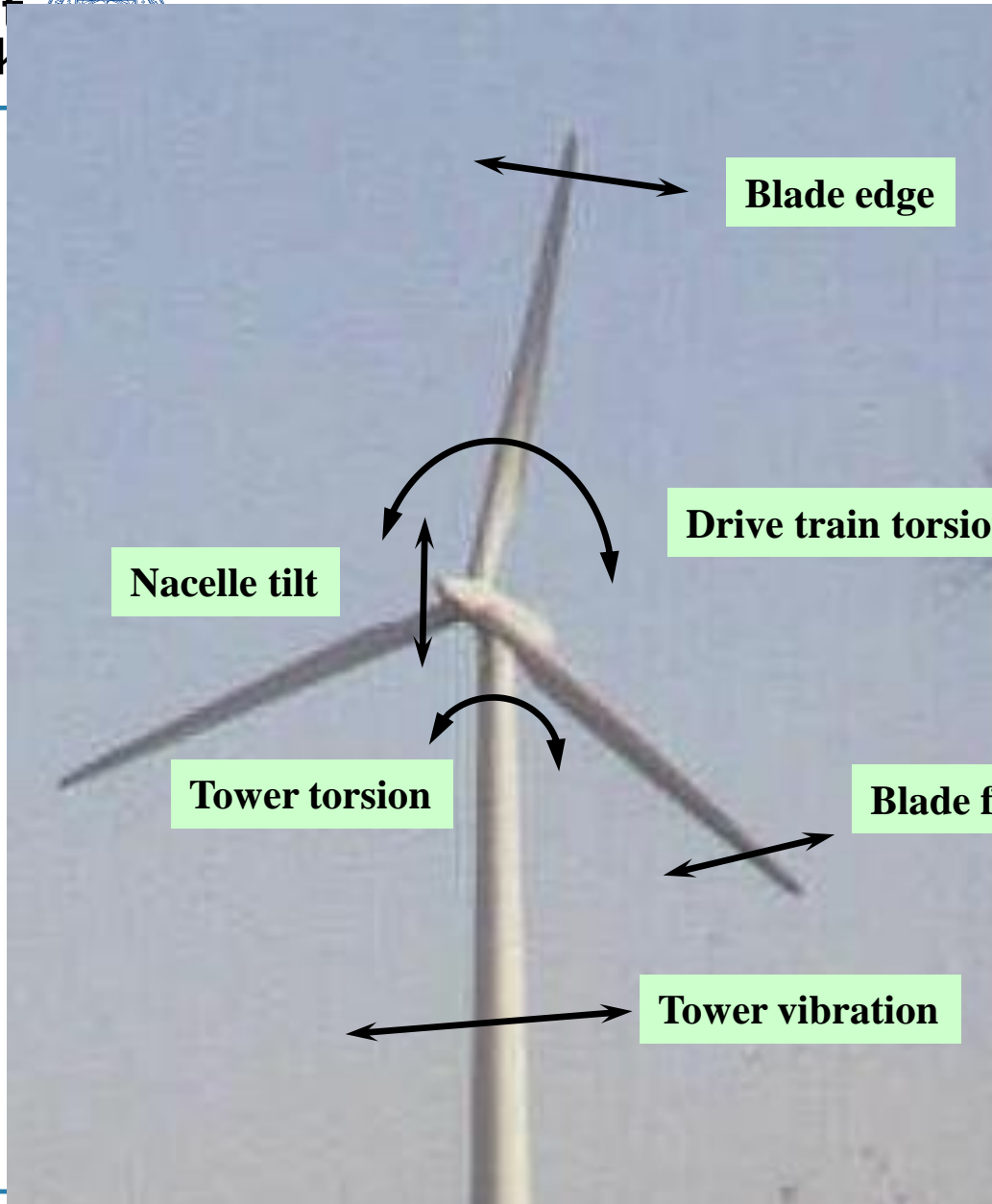
Berechnung

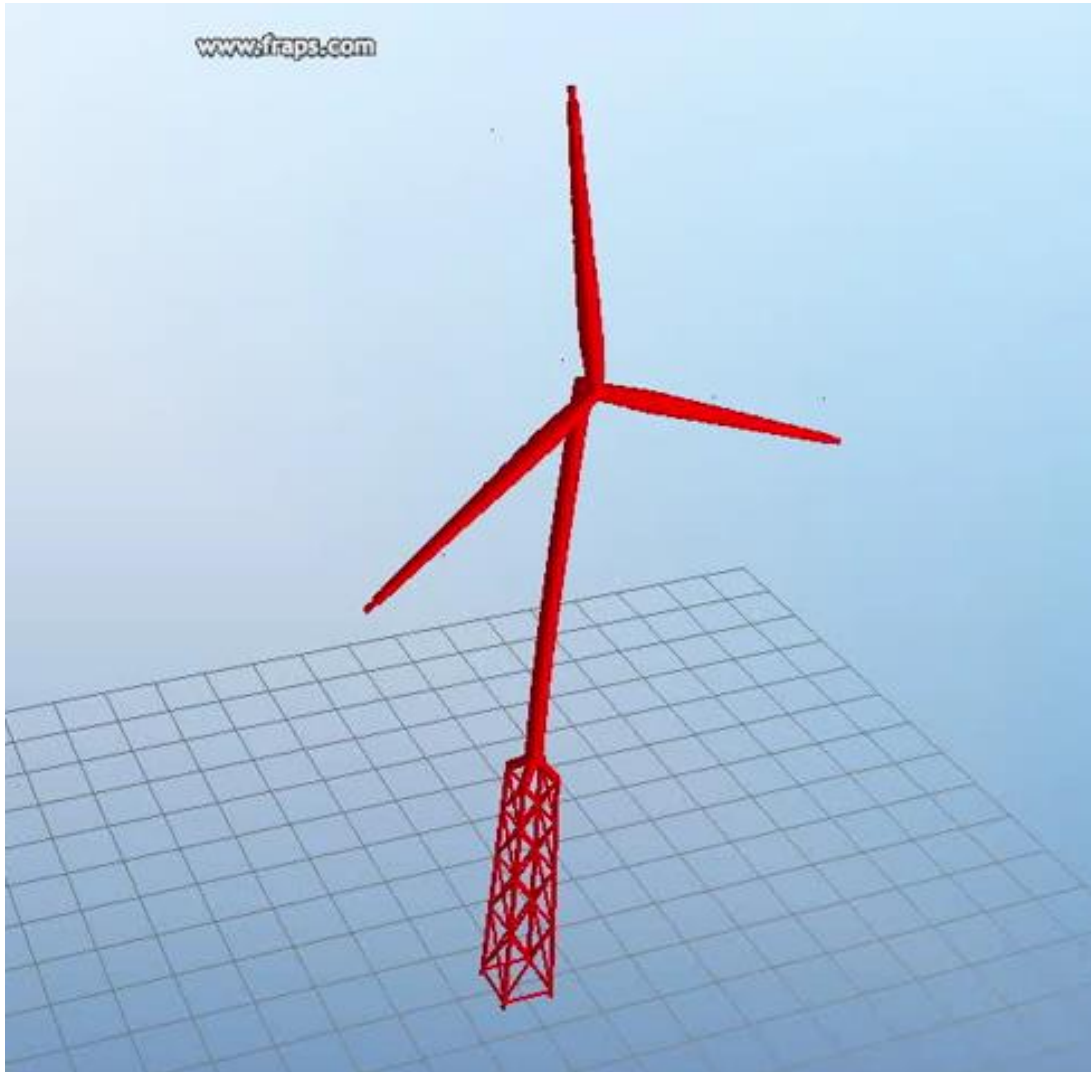
- Gesamtsystemsimulation (Mechanik, Elektrotechnik, Regelungstechnik)
- Festigkeitsberechnungen (FE-Methoden, Nachweisführung)

Messungen: Wind, Zustandsgrößen der WEA, Lasten mit Hilfe von DMS, Beschleunigung, Condition Monitoring mit Körperschall,...

Fachrichtungen: **Maschinenbau**, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen

Potenzielle Arbeitgeber: Hersteller von WEA, Ingenieurgesellschaften, Messinstitute, Zertifizierer, Zulieferer,...





<https://www.youtube.com/watch?v=Uv-AdINAm7WM>

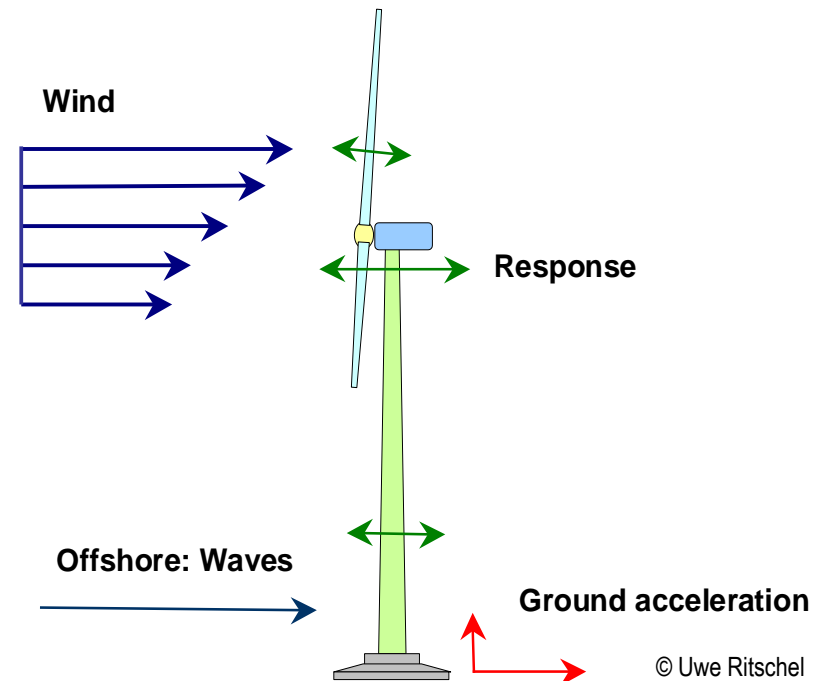
Modellierung und Simulation von WEA

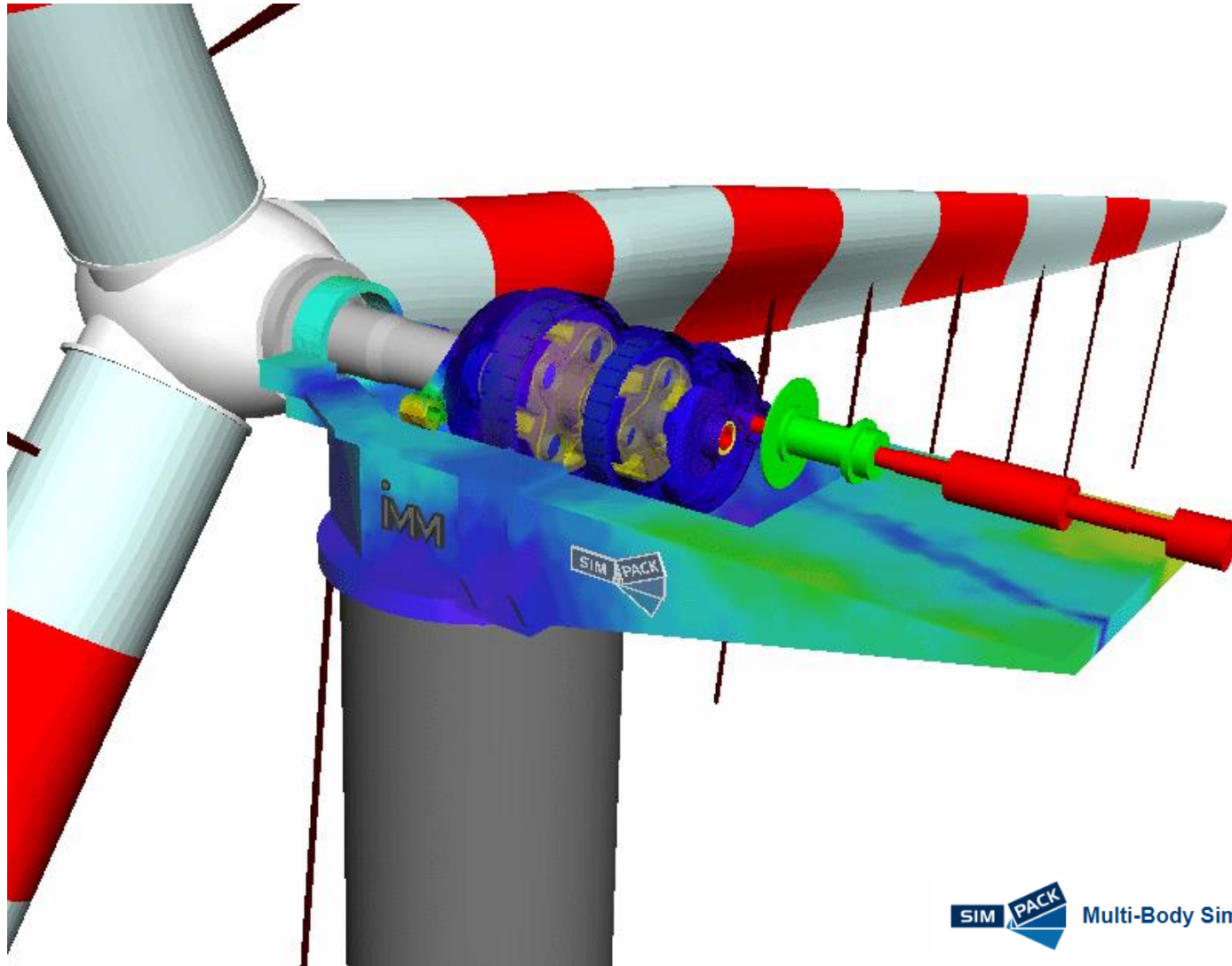
Gesamtsystemsimulation umfasst Luftkräfte und Dynamik der gesamten WEA

- Realitätsnahes **Windmodell**, Turbulenz
- **Aerodynamische Kräfte** auf alle Teile der WEA, Berücksichtigung von Impuls- und Drehimpulsbilanz bei Rotor (Blatt-Element-Impuls-Verfahren)
- **Mechanisches Modell**, Massenverteilung und Elastizität Blätter und Turm. Mehrkörpermodell oder modale Näherung, Triebstrangmodell
- **Elektrisches Modell**, Generator-Umrichter-System
- **Regelung** (Drehmoment – Drehzahl, Blattwinkel – Leistungsbegrenzung)
- **Wellen- und Eiskräfte** bei Offshore-WEA, **Erdbeben** – Bodenbeschleunigung

Ergebnisse

- **Schnittlasten**, die zur Auslegung der Bauteile verwendet werden
- **Optimierung der Regelung**





<http://www.simpack.com/wind-turbine.html>



Multi-Body Simulation Software

Anforderungen: Vertrieb – Produktion – Einkauf – Service – HSE ..

WEA Konzept

Simulation

Virtueller Prototyp

Konstruktion

Nachweise

Ergebnisse

Zeichnungen - Stückliste - Spezifikationen – Dokumente für Zertifizierung

...

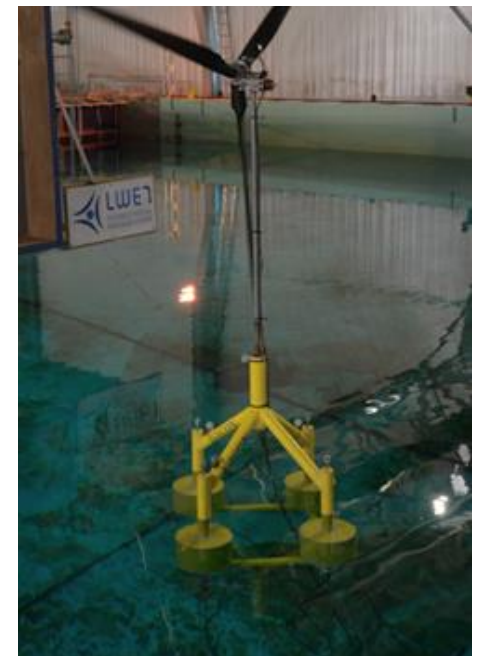
Schwimmende Offshore-WEA

Strukturkonzepte, Gesamtsystemsimulation
Transport und Errichtung

- Neuartige Gründungskonzepte für schwimmende Offshore-WEA, Verbundprojekt mit EEW-SPC TBI-V-1-277-VBW-097, 4/18 - 3/20
- EU-Projekt Space@Sea, Horizon 2020, 16 Partner 11/17 - 10/20
- OWS+ Offshore Wind Solutions, ab 9/2019
- Forschungsaufträge von mehreren Firmen, Pilotprojekt



© Gicon GmbH



© D. Walia

GICON®



windrad
simulation & engineering

Schlussbemerkungen

- Thema Windenergie hat Dynamik und viel Potenzial
- Wichtiger Beitrag zur Energieversorgung durch Windenergie
- Windindustrie Jobmotor seit 20 Jahren, gute Zukunftsaussichten
- Voraussichtlich zukünftig viele neue Arbeitsplätze
- Interessante Forschungsthemen mit Fördermöglichkeiten
- Offshore-Windenergie und viele andere Themen am Lehrstuhl wie Netzanbindung, Sektorenkopplung, Strömungssimulation, ...

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Universität Rostock

Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik

Stiftungslehrstuhl für Windenergietechnik

Albert-Einstein-Str. 2

18059 Rostock

Tel.: +49 381 / 498 - 9571

Email: lwet.msf@uni-rostock.de

Facebook: LWET2014