

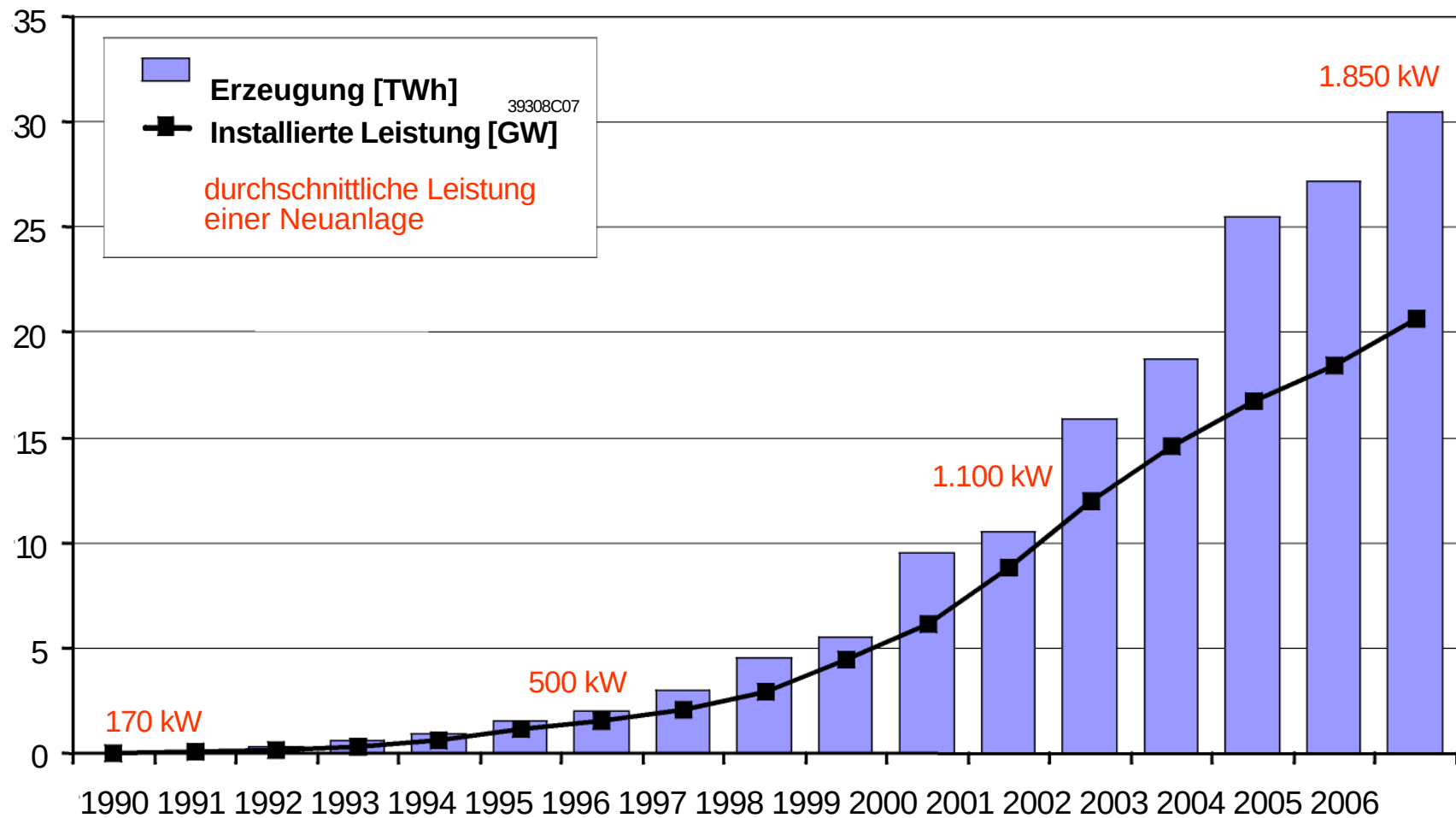


Strom aus Windkraft in Deutschland

Windenergie



Entwicklung der Stromerzeugung aus Windenergie





Geschichte der Windenergienutzung

Bockwindmühle
11. Jahrhundert



Holländerwindmühle
15. Jahrhundert USA



Westernrad
19. Jahrhundert



Moderne
Windkraftanlage





Bauformen von Windkraftanlagen

Horizontalachsensysteme Vertikalachsensysteme

Westernrotor Holländer-Windmühle

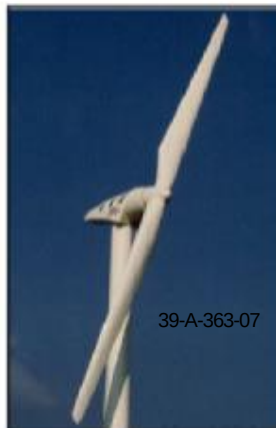


Savonius-Rotor



Widerstands-
prinzip

Zweiblattrotor



Dreiblattrotor



Auftriebs-
prinzip



Heidelberg-Rotor



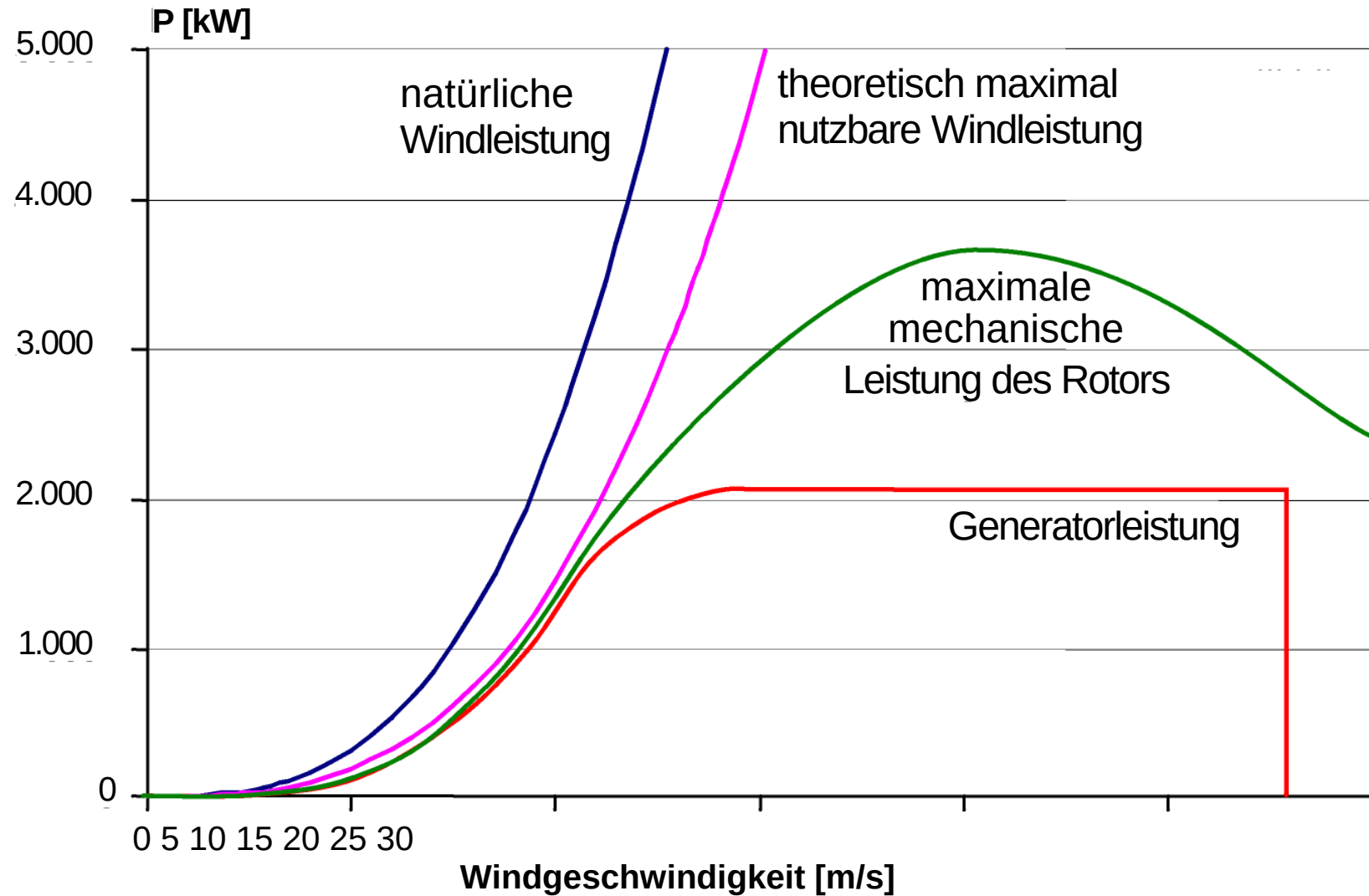
Darrieus-Rotor

39-A-363-07

Windenergie



Leistungskennlinien

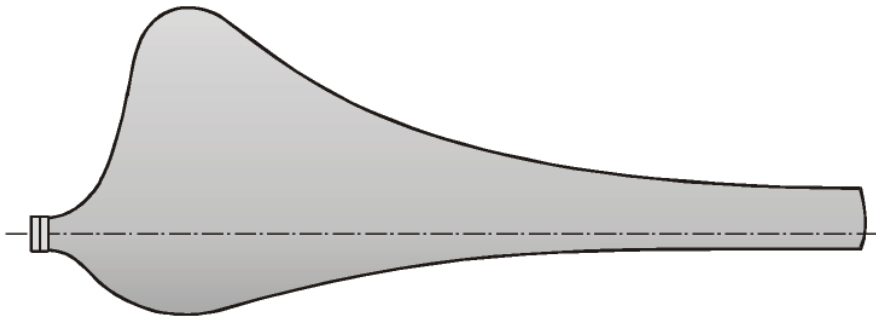




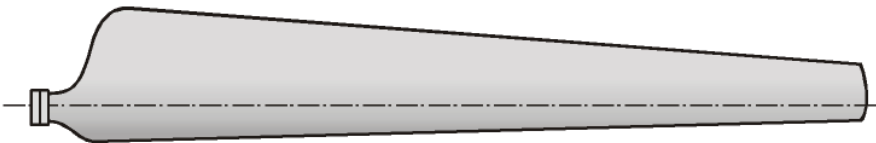
Rotorblattprofile für Windkraftanlagen

• Rotorblattgeometrie

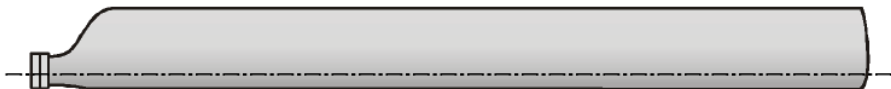
a. Idealform $c_p = 100\%$; fertigungstechnisch aufwendig



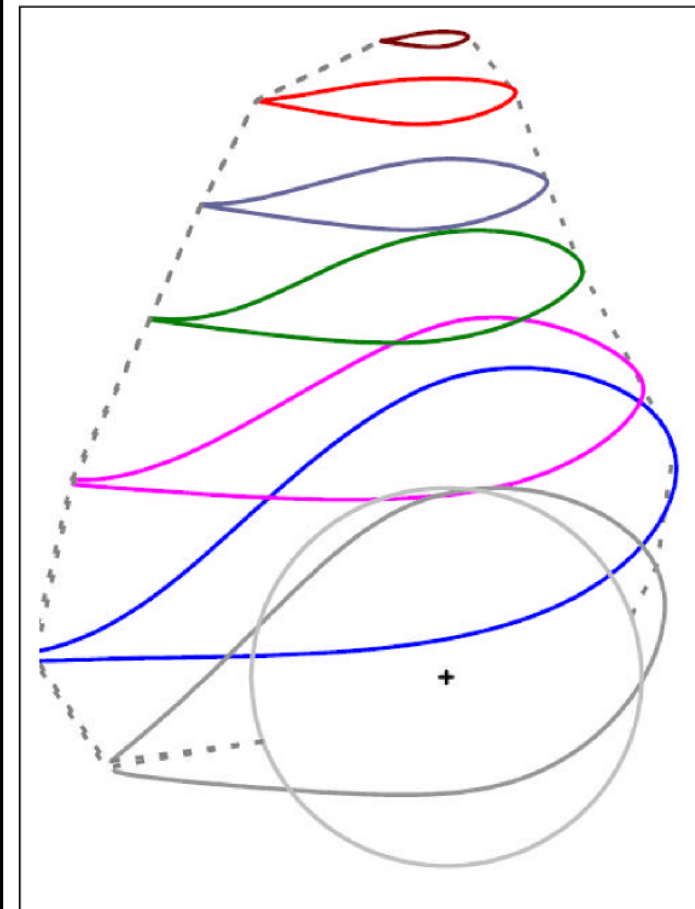
a. Trapezform $c_p \approx 1\%$; gute Kompromisslösung



a. Rechteckform $c_p \approx 7\%$; relativ schlechter Wirkungsgrad



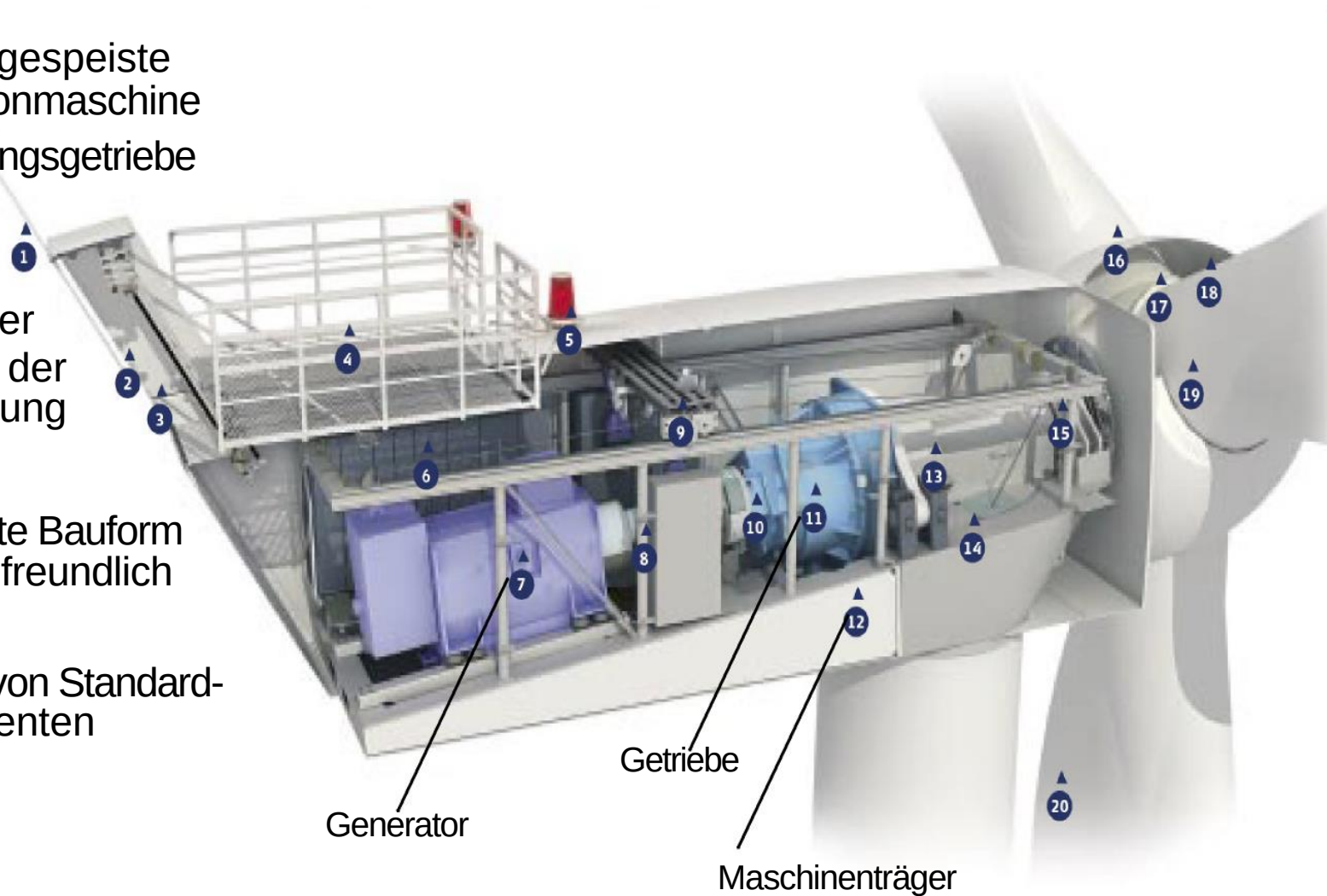
• Rotorblattprofile





Bauform mit Synchrongenerator ohne Getriebe

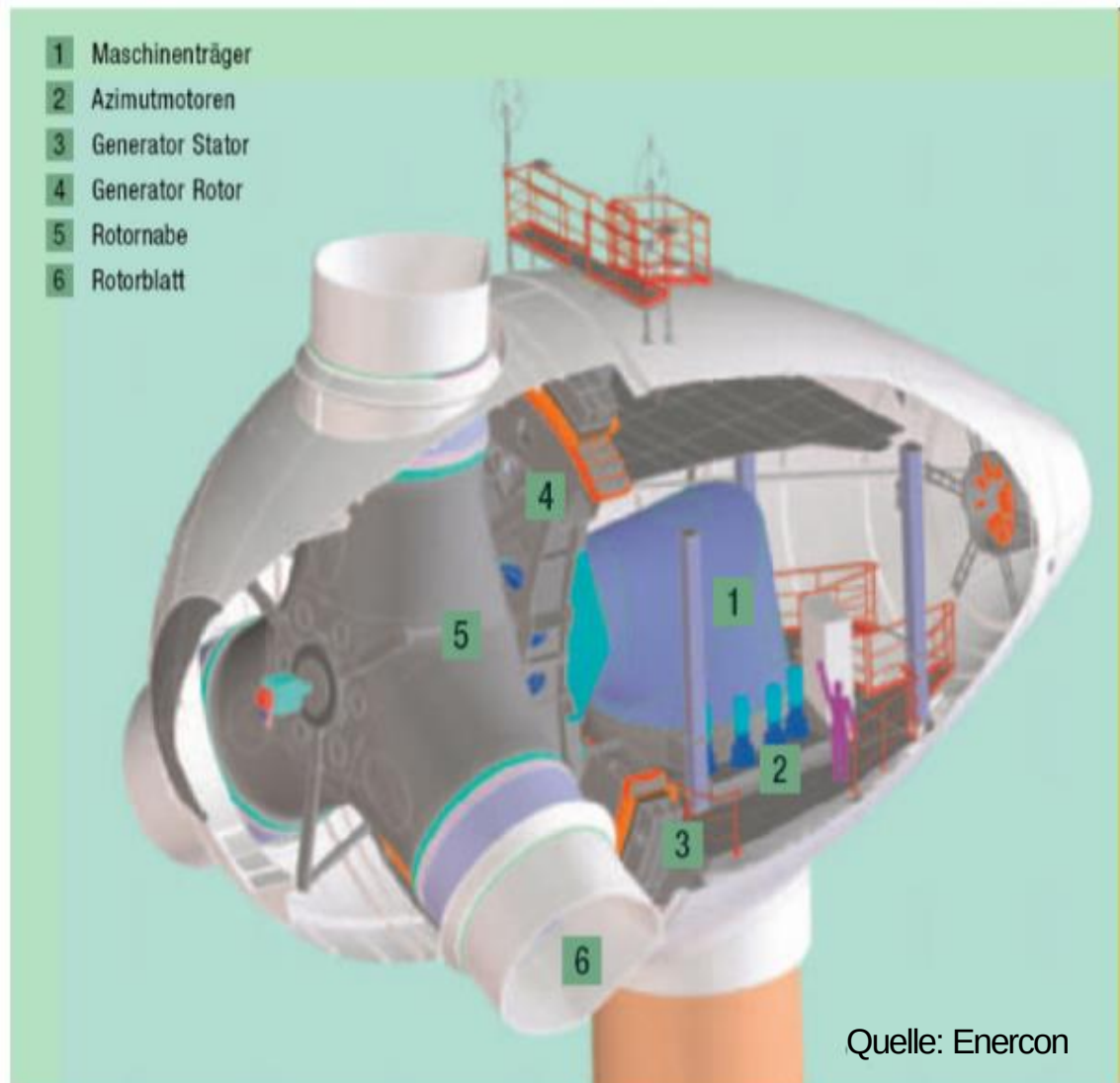
- Doppeltgespeiste Asynchronmaschine
- Anpassungsgetriebe
- Umrichter ca. 3 0% der Nennleistung
- Aufgelöste Bauform wartungsfreundlich
- Einsatz von Standardkomponenten





Bauform mit Synchrongenerator ohne Getriebe

- Umrichter gespeiste
vielpolige
Synchronmaschine
- Umrichter auf volle
Leistung ausgelegt
- Geringerer Verschleiß
durch niedrige
Drehzahl
- Hohes Gondelgewicht
- Besserer Ausgleich von
Windböen
- Einsatz von eigens
entwickelten
Komponenten





Erschließung von Standorten auf See

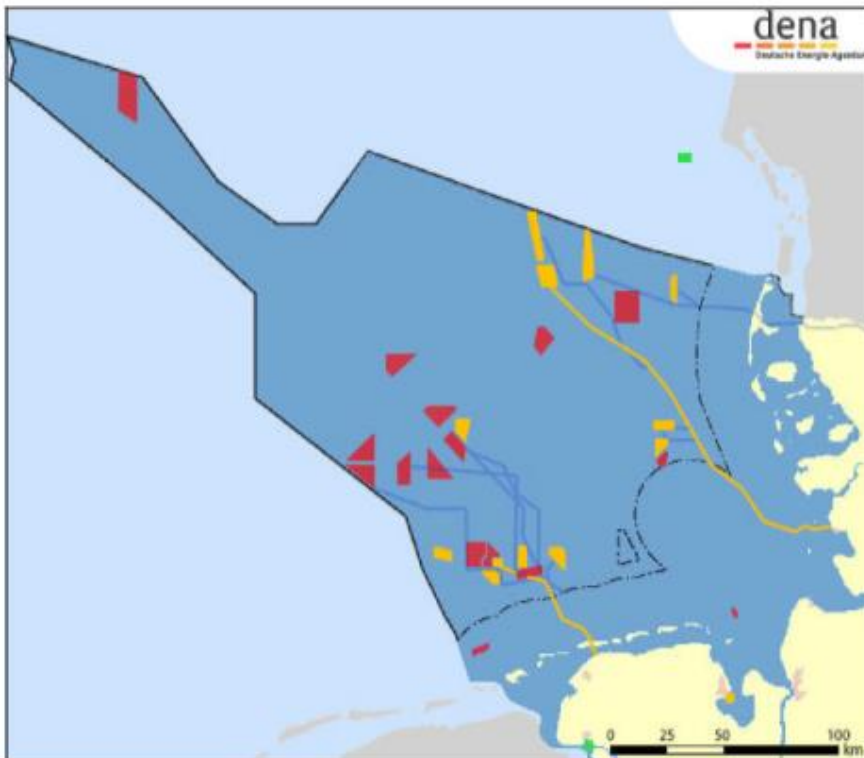
- Genehmigungsbehörde: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
 - Zuständig für AWZ in Nord- und Ostsee
 - Genehmigung muss erteilt werden, wenn Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt nicht beeinträchtigt und die Meeresumwelt nicht gefährdet wird.
 - Genehmigung gilt 25 Jahre, innerhalb von 2,5 Jahren muss mit dem Aufbau begonnen werden
 - Bereits 15 genehmigte Parks in der Nordsee und 3 in der Ostsee
 - Standards für Umwelt-, Baugrunduntersuchung, konstruktive Ausführung, Risikoeinschätzung
- Anforderungen an Offshore Windenergieanlagen
 - Robuste Komponentenauslegung
 - Fernüberwachung, Fernbeeinflussung
 - Hohe Zuverlässigkeit
 - Korrosionsschutz
 - Kransysteme
 - Hubschrauberplattform
 - Gründung (Senkkasten, Monopile, Tripod)
- Netzanbindung über Kabeltrassen
 - Platzbedarf
 - Kompensation bzw. HGÜ

Windenergie

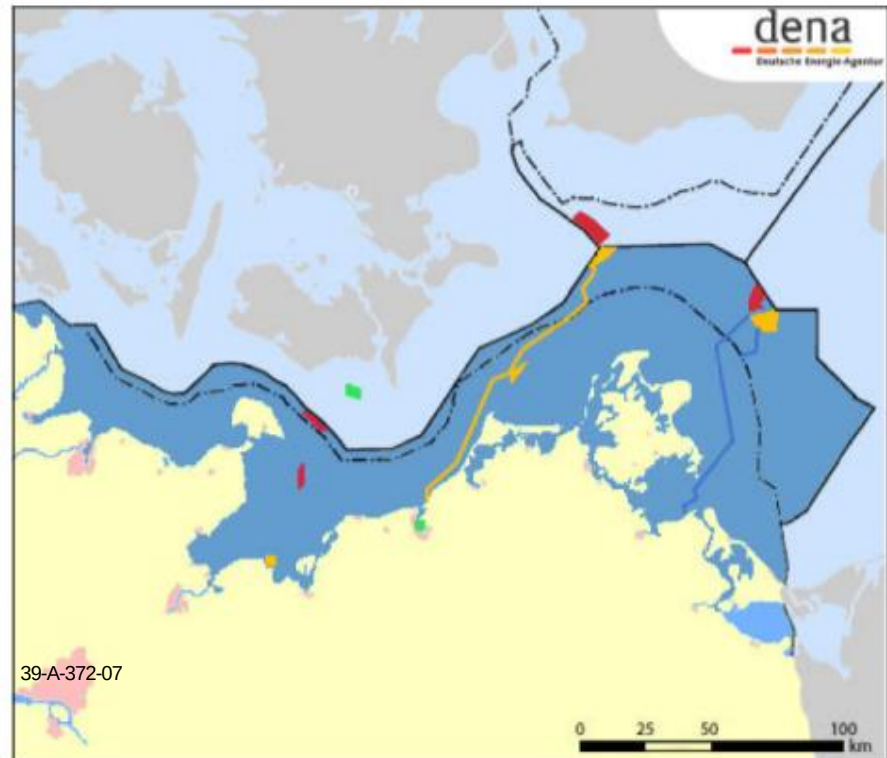


Geplante Offshore-Windparks in Deutschland

Nordsee



Ostsee



22 Windparks mit bis zu 4.700 MW, 11 Windparks mit bis zu 1.000 MW,
insgesamt bis zu 22.800 MW geplant insgesamt bis zu 4.400 MW geplant



Windenergie

Integration fluktuierender Einspeisung in den Strommarkt

• **Bevorzuge Abnahme von Stromerzeugung nach EEG**

- Netzbetreiber muss die Einspeisung von Windenergieanlagen zu jeder Zeit und in voller Höhe abnehmen
- Und dafür gesetzlich vorgeschriebene Vergütung zahlen

• **Kennzeichen der liberalisierten Stromversorgung**

- Abbildung von prognostiziertem Bedarf und geplanter Erzeugung anhand von Fahrplänen
- Verursachergerechte Abrechnung der Kosten für Netznutzung und Systemdienstleistungen (inkl. Inanspruchnahme von Regel-/Reserveleistung)

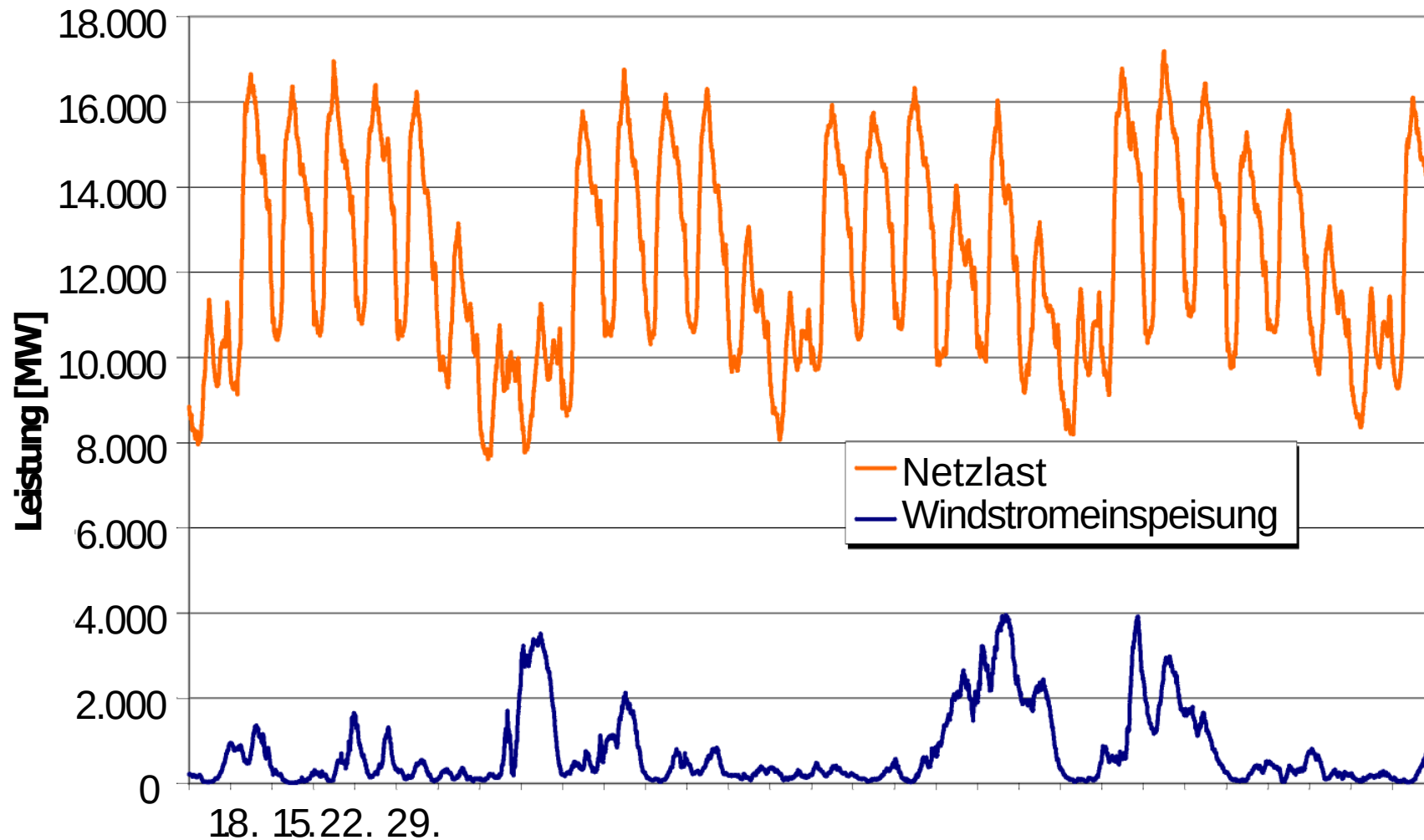
• **Einbindung fluktuierender Erzeugung (Windenergie)**

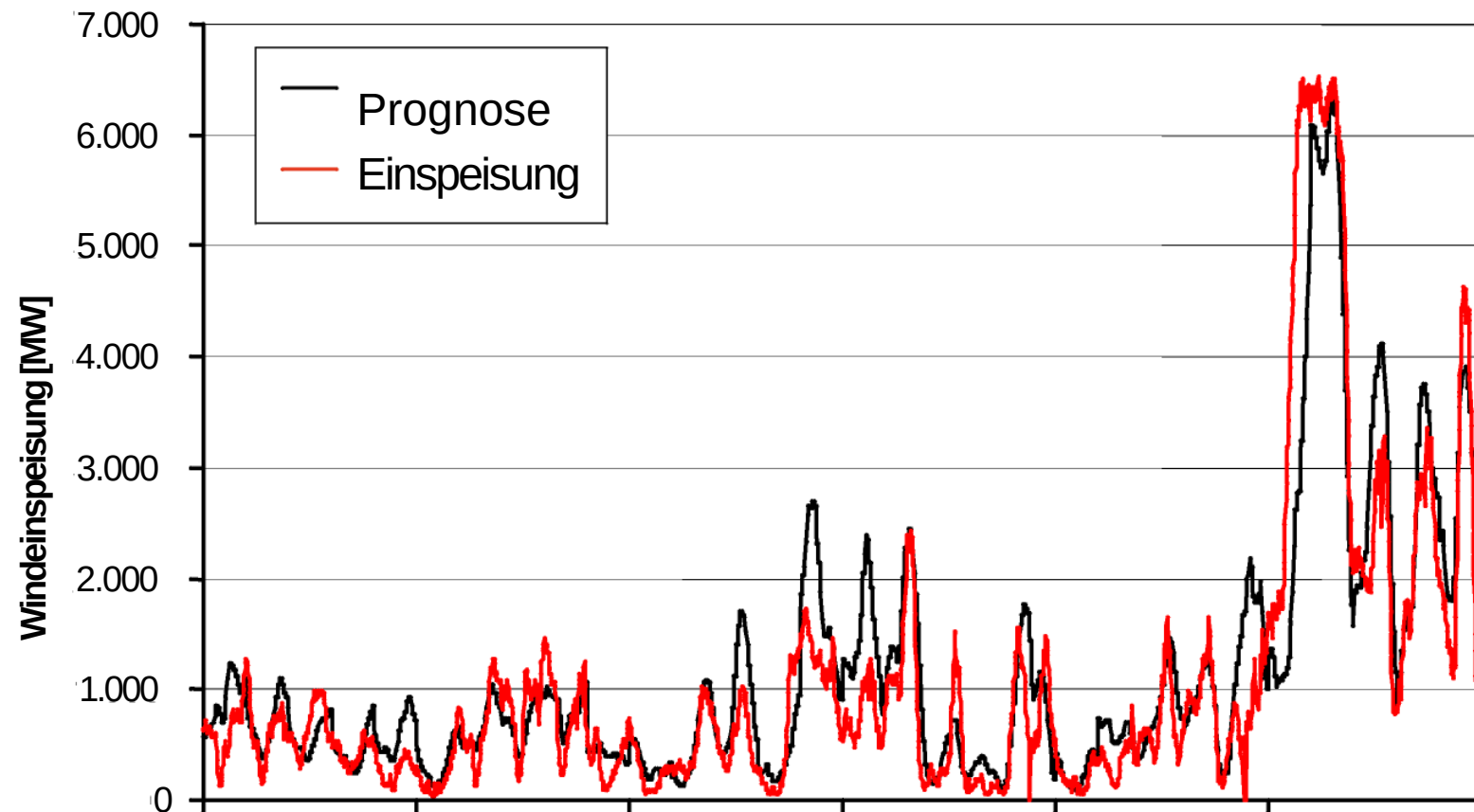
- Sozialisierung durch Kostenwälzung an die Lieferanten der Letztverbraucher
 - Sammeln des Windstroms im EEG-Bilanzkreis
 - Abrechnung der Windstromeinspeisung als Bandlieferung (Durchschnittsleistung)
 - Prognose der Einspeisung anhand der Windvorhersage (DWD)
 - Netzbetreiber kauft Differenzlastgang am Spotmarkt ein (Day-Ahead-Ausgleich)
 - Abweichung von der Windprognose wird als Regelernergie in Anspruch genommen
-

Windenergie



Netzlast und Windstromeinspeisung Eon-Regelzone







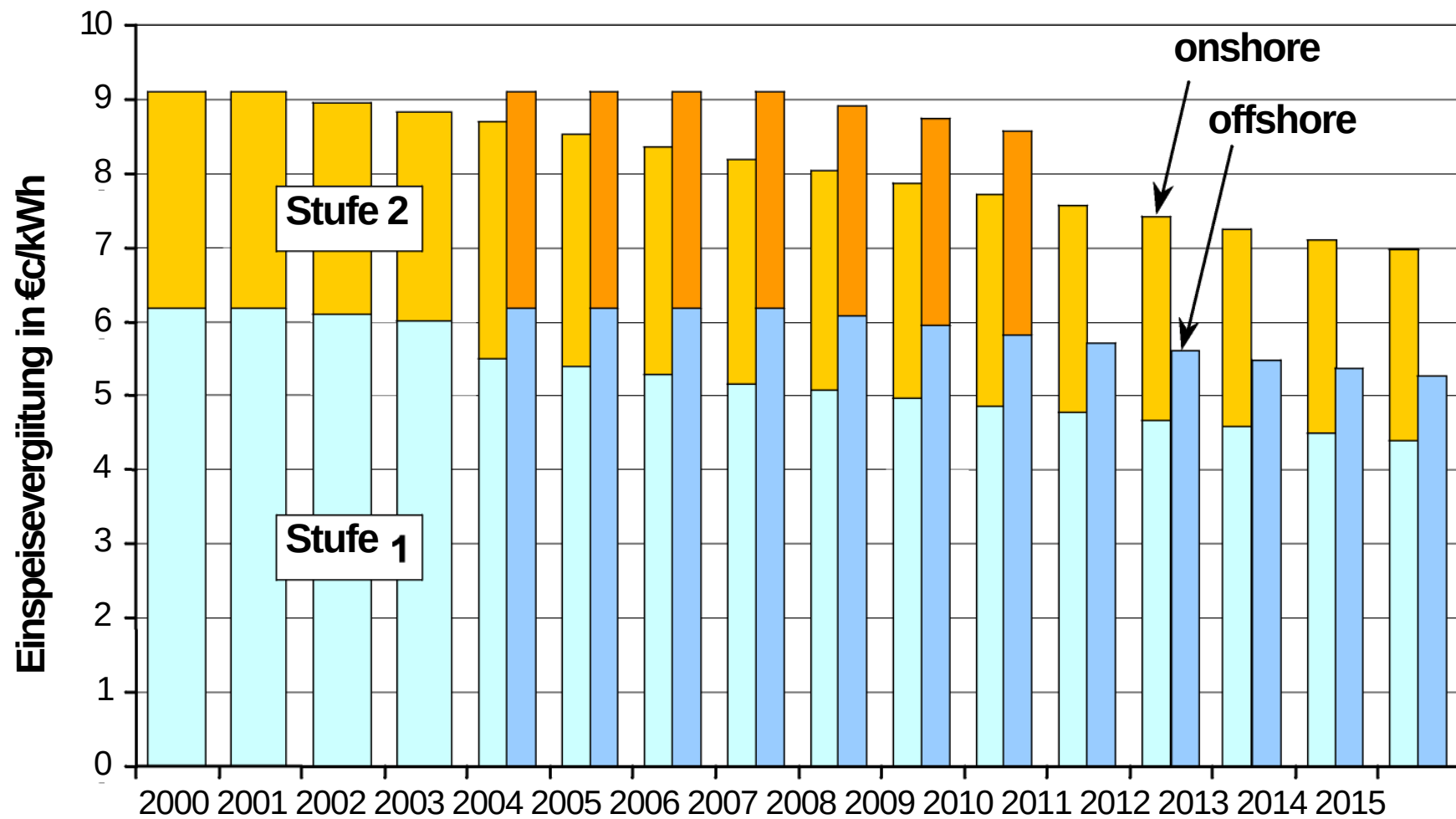
Einspeisevergütung nach EEG für Windstrom

- **Einspeisevergütung mindestens 5,5 €/kWh für onshore Anlagen**
 - ab Inbetriebnahme erhöht sich die Vergütung um 3,2 €/kWh
 - in den ersten fünf Jahre, wenn in der Zeit 150% des Referenzertrages erzielt werden
 - für zusätzlich zwei Monate je 0,75% des Referenzertrages, der unter 150% erzielt wurde
- **Referenzertrag**
 - Ertrag, den eine bestimmte Windkraftanlage rechnerisch an einem Referenzstandort in fünf Betriebsjahren nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erzeugen würde
 - Der Referenzstandort wird durch eine Rayleigh-Verteilung mit einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von 5,5 m/s in 30 m über Grund, bei logarithmischem Höhenprofil und Rauigkeitslänge von 0,1 m
- **Einspeisevergütung mindestens 6,19 €/kWh für offshore Anlagen**
 - Bei Inbetriebnahme bis 31.12.2010 erhöht sich die Vergütung um 2,91 €/kWh für 12 Jahre
Diese Frist verlängert sich ab 12 Seemeilen und 20 m Wassertiefe um 0,5 Monate je
 - Seemeile und 1,7 Monate je Meter Wassertiefe
offshore d.h. mindestens 3 Seemeilen vor der Küstenlinie
- **Vergütungssätze sinken für neu in Betrieb genommene Anlagen**
 - onshore am dem 1.01.2005 um jährlich 2%
 - offshore ab dem 1.01.2008 um jährlich 2% /

Windenergie



Einspeisevergütung für Windstrom

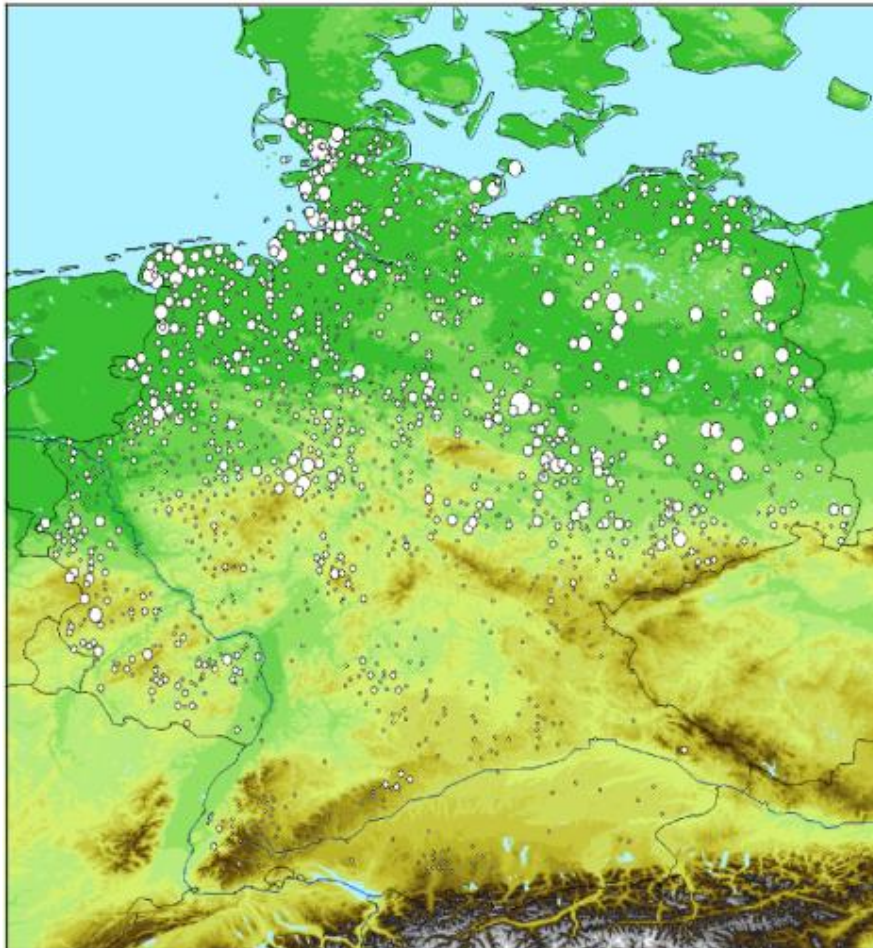


Windenergie

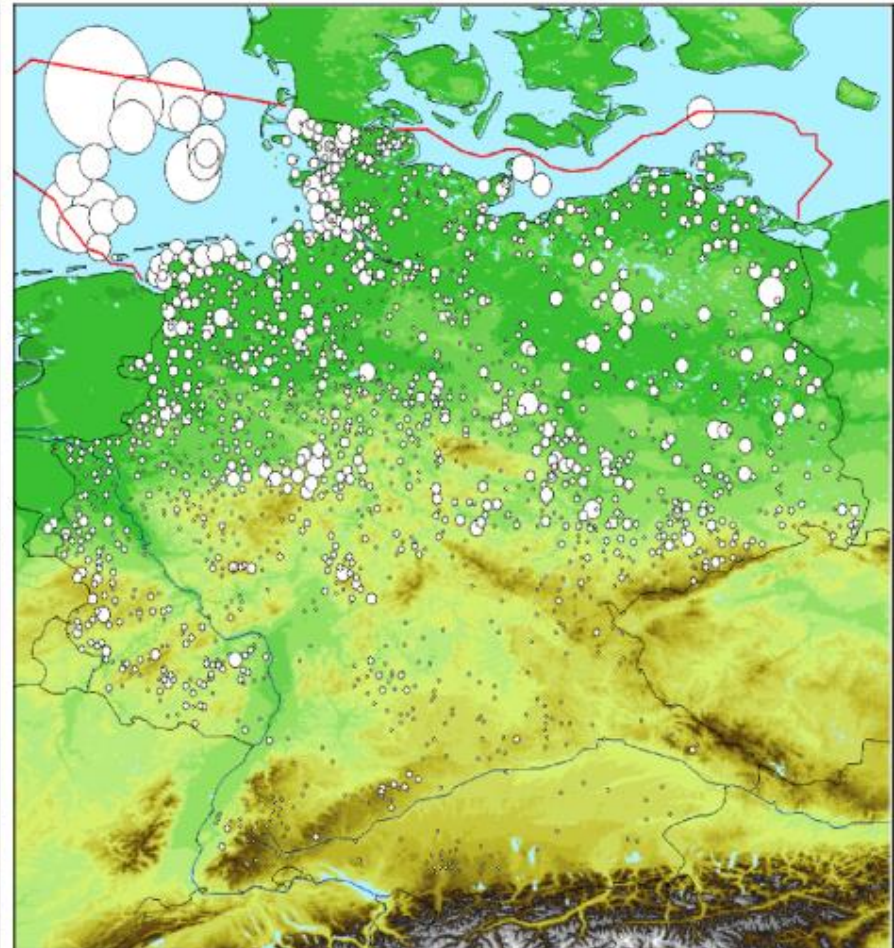


Zukünftiger Ausbau der Windenergie

heute



2020



Windenergie



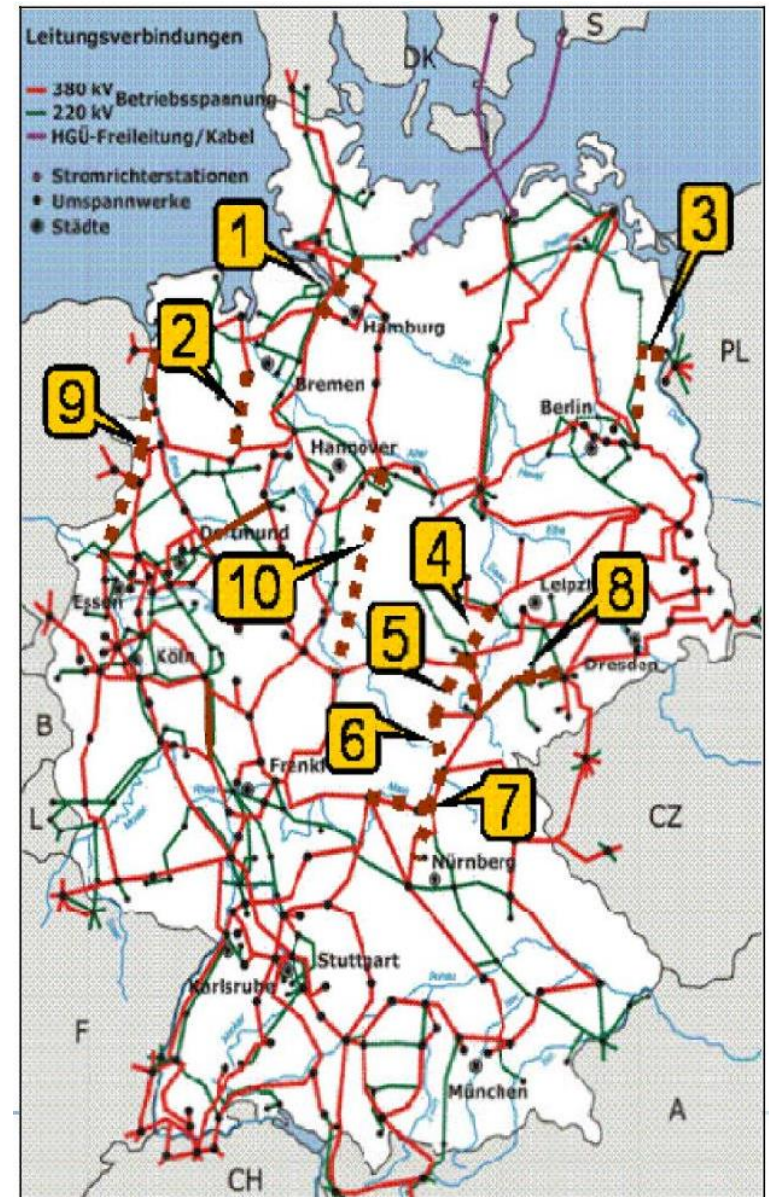
Erforderlicher Netzausbau im 380 kV Netz

bis zum Jahr 2010: 460 km

1. Hamburg/Nord – Dollern 45 km
2. Ganderkesee – Wehrendorf 80 km
3. Neuenhagen – Bertikow/Vierraden 110 km
4. Lauchstädt – Vieselbach 80 km
5. Vieselbach – Altenfeld 80 km
6. Altenfeld – Redwitz 60 km
7. Netzverstärkung Franken
8. Netzverstärkung Thüringen

bis zum Jahr 2015: zusätzlich 390 km

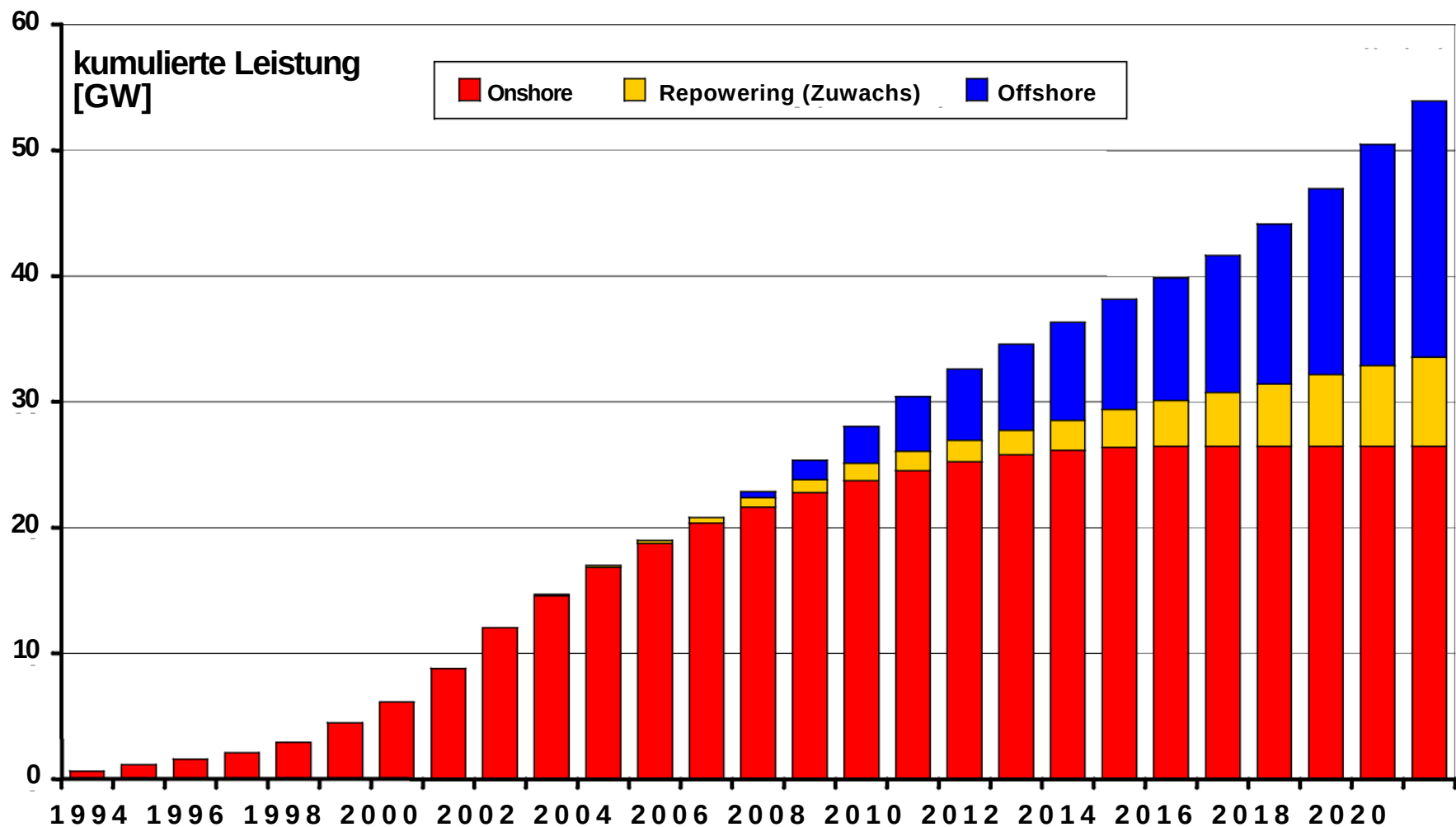
1. Diele – Niederrhein 200 km
2. Wahle – Mecklar 190 km





Weiterer Ausbau der Windstromerzeugung

39-A-371-07





Zusammenfassung und Ausblick

- Windenergie hat sich in den vergangenen Jahren sehr dynamisch
 - entwickelt
- An Land ist in den nächsten Jahren eine Sättigung erreicht
- Große Ausbaupotenziale bestehen auf See, diese werden in den
 - nächsten Jahren erschlossen
- Das Ausbauziel der Bundesregierung bis 2020 kann voraussichtlich
 - schon 2013 übertroffen werden
- Der steigenden Anteil fluktuierender Erzeugung erfordert eine
 - Anpassung der Kraftwerksstrukturen und den Ausbau der
 - Übertragungsnetze
- Die Suche nach effizienten, kostengünstigen Energiespeichern ist
 - notwendig