



Ergebnisse der dena-Netzstudie

Stephan Kohler

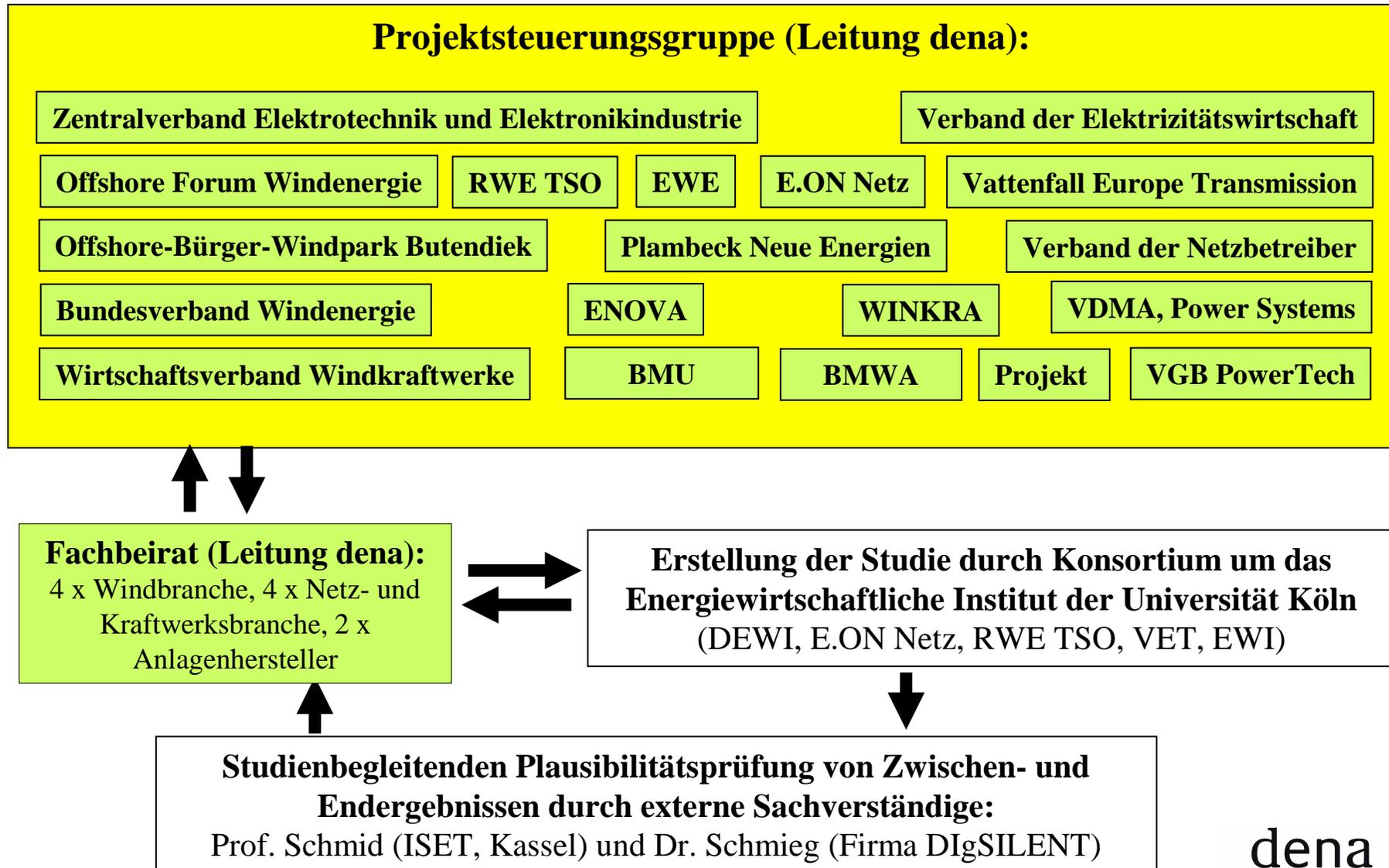
**Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration
von Windenergie in Deutschland**

Übergeordnete Rahmenbedingungen

- Kyoto-Protokoll und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung
- Elektrizitätsversorgung als wichtiger Standortfaktor für Wirtschaft und Industrie
- Nur langfristige Planung ermöglicht nachhaltige Energiepolitik und schafft Investitionssicherheit
- Umwelt- und Klimaschutz:
 - Globale Umweltprobleme (Treibhauseffekt, Luftverschmutzung)
 - Endlichkeit fossiler Ressourcen
 - Minimierung von Risiken

Projektstruktur

Projektsteuerungsgruppe (Leitung dena):



Ziele und Gliederung der Studie

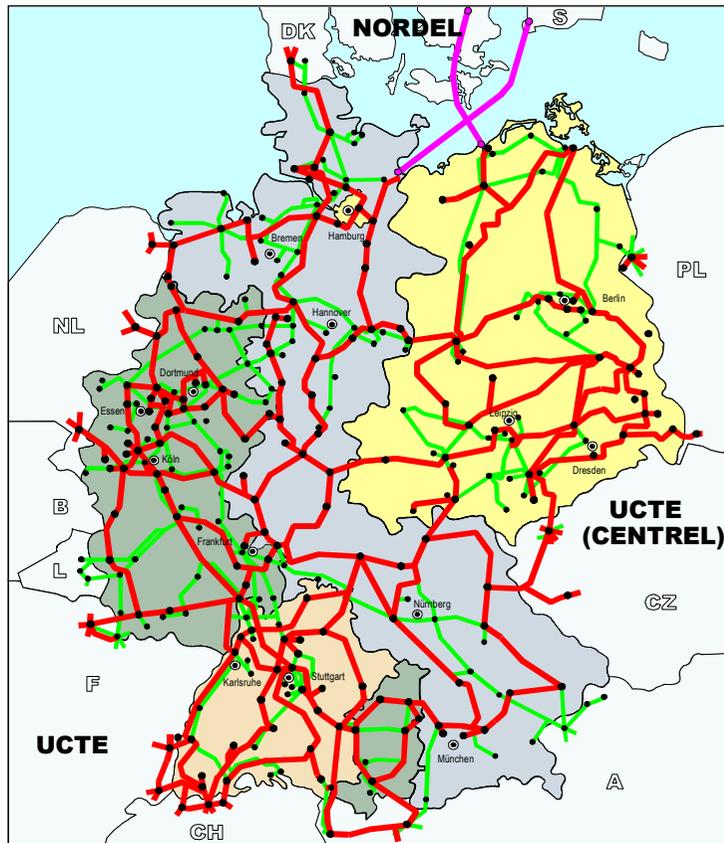
Ziele der Studie:

- Entwicklung eines Konzepts zur Integration der Windenergie in das elektrische Versorgungssystem
- Optimierung des Netz- und Kraftwerksverbunds
- Weiterentwicklung des vorhandenen Gesamtsystems
- Ableitung von Handlungsbedarf

Gliederung der Studie:

1. Entwicklung von Szenarien zum Windenergieausbau und anderer Erneuerbarer Energien (Fotovoltaik, Biomasse, Wasser, Geothermie)
2. Auswirkungen auf Ausbau und Sicherheit des Höchstspannungs-Verbundnetzes (380 / 220 kV)
3. Auswirkungen auf Kraftwerkspark, Regel-/Reserveenergie, Kosten und CO₂-Emissionen

Aufgaben des deutschen Verbundnetzes



Bisherige Aufgaben:

- **Bilanzausgleich von Kraftwerken und Verbrauchern mit unterschiedlicher Einspeise- und Verbrauchscharakteristik**
- **Vernetzung zur Reduktion von Regel- und Reserveenergie**
- **Pufferfunktion bei Lastschwankungen durch integrierte Speicher**

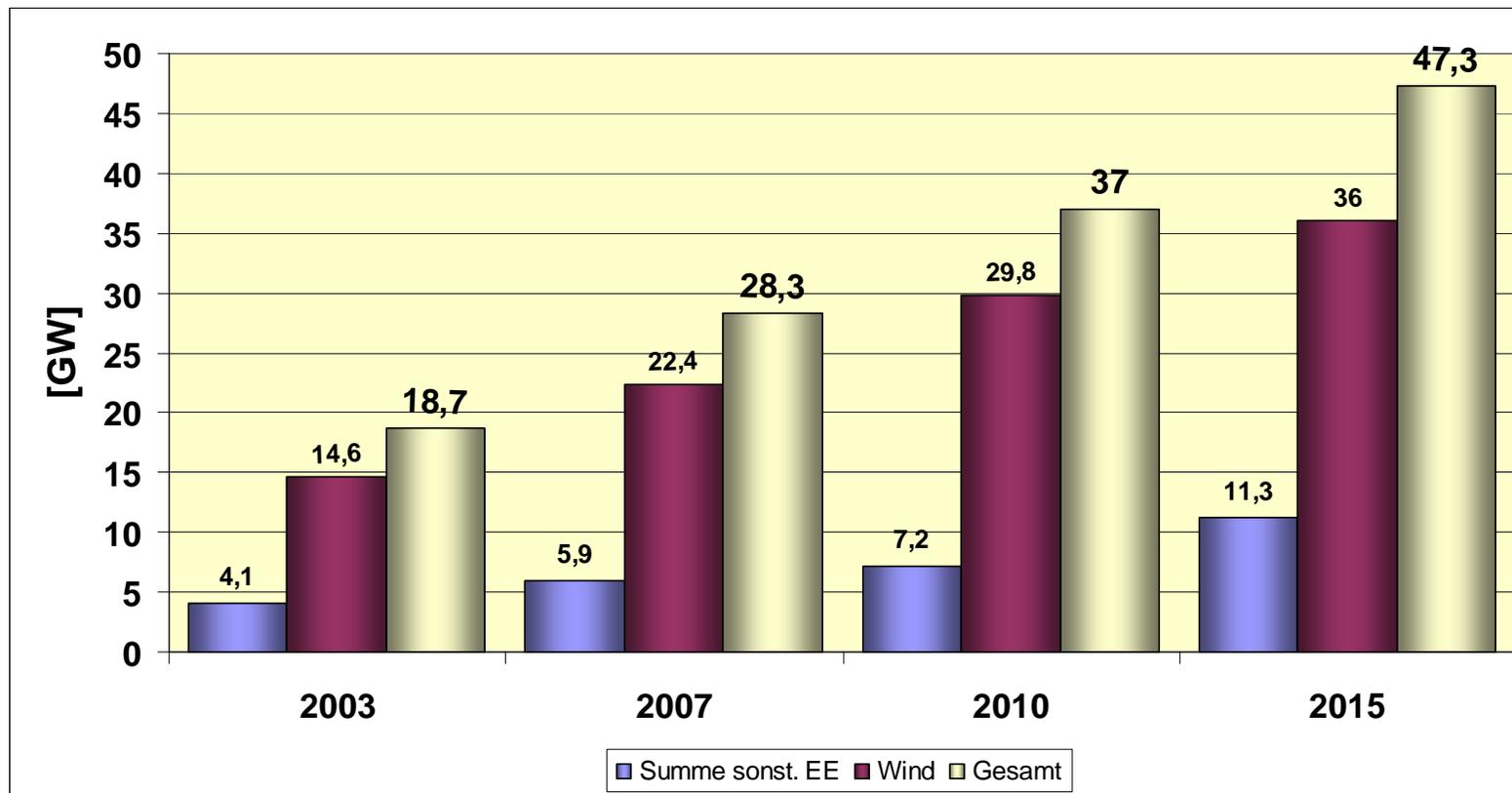
Zukünftige zusätzliche Aufgaben:

- **Bereitstellung von Transportkapazität für den Stromhandel**
- **Integration geographisch konzentrierter Windenergie-Einspeisungen**
- **Handhabung zunehmender Fluktuationen durch regenerative Stromerzeugung**

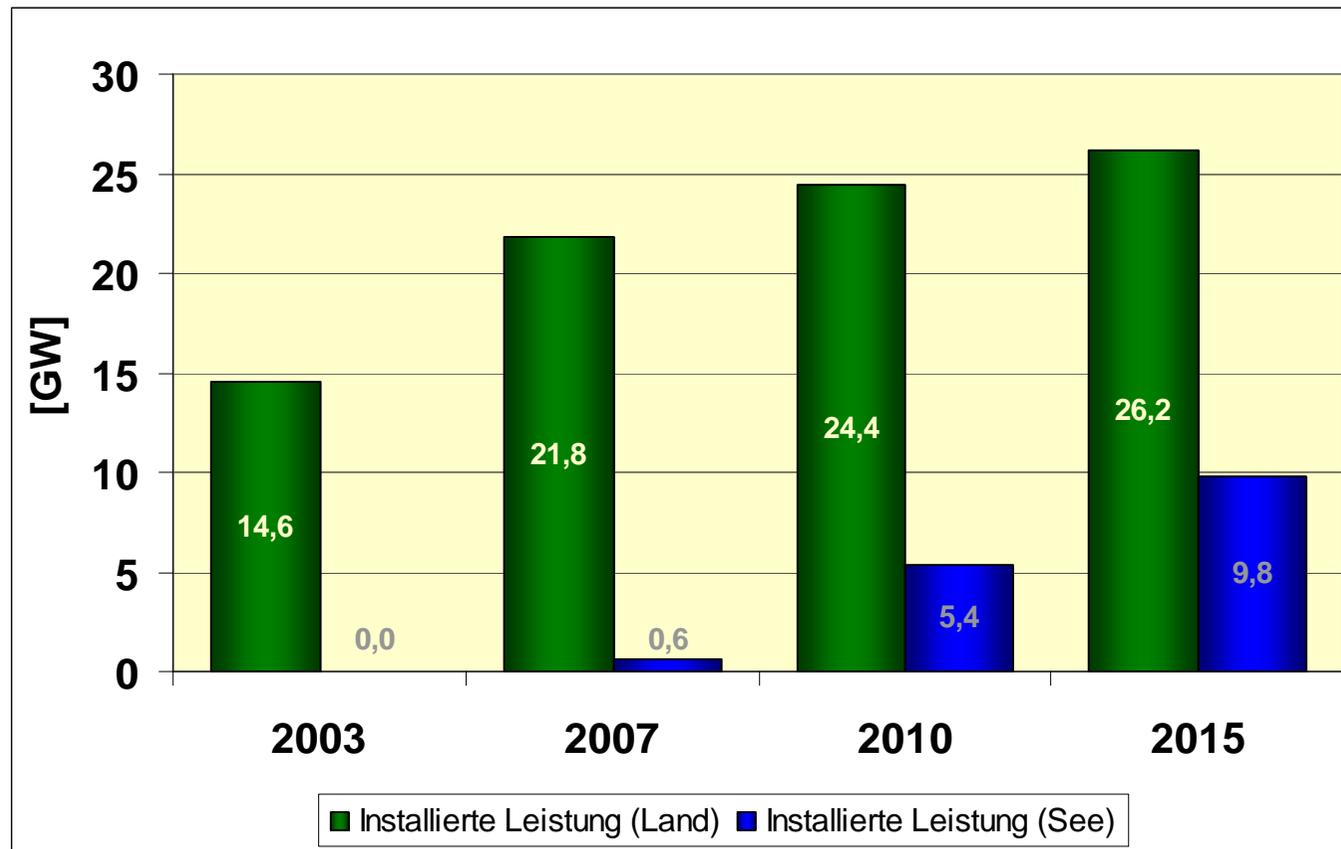
Ziel:

- **Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit und -zuverlässigkeit**

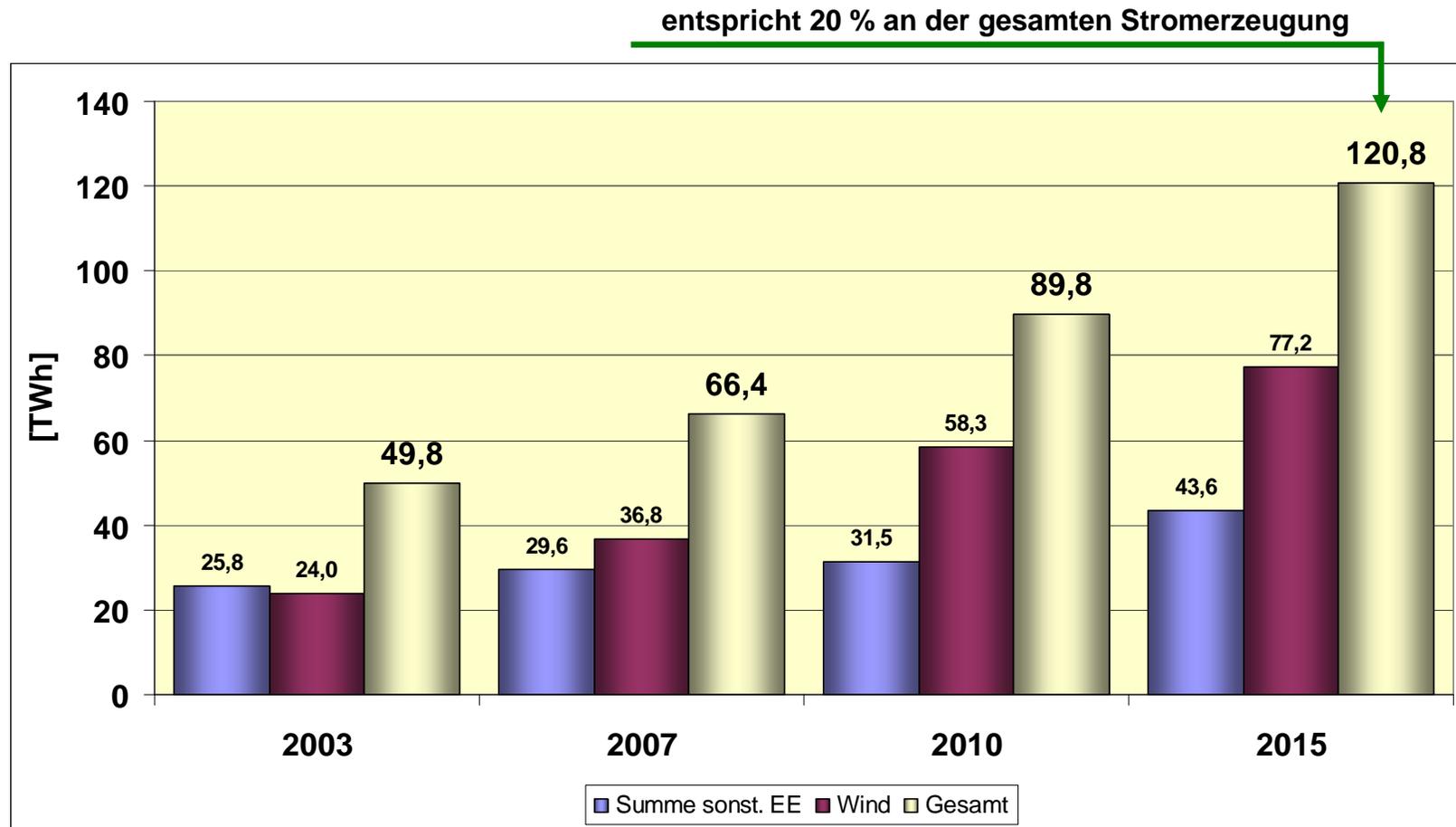
Entwicklung der installierten Leistung aus Erneuerbaren Energien



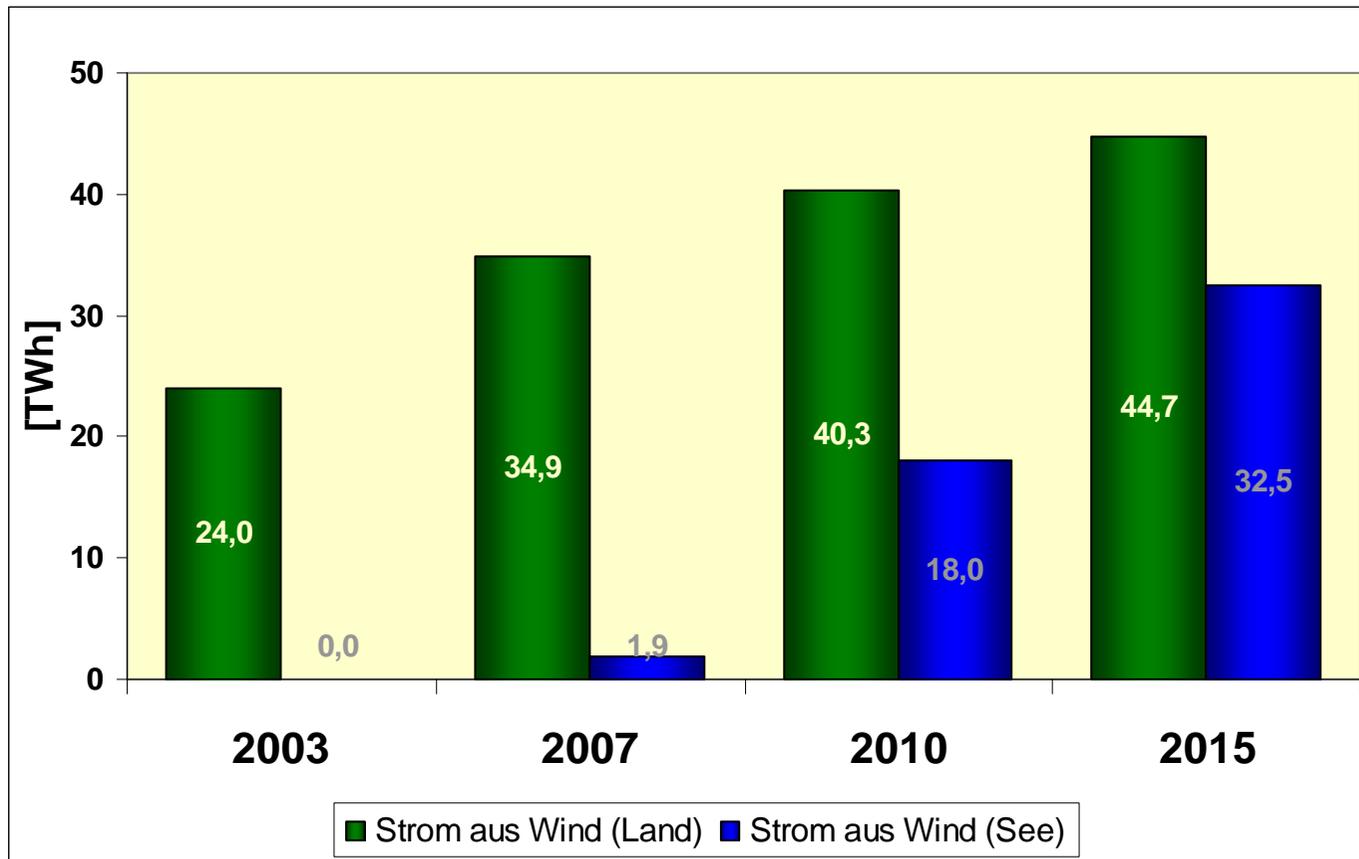
Entwicklung der installierten Leistung aus Windenergie



Entwicklung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien



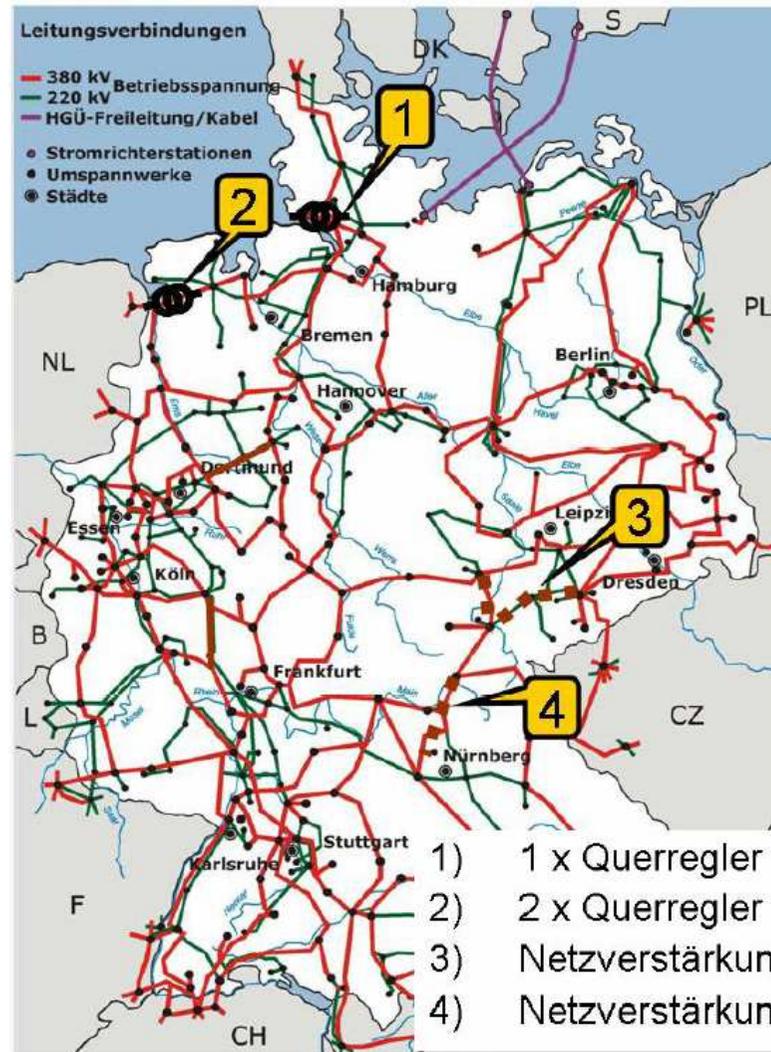
Entwicklung der Stromerzeugung aus Windenergie



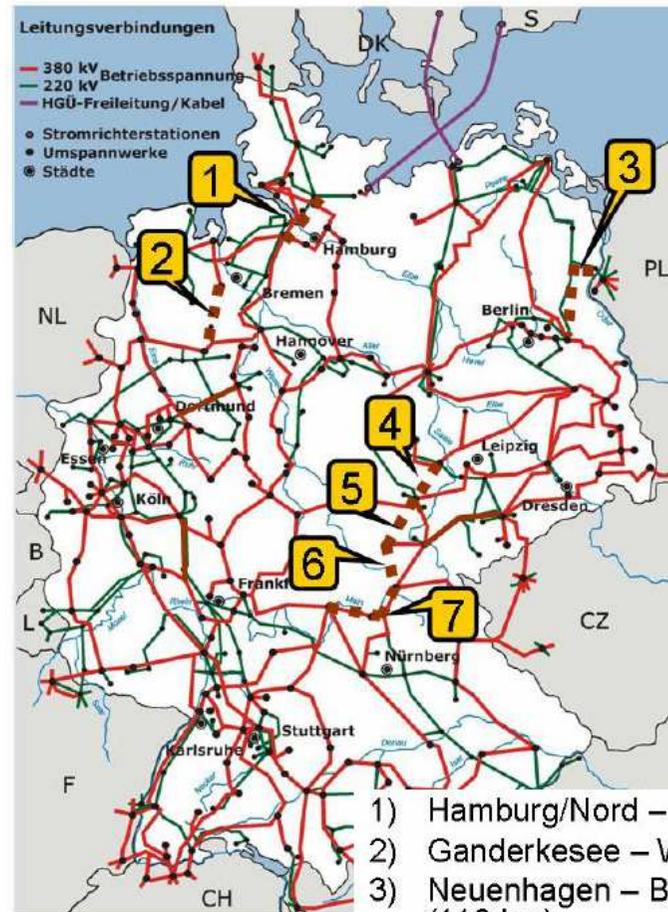
Notwendiger Ausbau des 220/380 kV Verbundnetzes

- Rechtzeitige Verstärkung u. Erweiterung des Verbundnetzes notwendig
- Erweitertes Verbundnetz steht auch für Stromhandel zur Verfügung
- Maßnahmen:
 - **Verstärkung** von 392 km des bestehenden Verbundnetzes, sowie **Bau** von 850 km **neuen** Verbundnetztrassen
 - **Ausbau** des Verbundnetzes um 5% **ermöglicht Integration** des von Bundesregierung geplanten 20%- Anteils Erneuerbarer Energien
- Zeitliche Staffelung des Netzausbaus:
 - **Bis 2007:** Verstärkung von 269 km bestehende Trassen u. 5 km Neubau
 - **2007 bis 2010:** Verstärkung von 97 km bestehende Trassen sowie Neubau von 455 km Verbundnetztrassen
 - **2010 bis 2015:** Verstärkung von 26 km bestehenden Trassen sowie Neubau von 390 km Verbundnetztrassen

Netzausbau bis 2007

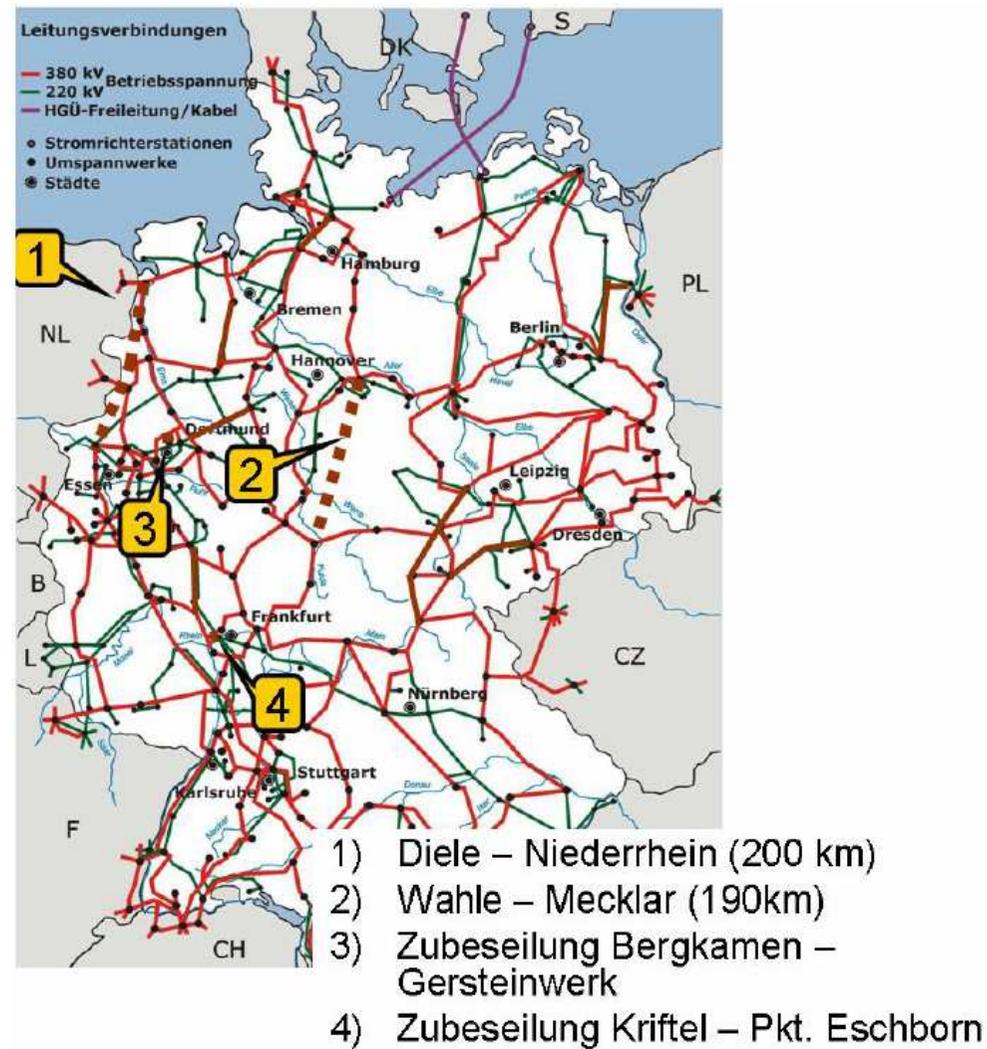


Netzausbau 2007 bis 2010



- 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 II

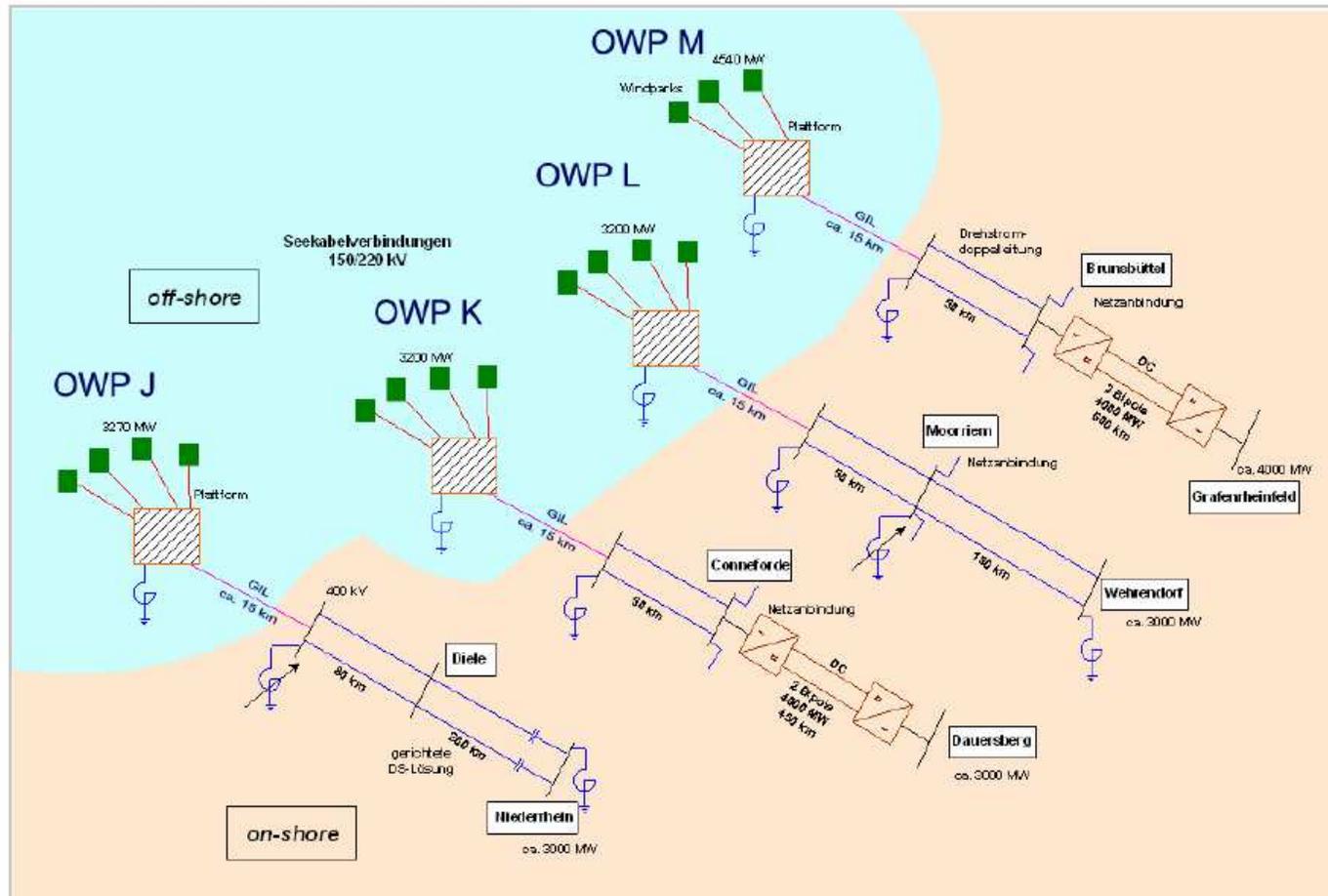
Netzausbau 2010 bis 2015



Netzausbau Offshore

- Für den Ausbau der Offshore-Windenergie ist die Anbindung der Windparks an das 380/220 kV Übertragungsnetz an Land notwendig
- Offshore-Netzanbindung wird von den Windparkbetreibern geplant und finanziert
- Offshore-Netz wird nur gebaut, wenn Offshore-Windparks auch tatsächlich errichtet werden
- Für Aufbau eines Offshore-Netzes ist eine abgestimmte Strategie und Konzeption erforderlich, um die Eingriffe in Natur und Umwelt zu minimieren

Gebündelte Anlandung von Offshore-Windstrom



Ausgehend von den Sammelstationen wird der Windstrom jeweils über gemeinsame, gebündelte Leitungen an Land geführt

Sicherheit der Stromversorgung

- Bei Ausbau der Windenergie kann die Versorgungssicherheit auf heutigem Niveau gewährleistet werden (wenn Netzausbau zügig umgesetzt wird)
- Bei Eintritt besonderer Fehlersituationen im Verbundnetz können große Windenergieleistungen (konzeptgemäß) vom Netz gehen und zu nicht zulässigen Leistungseinbrüchen führen
- Netzstudie formuliert Handlungsbedarf:
 - Weiterentwicklung der Netzanschlussbedingungen
 - Ggf. Umrüstung von Windenergie-Altanlagen
 - Maßnahmen im Verbundsystem
 - Ersatz von Windenergie-Altanlagen durch Neuanlagen (Repowering)

Auswirkungen auf den Kraftwerkspark

- Investitionen in konventionellen Kraftwerkspark werden maßgeblich durch CO₂-Handel und Brennstoffpreisentwicklungen sowie technischen Fortschritt bestimmt
- Kraftwerks-Erneuerungsbedarf in Höhe von 40.000 MW durch altersbedingte Abschaltung fossiler Kraftwerksleistung und Kernenergieausstieg
- Zusätzliche Auswirkungen durch geplanten Ausbau der regenerativen Energien, insbesondere der Windenergie
- Netzstudie berechnet Auswirkungen für 3 Szenarien, jeweils in 2 Varianten (mit / ohne Windenergie-Ausbau nach 2003)

Basisszenario ohne CO₂-Aufschlag

- **Bedingungen**
 - Keine wesentliche Veränderung bei Erdgas, Öl und Steinkohle
 - real konstanter Braunkohlepreis
 - CO₂-Zertifikate sowohl für Bestands- als auch für Neuanlagen werden bedarfsgerecht und kostenlos zugeteilt
 - CO₂-Preis geht nicht in die Kosten- und Preiskalkulation der Unternehmen ein
- Braun- und Steinkohlekraftwerke als Grund- und Mittellastkraftwerke haben im Vergleich zu Erdgas befeuerten Kraftwerken eine bessere Wettbewerbssituation

Basisszenario mit CO₂-Aufschlag

■ Bedingungen

- Keine wesentlichen Veränderungen bei Erdgas, Öl und Steinkohle
- real konstanter Braunkohlepreis
- CO₂-Zertifikate werden versteigert und die CO₂-Preise steigen (2007: 5 €/t; 2010: 10 €/t; 2015: 12,5 €/t)

➔ Von 2003 bis 2015 steigen die Brennstoffkosten pro MWh bei Braunkohle um 170 %, Steinkohle um 69%, Erdgas um 14 %, Heizöl EL um 6% und Heizöl S um 12 %.

- Braun- und Steinkohlekraftwerke als Grund- und Mittellastkraftwerke haben im Vergleich zu Erdgas befeuerten Kraftwerken eine erheblich verschlechterte Wettbewerbssituation

Alternativszenario mit CO₂-Aufschlag

■ Bedingungen

- Anstieg des Erdgas- und Ölpreises in 2015 gegenüber 2003
- CO₂-Zertifikate werden versteigert und die CO₂-Preise steigen
(2007: 5 €/t; 2010: 10 €/t; 2015: 12,5 €/t)

➔ Von 2003 bis 2015 steigen die Brennstoffkosten pro MWh bei
Braunkohle um 170 %, Steinkohle um 69%, Erdgas um 33%, Heizöl EL um 20% und Heizöl S um 18 %.

- Der Wettbewerbsvorteil, den Erdgas bei steigenden CO₂-Preisen gegenüber den CO₂-intensiven Energieträgern Braun- und Steinkohle hat, wird durch steigende Erdgaspreise z. T. kompensiert

Auswirkung des Windenergieausbaus auf Regel- und Reserveleistung

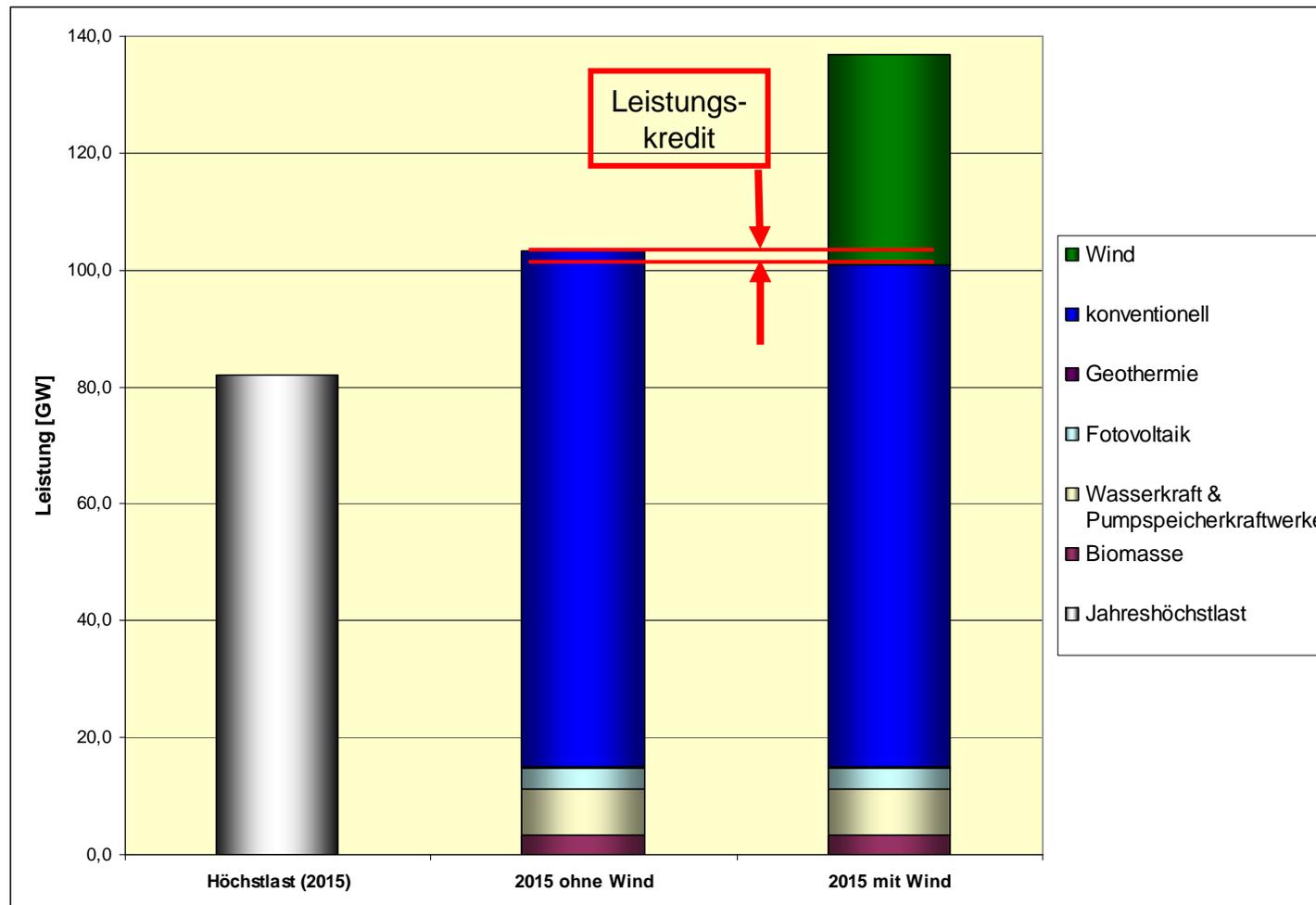
- Ausbau der Windenergie stellt zusätzliche Anforderungen an Regel- und Reserveleistung
- Bedarf hängt von Prognosegenauigkeit der Windenergie ab, die Kosten von der Marktstruktur
- Bedarf an positiver und negativer Regel- und Reserveleistungen:

	Positive Regel- und Reserveleistung	negative Regel- und Reserveleistung
2003	1.200 MW (max. 2.000 MW)	750 MW (max. 1.900 MW)
2015	3.200 MW (max. 7.000 MW)	2.800 MW (max. 5.500 MW)

- Die zusätzlich benötigte Regel- und Reserveleistung wird durch bestehenden Kraftwerkspark bereitgestellt

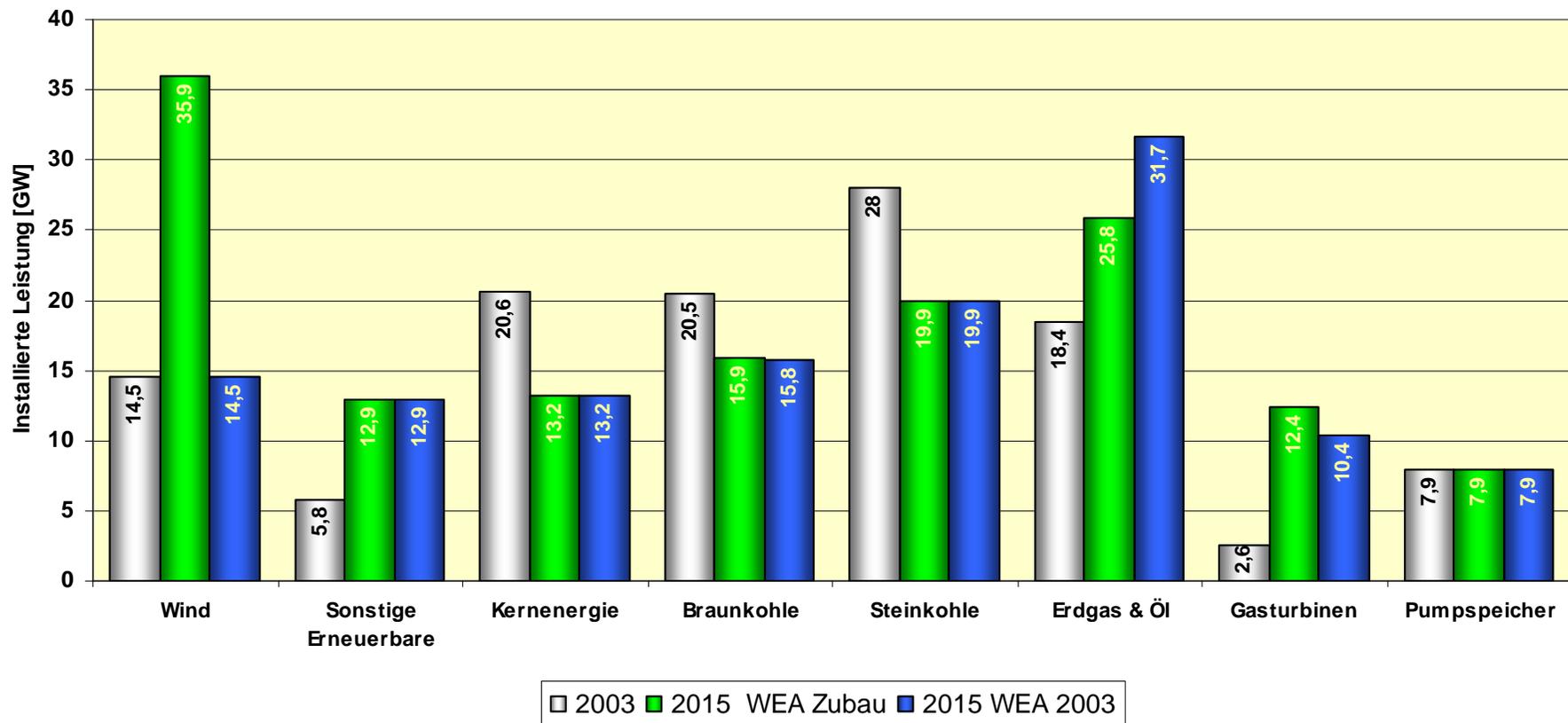
Höchstlast und installierte Leistung des Kraftwerksparks in 2015 mit und ohne Windenergieausbau

Zugewinn an gesicherter Leistung durch Ausbau der Windenergie (Leistungskredit) im Jahr 2015 ca. 6 % der installierten Windleistung

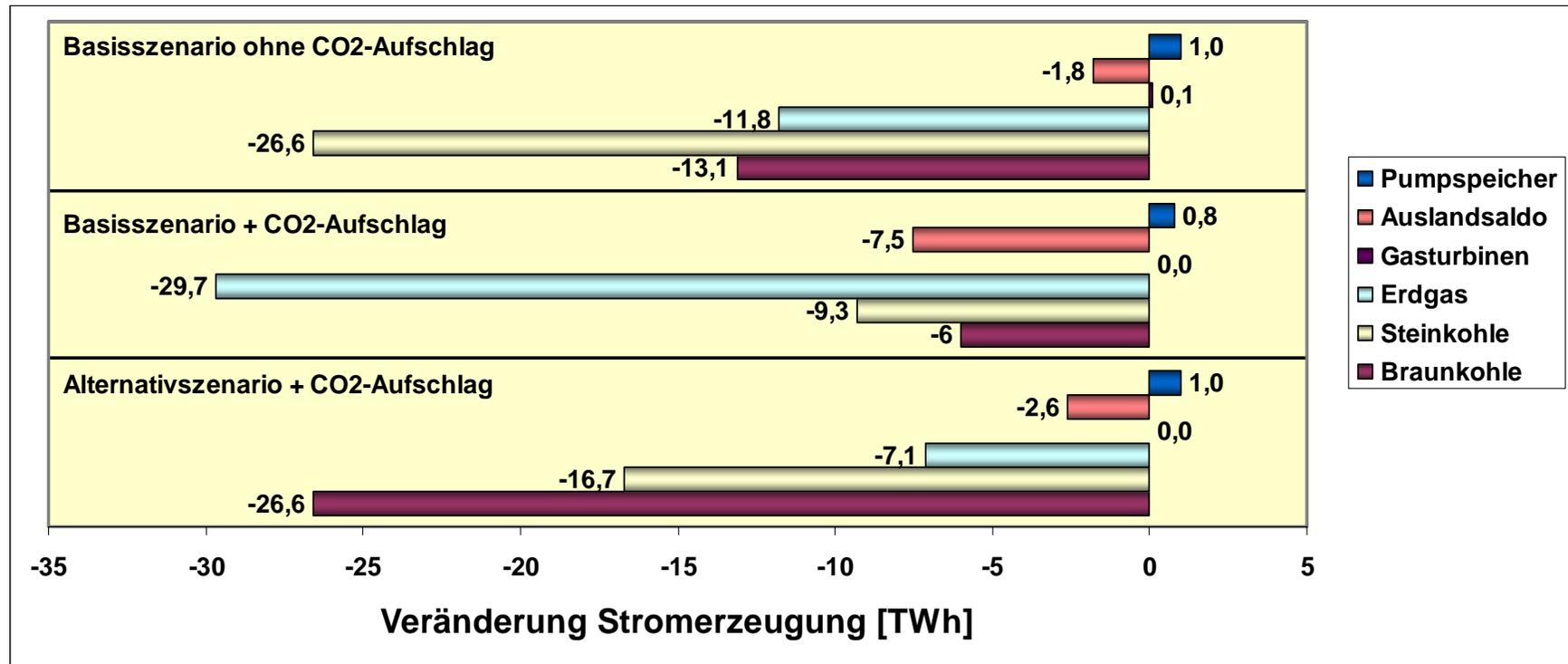


Vergleich Kraftwerkspark 2003 mit 2015 (mit und ohne weiteren Windenergieausbau)

Basisszenario + CO2



Einfluss der Windenergie auf Stromerzeugung in 2015



Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -nachfrage

- In bestimmten Lastsituationen (z. B. bei Schwachlast und Starkwind) besteht in wenigen Tagen im Jahr ein Stromerzeugungsüberschuss in Deutschland
- Lösungsansätze:
 - Einspeisemanagement für Windstrom (Abregeln der Windenergieanlagen)
 - Lastmanagement (z. B. Nachtspeicherheizungen, Druckluftanlagen)
 - Zusätzliche Speicher
 - Export von Strom ins Ausland

CO₂-Einsparungen nach Szenarien

Basisszenario ohne CO₂- Aufschlag :

- Durch Windenergieausbau werden CO₂-Emissionen stabilisiert und die durch begonnenen Atomausstieg verursachten Zusatzemissionen kompensiert

Basisszenario mit CO₂- Aufschlag:

- Durch Windenergieausbau sinken CO₂-Emissionen im Jahr 2015 um 10% von 251 Mio. t CO₂ auf 228 Mio. t CO₂

Alternativszenario mit CO₂- Aufschlag:

- Durch Windenergieausbau sinken die CO₂-Emissionen im Jahr 2015 um 12% von 302 Mio. t CO₂ auf 264 Mio. t CO₂

Kostenaspekte beim Ausbau der Windenergie

- **Kostenerhöhungen ergeben sich durch**
 - EEG-Einspeisevergütung
 - Kosten für Verstärkung und Ausbau des Höchstspannungsnetzes
 - Kosten im konventionellen Kraftwerkspark inklusive Regel- und Reserveenergie

- **Kosteneinsparungen im konventionellen Kraftwerkspark durch Reduktion der**
 - Brennstoffkosten
 - Kapitalkosten
 - Instandhaltungskosten

Kosten durch Ausbau der EE bis 2015 - Nichtprivilegierter Verbrauch -

- **Mehrkosten in 2015 gegenüber 2003 durch Windenergieausbau**
 - Basisszenario: 0,485 Cent (2003) / kWh
 - Basisszenario + CO₂: 0,415 Cent (2003) / kWh
 - Alternativszenario CO₂: 0,385 Cent (2003) / kWh

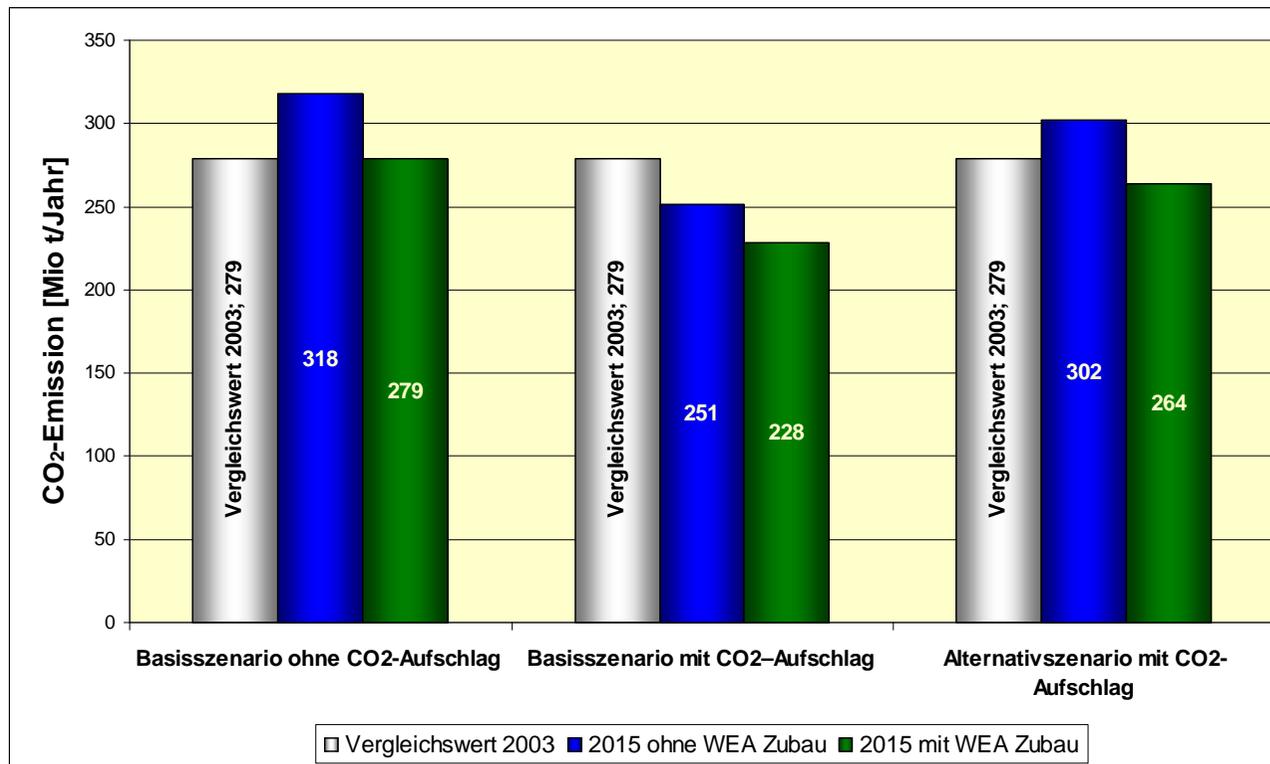
- **Kosten in 2015 durch Ausbau sämtlicher Erneuerbarer Energien, einschließlich Wind**
 - Basisszenario: 1,105 Cent (2003) / kWh
 - Basisszenario + CO₂: 0,965 Cent (2003) / kWh
 - Alternativszenario CO₂: 0,905 Cent (2003) / kWh

Kosten durch Ausbau der EE bis 2015 - Privilegierter Verbrauch -

- **Mehrkosten in 2015 gegenüber 2003 durch Windenergieausbau**
 - Basisszenario: 0,175 Cent (2003) /kWh
 - Basisszenario + CO₂: 0,175 Cent (2003) / kWh
 - Alternativszenario CO₂: 0,175 Cent (2003) / kWh

- **Kosten in 2015 durch Ausbau sämtlicher Erneuerbarer Energien, einschließlich Wind**
 - Basisszenario: 0,335 Cent (2003) /kWh
 - Basisszenario + CO₂: 0,305 Cent (2003) / kWh
 - Alternativszenario CO₂: 0,295 Cent (2003) / kWh

Entwicklung der CO₂-Emissionen im Kraftwerkspark



CO₂-Vermeidungskosten durch Windenergie (je nach Szenario)

Jahr 2007: 95 bis 168 € / t CO₂

Jahr 2015: 41 bis 77 € / t CO₂

Handlungsbedarf

Kurz-mittelfristig

- Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen für den Netzausbau
- Weiterentwicklung der Netz-Anschlussbedingungen für Windenergieanlagen, auch im Verteilnetz
- Prüfung der Nachrüstbarkeit von Altanlagen

Mittel-langfristig

- Aktive Beteiligung der Windenergieanlagen an Netzbetriebsführung: Einspeisemanagement, Netzstützung in Fehlersituationen, Bereitstellung von Regelleistung
- Ausweitung der Betrachtungen auf europäischen Netzverbund

Inhalte dena-Netzstudie Teil II

- **Vorliegender Teil I deckt Zeitraum bis 2015 ab (20% EE-Ziel der Bundesregierung)**
- **Zeitraum bis 2025 (weiterer Ausbau der Offshore-Windleistung um 10.000 MW) wird in Teil II untersucht:**
 - Betrachtung über UCTE Gebiet hinaus
 - Beteiligung der WEA an Netzbetriebsführung (interaktives Einspeisemanagement) sowie Lastmanagement ausgewählter Verbraucher
 - Einsatzmöglichkeiten und Betriebsführungsstrategien für Speicher
 - Einfluss der Betriebsmittelbelastbarkeit von Umgebungsbedingungen
 - Handhabung von Netzengepässen
 - Entwicklung und Struktur des Kraftwerksparks
 - Auswirkungen auf Kosten der Stromerzeugung

Pressekontakt



Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Chausseestraße 128 a

D 10115 Berlin

Fon: 030-726 16 56-0

Fax: 030-726 16 56-99

Stephan Kohler, Geschäftsführer

Dr. Martin Hoppe-Kilpper, Bereichsleiter Kraftwerke und Netze

www.dena.de