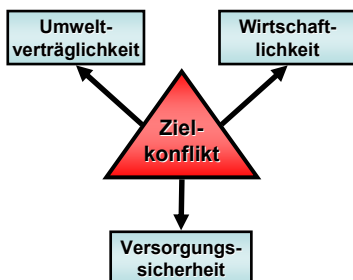


Windenergie quo vadis – Ergebnisse der dena-Netzstudie

Dipl.-Volkswirt Markus Peek
Energiewirtschaftliches Institut an
der Universität Köln

Stuttgart, 6. April 2005

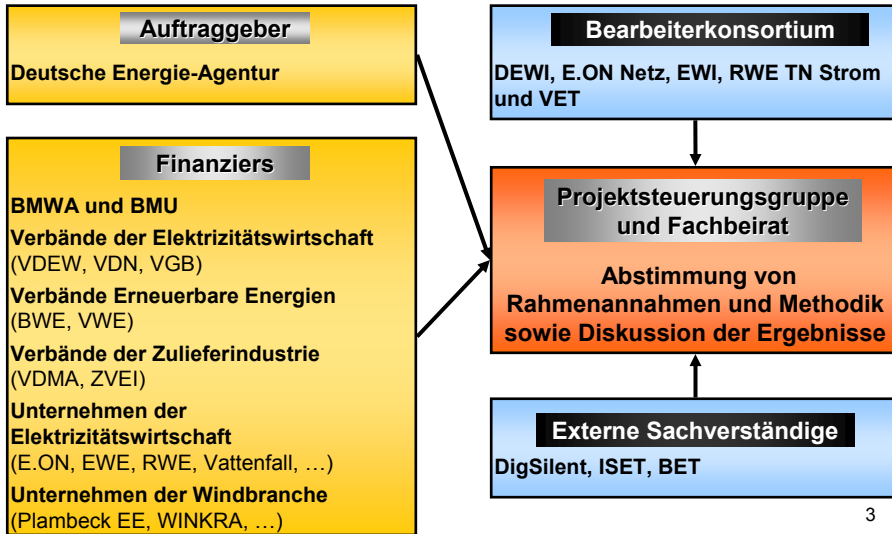
Ziele der dena-Netzstudie



- Welcher Ausbaupfad ist bei der Windenergie zu erwarten?
- Welche Anpassungsmaßnahmen im Netz sind mit dem Ausbau der Windenergie verbunden?
- Welche Auswirkungen hat der Ausbau der Windenergie auf die konventionelle Stromerzeugung?
- Welche Kostenerhöhungen sind mit der Nutzung der Windenergie verbunden?

Versachlichung der Diskussion des zukünftigen Beitrags der Windenergie zur Stromversorgung durch Beteiligung aller relevanten Akteure im Rahmen der dena-Netzstudie.

Organisation der dena-Netzstudie



3

Aufbau der Studie



Bearbeiterkonsortium:

DEWI, E.ON Netz, RWE TN Strom, Vattenfall Europe Transmission mit Konsortialführer EWI.

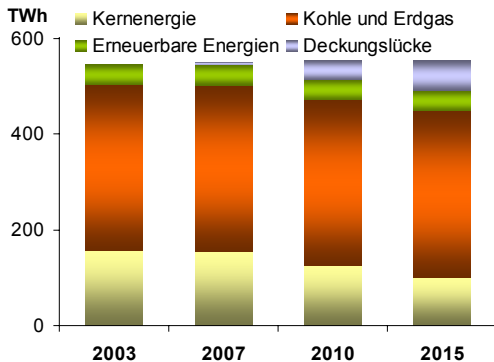
- **Teil 1:** Entwicklung von Szenarien zum Ausbau der Windenergie und anderer EE durch das DEWI.
- **Teil 2:** Untersuchung der Auswirkungen auf Ausbau und Sicherheit des Höchstspannungsnetzes durch E.ON Netz, RWE TN Strom und VET.
- **Teil 3:** Untersuchung der Auswirkungen auf den konventionellen Kraftwerkspark, CO₂-Emissionen und Kosten der Stromerzeugung durch das EWI.

4

Deckungslücke durch den Ausstieg aus der Kernenergie bis 2015



Deckung der Stromnachfrage 2003 bis 2015 in Deutschland; Angaben in TWh(netto)

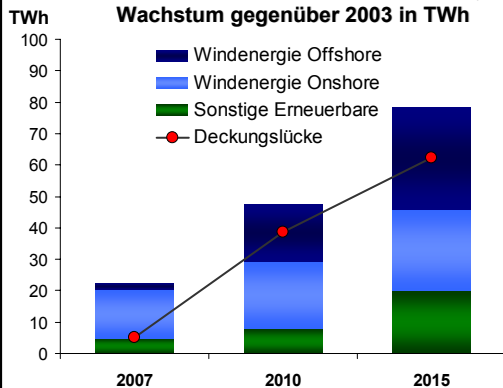


- Trotz eines geringeren Verbrauchswachstums wird durch den Kernenergieausstieg bis 2015 eine Deckungslücke in der Stromerzeugung von rund 60 TWh entstehen.
- Zusätzlich sollen CO₂-Emissionen in der Stromerzeugung von 2003 bis 2015 um ca. 2 - 4% eingespart werden.
- Neben rd. 20 GW Kernkraftwerksleistung werden bis 2020 rd. 20 GW Ersatzinvestitionen für fossil befeuerte Kraftwerke erfolgen müssen.
- Deckungslücke muss unter Berücksichtigung des Zielkonflikts Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit geschlossen werden.

Prognose der Entwicklung der Stromerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien



Ausbauszenario EE dena-Netzstudie; Wachstum gegenüber 2003 in TWh

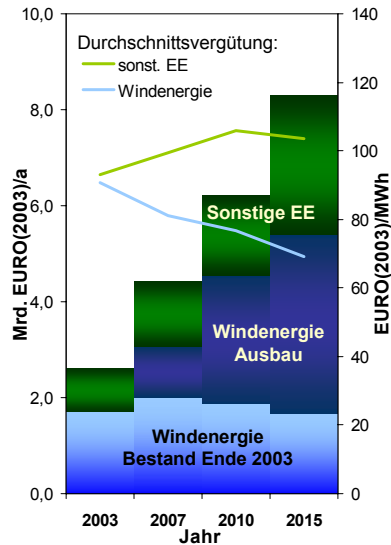


- dena-Netzstudie unterstellt, dass Deckungslücke bis 2015 durch einen Ausbau von EE überkompensiert wird.
- Bis 2007 nimmt insbesondere die Stromerzeugung durch Windenergie an Land noch weiter zu.
- Ab 2010 wird Windenergie auf See den Ausbau der EE bestimmen.
- Annähernde Verdreifachung der Stromerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien von 2003 bis 2015.
- Anteil der Windenergie an diesem Wachstum von 75 %.

Förderkosten für Erneuerbare Energien bis 2015



- **Verdreifachung des realen Förder volumens von 2,6 Mrd.€/a im Jahr 2003 auf fast 8,3 Mrd.€/a im Jahr 2015.**
- **Etwa 65 % der Erhöhung der Förderkosten zwischen 2003 und 2015 sind auf den Ausbau der Windenergie zurückzuführen.**
- **Während die durchschnittlichen realen Einspeisevergütungen von Windenergie deutlich abnehmen, steigen die spezifischen Stromerzeugungskosten über den Mix der sonstigen EE weiter an.**



Implikationen des Windenergieausbaus für die Elektrizitätswirtschaft in Deutschland



1. Positive Effekte:

- Verringerung der Stromerzeugung in fossil befeuerten Kraftwerken:
 - Verringerung der Abhängigkeit von Importenergien (Erdgas und Steinkohle);
 - Reduzierung der Treibhausgasemissionen (CO₂-Emissionen);
 - Reduzierung der absoluten Kosten in der konventionellen Stromerzeugung.

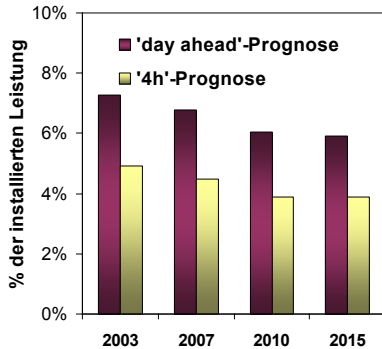
2. Negative Effekte:

- Erhöhung der Gesamtkosten der Stromerzeugung:
 - Stromgestehungskosten von EE trotz deutlicher Kostendegressionen auch mittelfristig höher als Stromerzeugungskosten fossil befeuerter Kraftwerke;
 - Volatilität und Prognosefehler der Windenergieeinspeisung müssen durch konventionellen Kraftwerkspark aufgefangen werden.
- Netzausbauten zum Abtransport der Strommengen von den Erzeugungsregionen in Norddeutschland in die Verbrauchszentren in West- und Süddeutschland;
- Erhöhung der Strompreise für Endverbraucher;

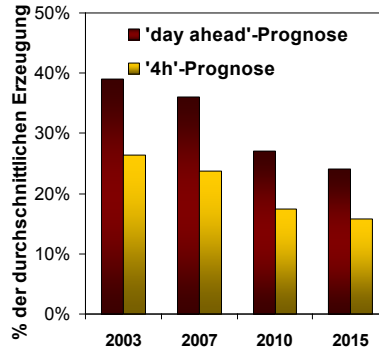
Prognosefehler der Windenergieeinspeisung I



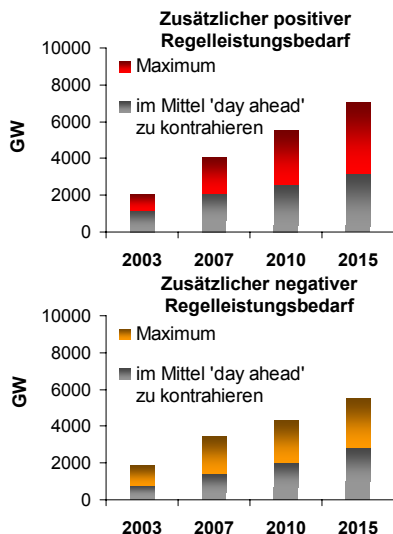
Prognosefehler bezogen auf die installierte WEA-Leistung



Prognosefehler bezogen auf die durchschnittl. WEA-Erzeugung



Prognosefehler der Windenergieeinspeisung II



➤ Wachsender Anteil der Windenergie wird zunehmenden Bedarf an Regelleistung verursachen.

➤ Implikation für die konventionelle Stromerzeugung bei konstantem Niveau der Versorgungszuverlässigkeit:

Konventionelle Kraftwerke müssen zunehmend im Teillastmodus betrieben werden;

Pumpspeicherkraftwerke sind verstärkt als Regelkraftwerke einzusetzen;

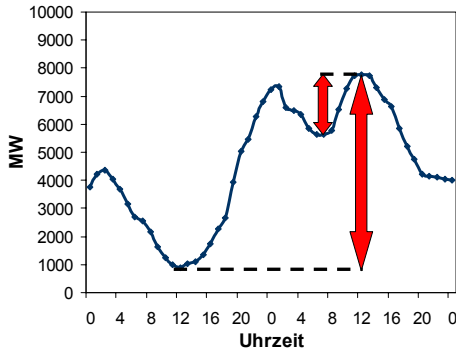
Auslegung von Kraftwerksneubauten muss zunehmend unter dem Aspekt der Flexibilität erfolgen.

Erhöhung der Kosten durch zunehmende Unsicherheit bei Einsatz- und Investitionsentscheidung der Kraftwerksbetreiber.

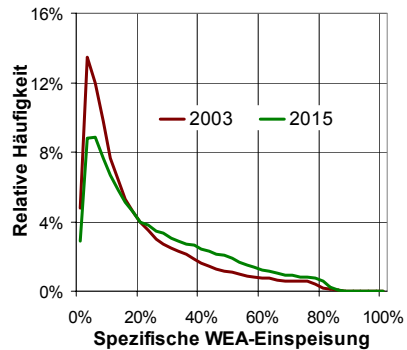
Volatilität der Windenergieeinspeisung I



Kurzfristige Volatilität der Windenergieeinspeisung



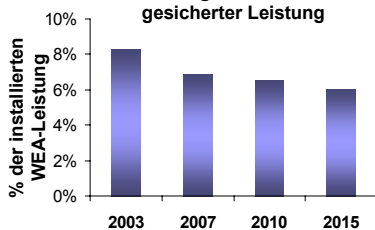
Jährliche Volatilität der Windenergieeinspeisung



Volatilität der Windenergieeinspeisung II

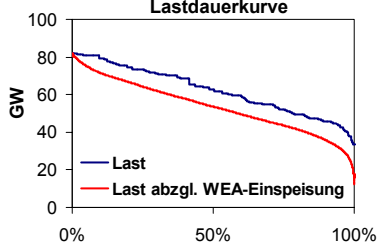


Zugewinn an gesicherter Leistung



- **Zunehmender Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung ist nicht mit entsprechenden Kapazitätseffekten verbunden.**
- **Implikation für die konventionelle Stromerzeugung bei konstantem Niveau der Versorgungssicherheit:**

Lastdauerkurve



Konventionelle Kraftwerke müssen als ‚back up‘ in Zeiten mit hoher Last und geringer Windstromerzeugung vorgehalten werden.

Verringerung der durchschnittlichen Auslastung der konventionellen Kraftwerke um ca. 10%-Punkte und somit Erhöhung der spezifischen Stromerzeugungskosten der konventionellen Kraftwerke.

Verringerung der Wirtschaftlichkeit von Grundlastkraftwerken.

Energiewirtschaftliche und energiepolitische Rahmenbedingungen



Basisszenario:

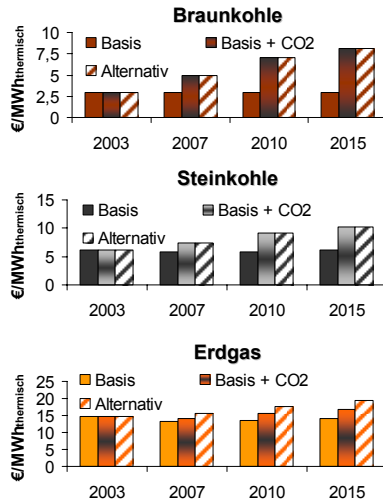
Keine wesentliche Veränderung der Brennstoffpreise gegenüber Situation des Jahres 2003; CO₂-Kosten durch Einführung des Europäischen Zertifikatehandels gehen nicht in Preis- und Kostenkalkulation der Unternehmen ein.

Basisszenario + CO₂:

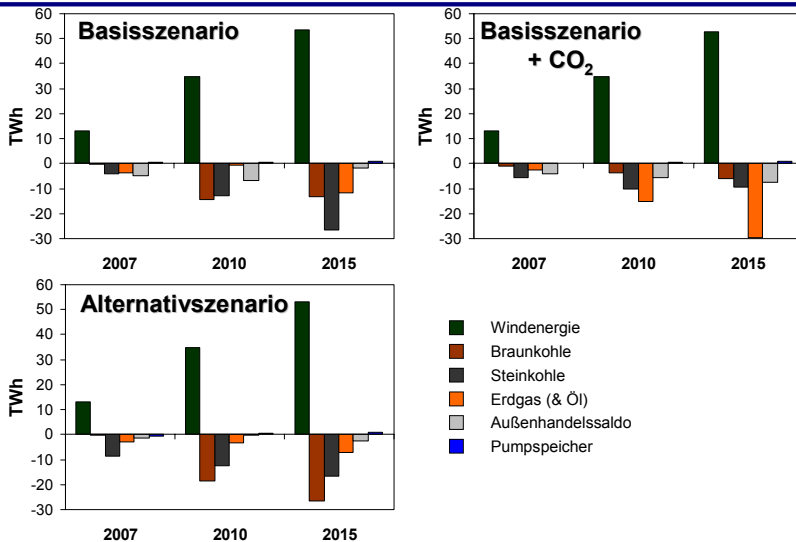
Gleiche Entwicklung der Brennstoffpreise wie im Basisszenario und Berücksichtigung des CO₂-Handels in Preis- und Kostenkalkulation der Unternehmen (CO₂-Zertifikatspreise von 5€/t (2007), 10€/t (2010) und 12,5€/t (2015)).

Alternativszenario:

Berücksichtigung des CO₂-Handels in Preis- und Kostenkalkulation der Unternehmen und deutlicher Anstieg des Erdgaspreises.



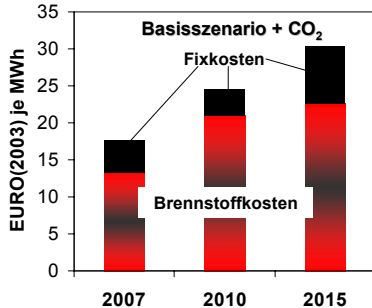
Abhängigkeit der Auswirkungen des Windenergieausbaus von der Brennstoffpreisentwicklung



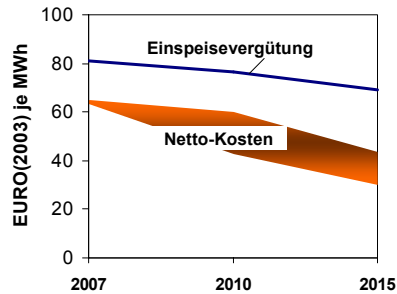
Brutto- vs. Nettokosten des Ausbaus der Windenergie



Kosteneinsparungen im konventionellen Kraftwerkspark je zusätzlicher MWh Windenergie



Kosten des Windenergieausbaus je zusätzlicher MWh Windenergie

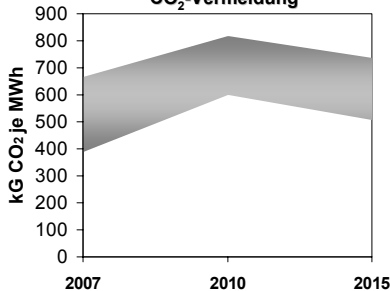


Während die spezifischen Brutto- und Nettokosten durch sinkende Einspeisevergütungen abnehmen, erhöhen sich die absoluten Netto-Kosten durch den Ausbau der Windenergie um ca. 2 Mrd. €(2003) bis zum Jahr 2015.

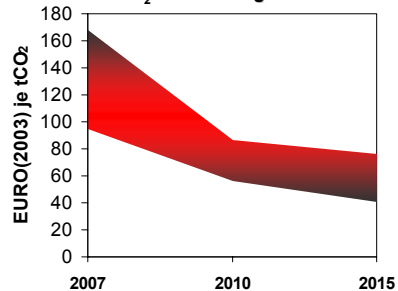
Klimaschutz durch Windenergieausbau



Spezifische CO₂-Vermeidung



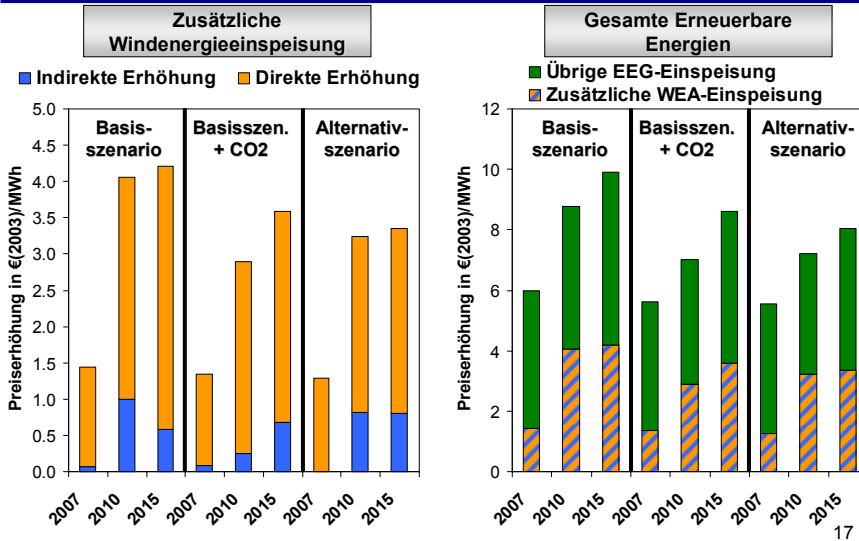
Spezifische CO₂-Vermeidungskosten



Je nach Brennstoffpreisentwicklung können durch die zusätzliche Windenergieeinspeisung von 53 TWh im Jahr 2015 zwischen 30 und 40 Mio. t CO₂ in der Stromerzeugung eingespart werden.

Die CO₂-Vermeidungskosten liegen allerdings auch 2015 mit 40 bis 80 €(2003) je t CO₂ im Vergleich zu alternativen Vermeidungsmöglichkeiten sehr hoch.

Durchschnittliche Erhöhung der Strombezugskosten für Endverbraucher durch EE-Förderung



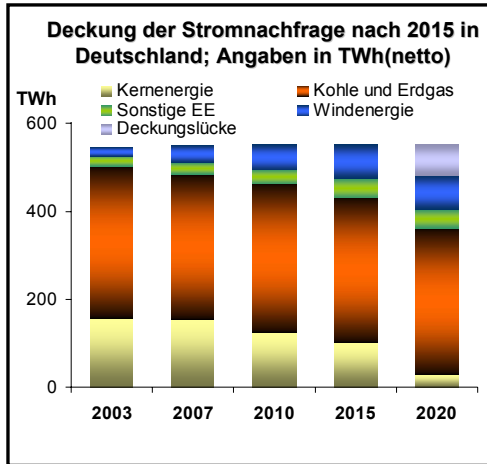
17

Fazit bis 2015

- Ausbau der Windenergie kann einen Beitrag zur Erreichung von Klimaschutzziele als wirtschaftlichste Option unter den Erneuerbaren Energien leisten.
- Bei entsprechender Umsetzung der Erkenntnisse der dena-Netzstudie ist der anvisierte Ausbau der Windenergie bis 2015 realisierbar.
- Bis 2015 ist der Ausbau der Windenergie mit erheblichen Zusatzbelastungen für die Volkswirtschaft verbunden und erhöht die Strompreise der Endverbraucher spürbar.
- Sichere Rahmenbedingungen für Investitionen in den Ausbau der Netze und für Ersatzinvestitionen von Kraftwerken müssen gesetzt werden, damit eine ‚optimale‘ Integration der Windenergie möglich ist.
- Langfristig müssen Erneuerbare Energien durch entsprechende Kostendegression zeigen, dass sie die Wirtschaftlichkeit erreichen.
- Eine aktivere Einbindung der Erneuerbaren Energien in den wettbewerblichen Strommarkt wird zwangsläufig erfolgen müssen.

18

Weitere Deckungslücke bis 2020



- Weitere Deckungslücke von über 70 TWh;
- Bei Schließung der Deckungslücke durch EE müssten rund 1/3 der Stromerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energie erfolgen;
- Weitere Verdopplung der Windstromerzeugung wäre erforderlich;
- Sonstige EE haben beschränkte Potentiale (Wasserkraft, Biomasse) oder sehr hohe Stromgestehungskosten (Fotovoltaik, Geothermie).

19

Ausblick



1. Für einen weiteren massiven Ausbau der Windenergie nach 2015 gibt es im derzeitigen System nachfrageseitige Beschränkungen, da Windenergie nicht wirtschaftlich steuerbar.
2. Weiterer Ausbau nach 2015 erfordert zusätzliche nachfrageseitige und/oder erzeugungsseitige Flexibilitäten wie z.B.
 - Lastmanagement,
 - Speichertechnologien,
 - „Virtuelles Kraftwerk“,
 - verstärkte Einbindung in das Europäische Elektrizitätssystem oder ein aktives Erzeugungsmanagement der WEA.
3. Detaillierte Untersuchung zur technischen Machbarkeit und ökonomischen/ökologischen Auswirkungen im Rahmen einer dena-Netzstudie II geplant

20

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Volkswirt Markus Peek

Stellvertretender Geschäftsführer des
Energiewirtschaftlichen Instituts an der
Universität Köln

peek@wiso.uni-koeln.de

www.ewi.uni-koeln.de