



# Aspekte zur Zukunft der Stromversorgung

Ist eine CO<sub>2</sub>-freie Stromversorgung bis 2050 machbar?

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Vizepräsident für Forschung und Hochschulentwicklung der TU Clausthal

Direktor des Instituts für Elektrische Energietechnik

Clausthal-Zellerfeld, 02. Juni 2008

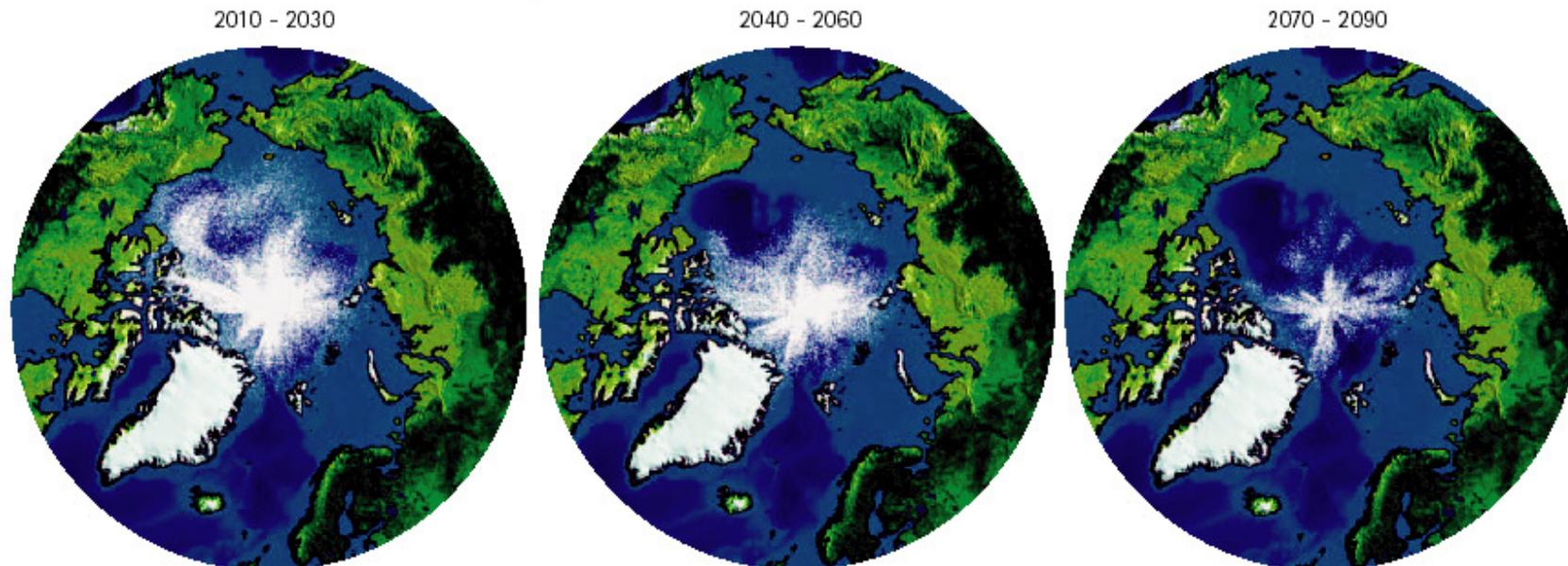


## Inhaltsverzeichnis

- Klimaschutz und Treibhausgas-Ausstoß in Deutschland, erreichter Stand und Ausblick
- Fortschreibung der EEG- und KWK-Mittelfristprognosen des Verbandes der Netzbetreiber (VDN) bis 2050
- Kraftwerkspark bei 50 % regenerativer Stromerzeugung
- Ist 100 % - regenerativer Stromerzeugung möglich?
- Probleme der 100 % - dezentralen Stromerzeugung am Beispiel des Energieparks Clausthal
- Zusammenfassung

## Simulation: Rückgang der See-Eisfläche in diesem Jahrhundert

Projected Ice Extent (5-model average for September)

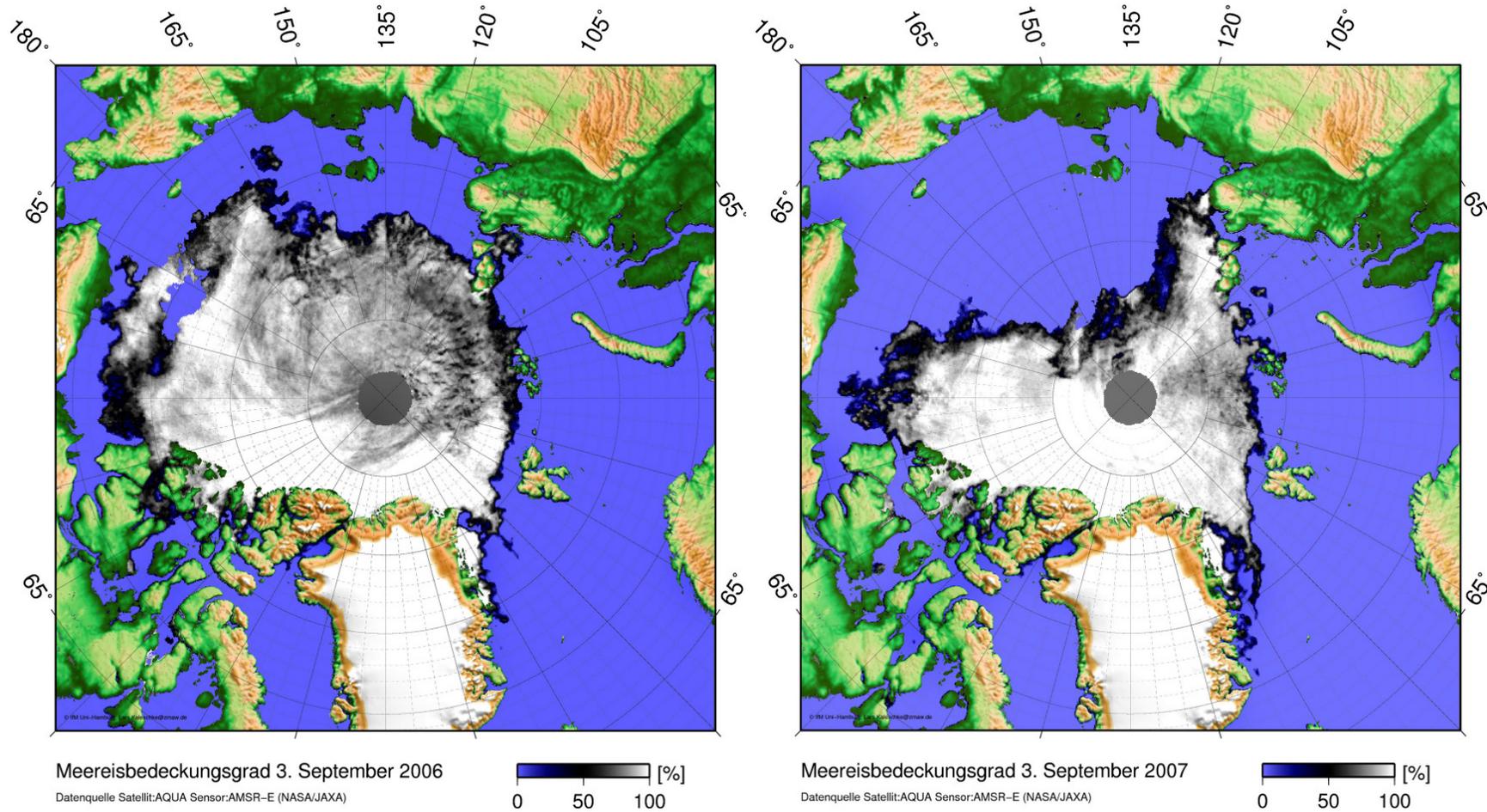


©2004, ACIA/ map ©Clifford Grabhorn

September sea-ice extent, already declining markedly, is projected to decline even more rapidly in the future. The three images above show the average of the projections from five climate models for three future time periods. As the century progresses, sea ice moves further and further from the coasts of arctic land masses, retreating to the central Arctic Ocean. Some models project the nearly complete loss of summer sea ice in this century.

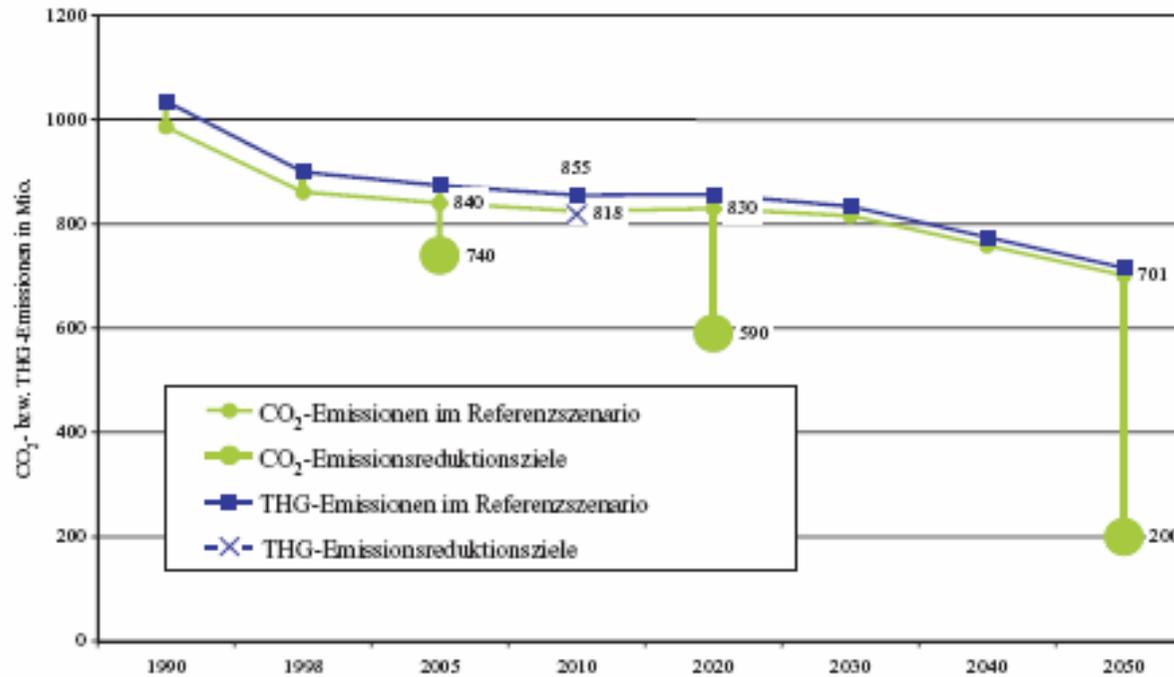


## Messergebnis: Das Eis der Arktis schmilzt schneller als erwartet





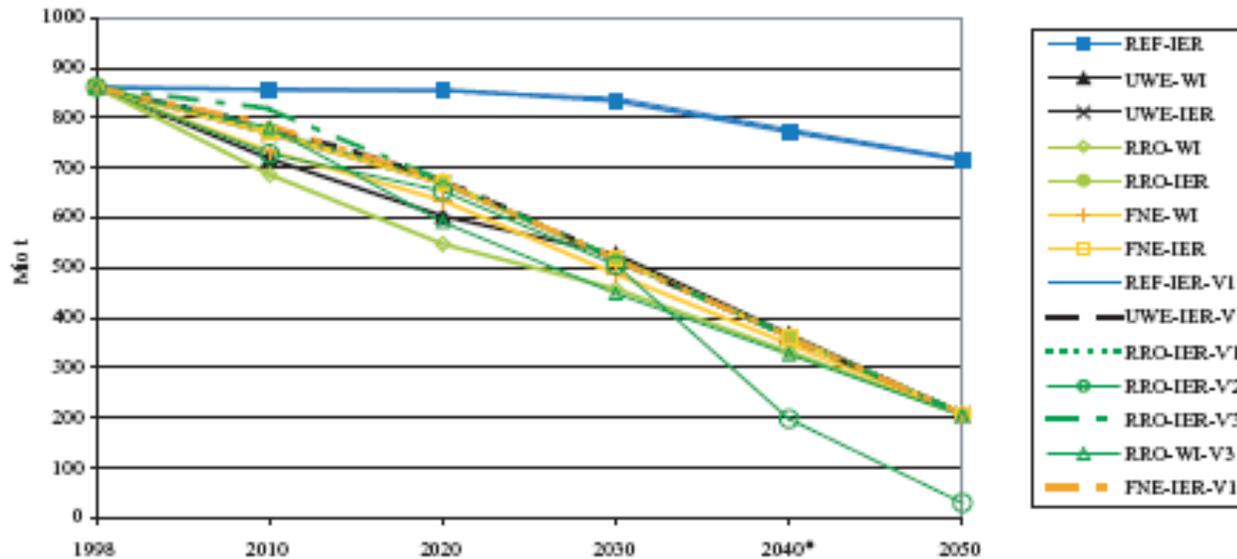
## CO<sub>2</sub>- und Treibhausgasemissionen im Referenzszenario in Deutschland sowie Emissionsreduktionsziele



Quelle: Deutscher Bundestag - 14. Wahlperiode Drucksache 14/9400



## Treibhausgasemissionen in allen Szenarien und Varianten in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr



Quelle: Deutscher Bundestag - 14. Wahlperiode Drucksache 14/9400



## Klimaschutzinstrumente

- Erneuerbare-Energien-Gesetz ++
- CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm +
- Ökosteuer ≈
- KWK-Gesetz -
- Selbstverpflichtung der europäischen Autoindustrie --
- Emissionshandel --

Quelle: Brouns/Ludewig 2007

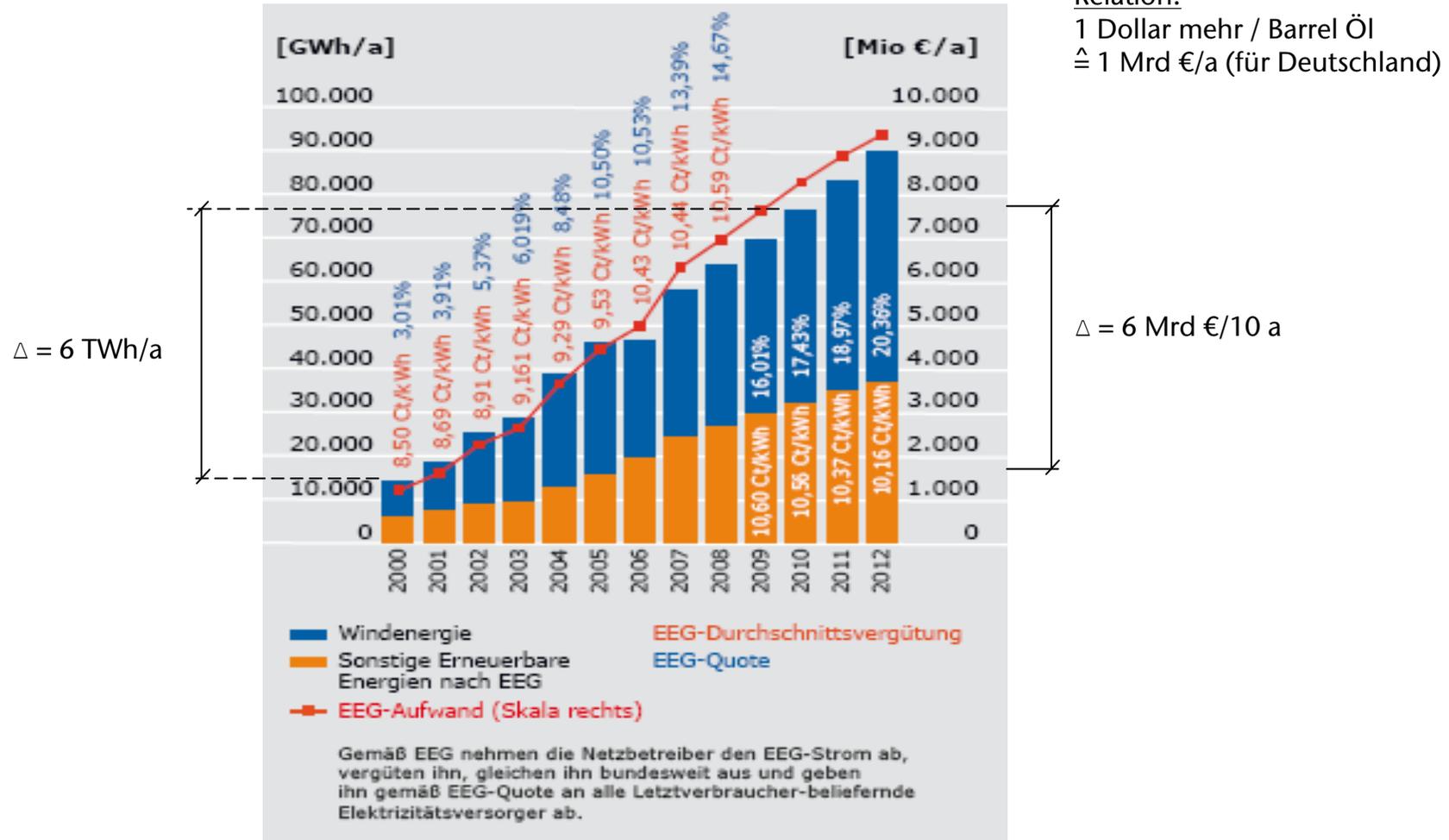


## Inhaltsverzeichnis

- Klimaschutz und Treibhausgas-Ausstoß in Deutschland, erreichter Stand und Ausblick
- Fortschreibung der EEG- und KWK-Mittefristprognosen des Verbandes der Netzbetreiber (VDN) bis 2050
- Kraftwerkspark bei 50 % regenerativer Stromerzeugung
- Ist 100 % - regenerativer Stromerzeugung möglich?
- Probleme der 100 % - dezentralen Stromerzeugung am Beispiel des Energieparks Clausthal
- Zusammenfassung



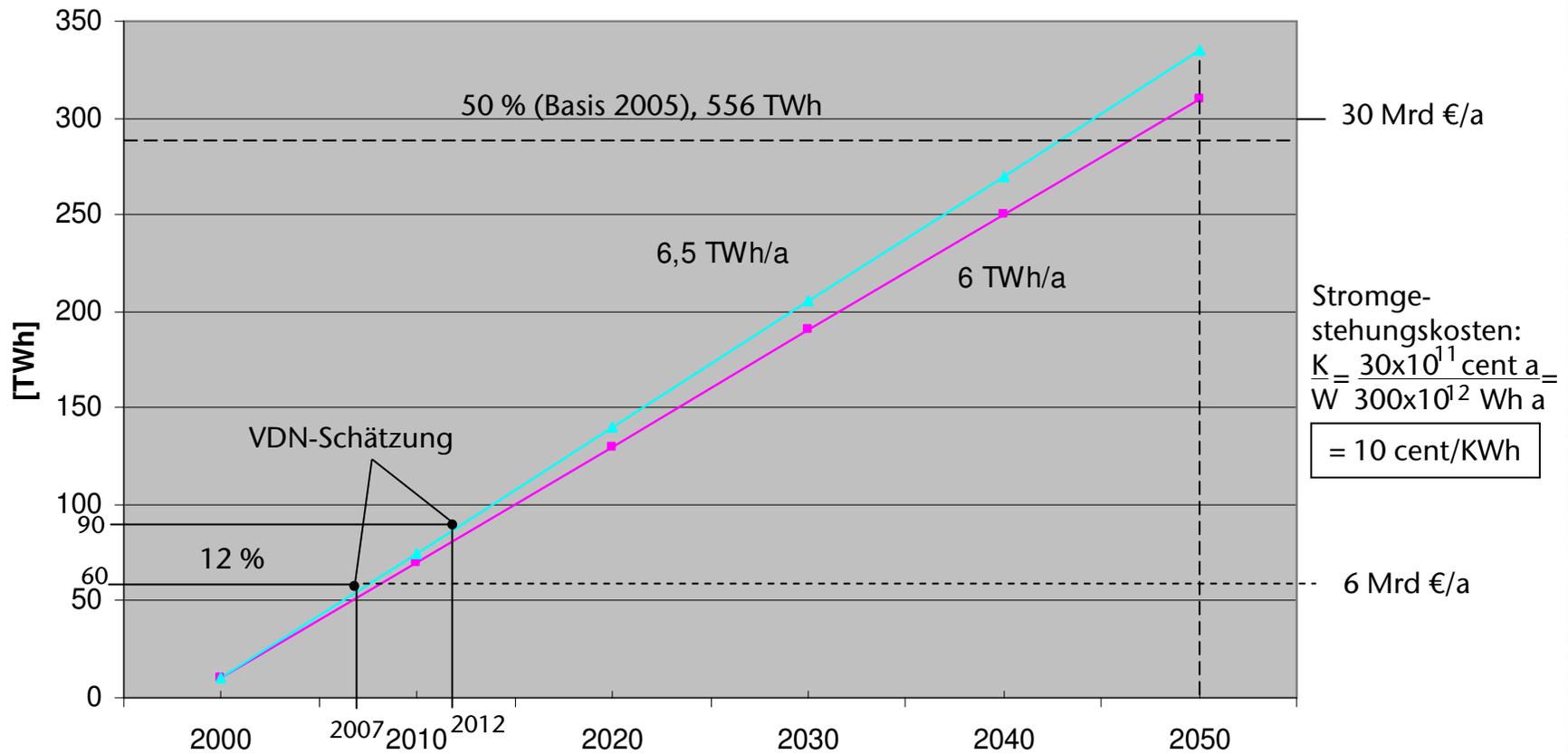
## EEG-Mittelfristprognosen des VDN



Quelle: VDN, Daten und Fakten Stromnetze in Deutschland 2007



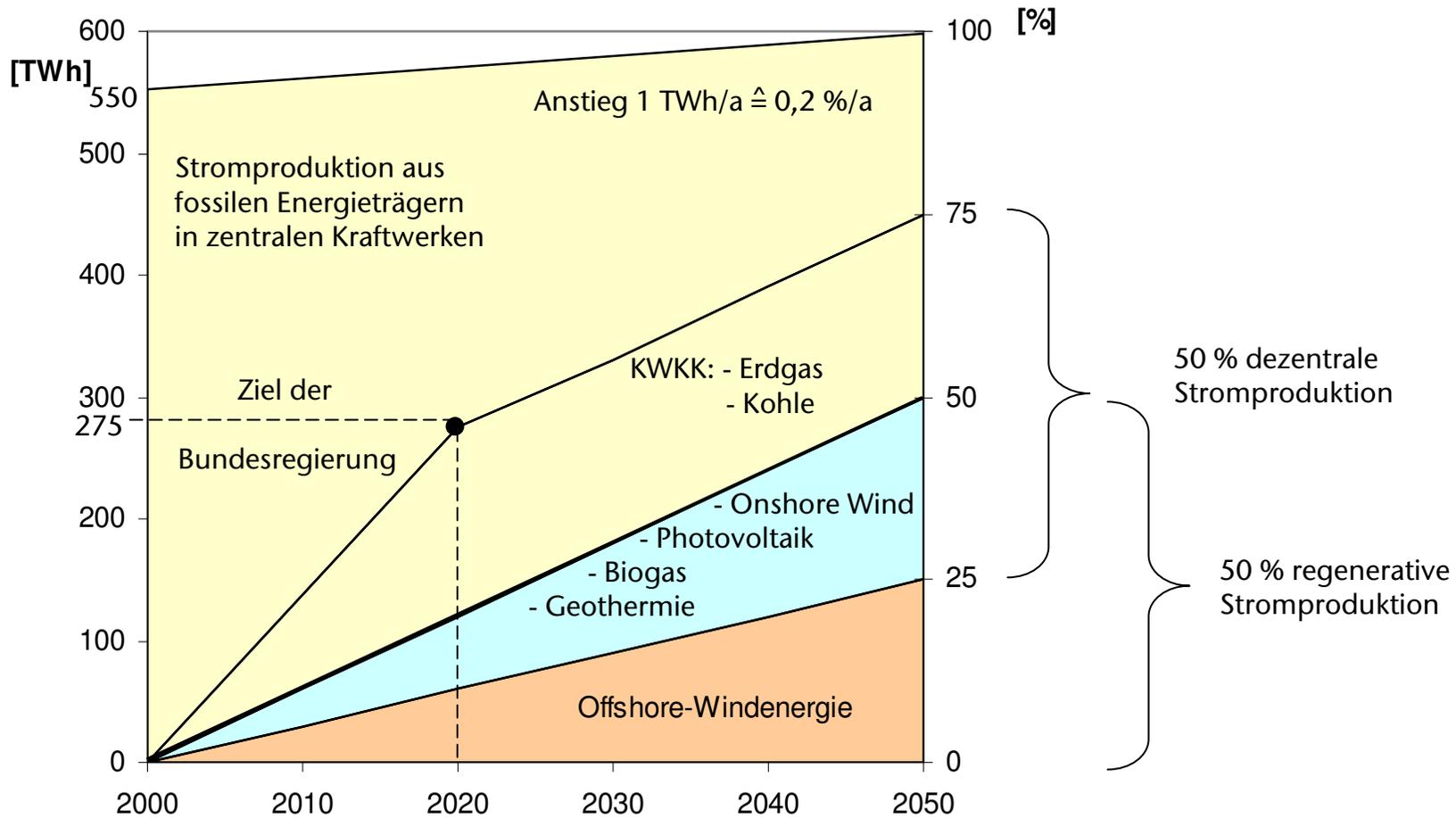
## EEG-Langfristprognose (Steigerung 6 TWh/a bzw. 0,6 Mrd €/a)



Quelle: VDN, 2007 EEG-Mittelfristprognose



## EEG-Langfristprognose und Bedarf an elektrischer Energie



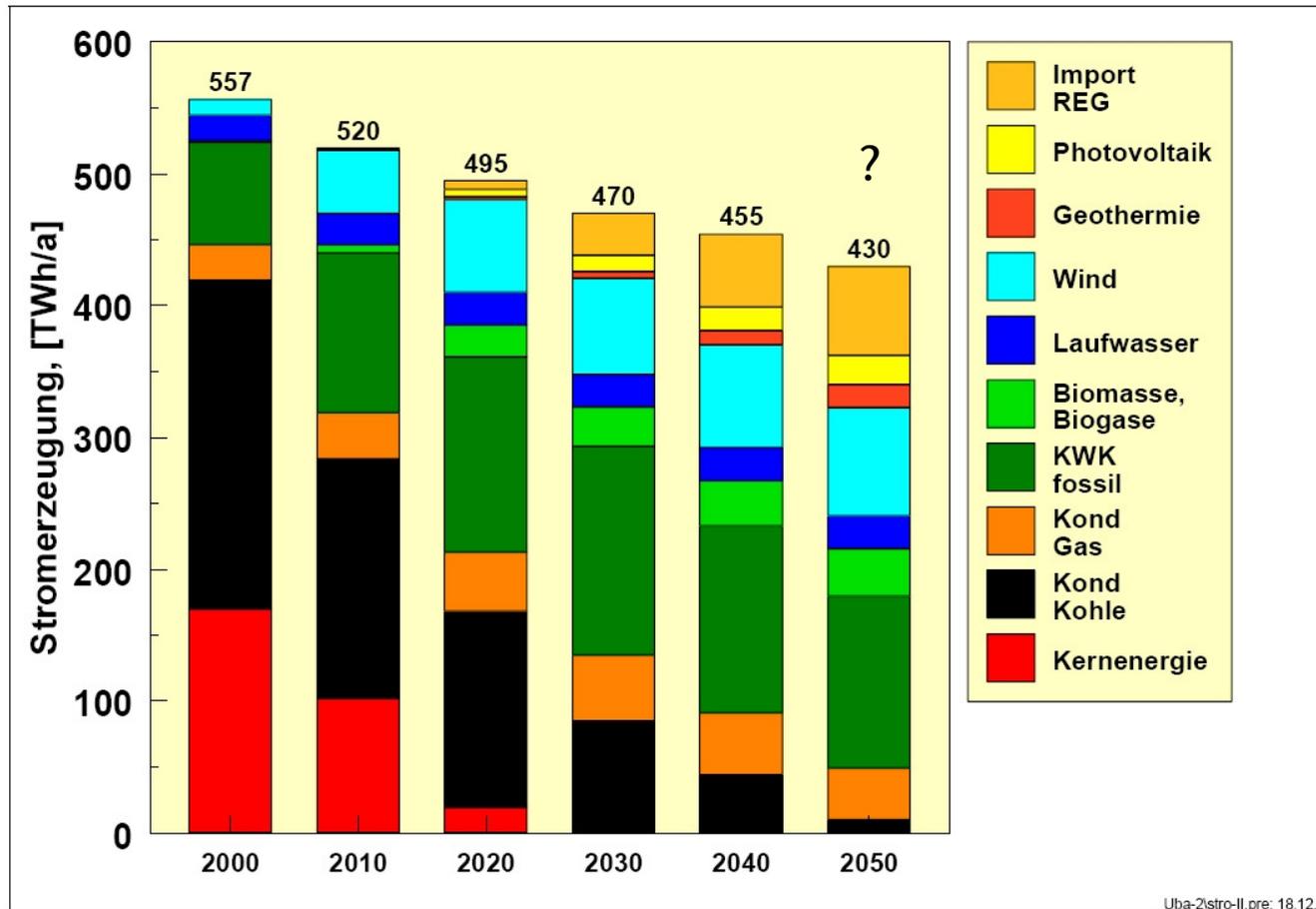


## Inhaltsverzeichnis

- Klimaschutz und Treibhausgas-Ausstoß in Deutschland, erreichter Stand und Ausblick
- Fortschreibung der EEG- und KWK-Mittefristprognosen des Verbandes der Netzbetreiber (VDN) bis 2050
- **Kraftwerkspark bei 50 % regenerativer Stromerzeugung**
- Ist 100 % - regenerativer Stromerzeugung möglich?
- Probleme der 100 % - dezentralen Stromerzeugung am Beispiel des Energieparks Clausthal
- Zusammenfassung



## Ausblick 2050: Szenario mit 50 % regenerativer Stromerzeugung

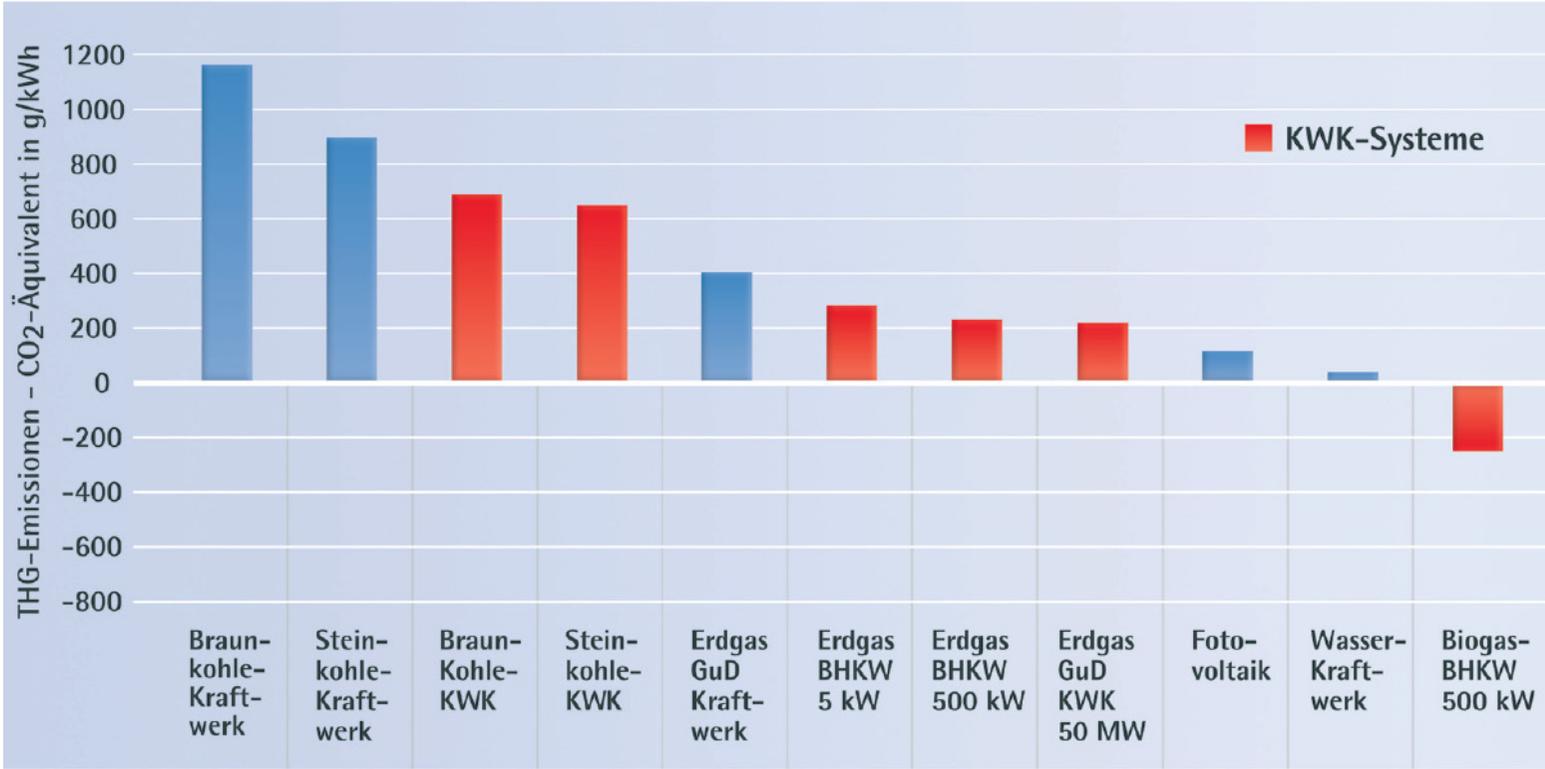


Quelle: Nitsch, DLR, 2003



## CO<sub>2</sub>- Emissionen von Stromerzeugungssystemen

### CO<sub>2</sub>-Emissionen von Stromerzeugungssystemen



Quelle: GEMIS

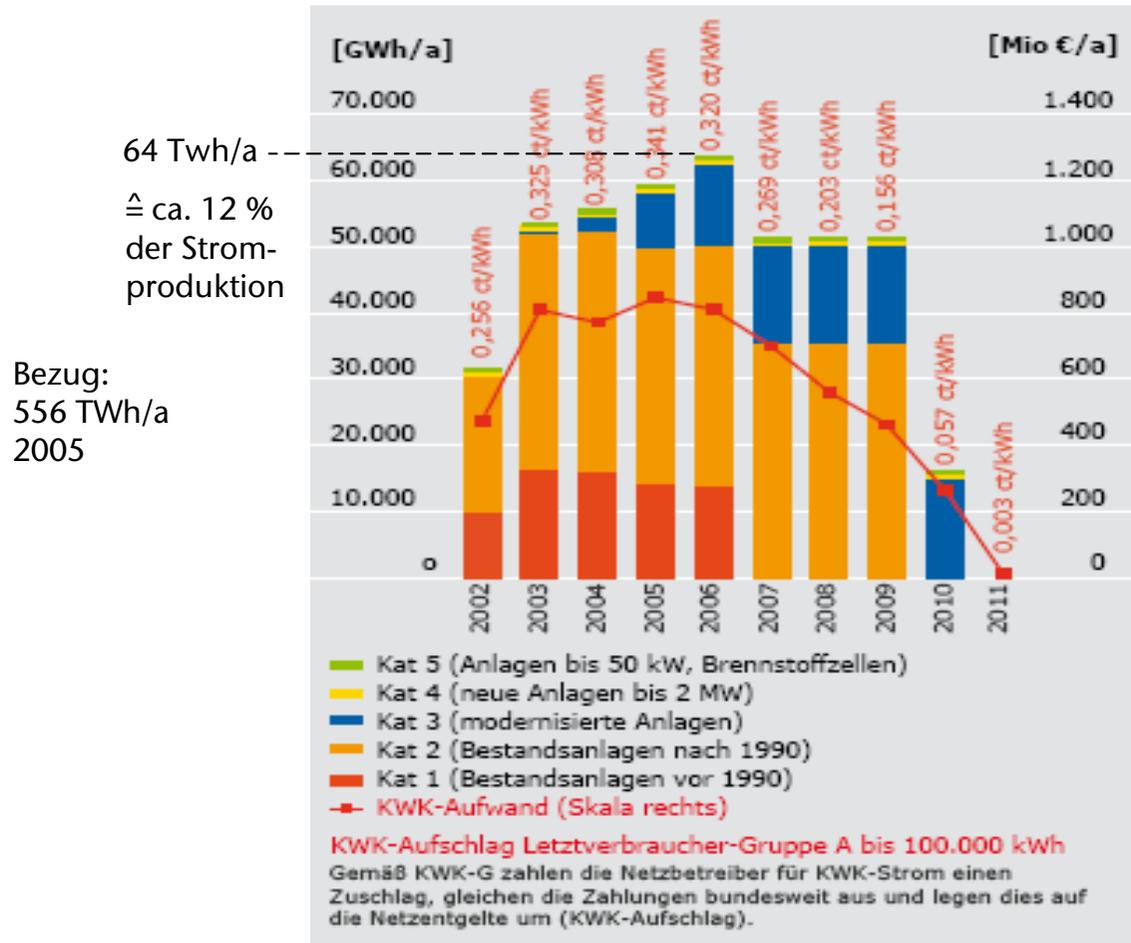


## CO<sub>2</sub>-Bilanz – 50 %-Variante

Stand: CO <sub>2</sub> -Ausstoß 2007	850 Mio t
50 % reg. Stromerzeugung	<u>- 425 Mio t</u>
Rest	<u>425 Mio t</u>
25 % dezentrale Kohle/Erdgas-KWKK	<u>- 100 Mio t</u>
(- 50 % durch KWKK von 200 Mio t/a)	325 Mio t
25 % zentrale KW	<u>- 155 Mio t</u>
GuD / clean coal / KKW	<u>170 Mio t</u>
(18 % von 850 Mio t)	→ Ziel 2050
	(- 80 % gegenüber 1990)

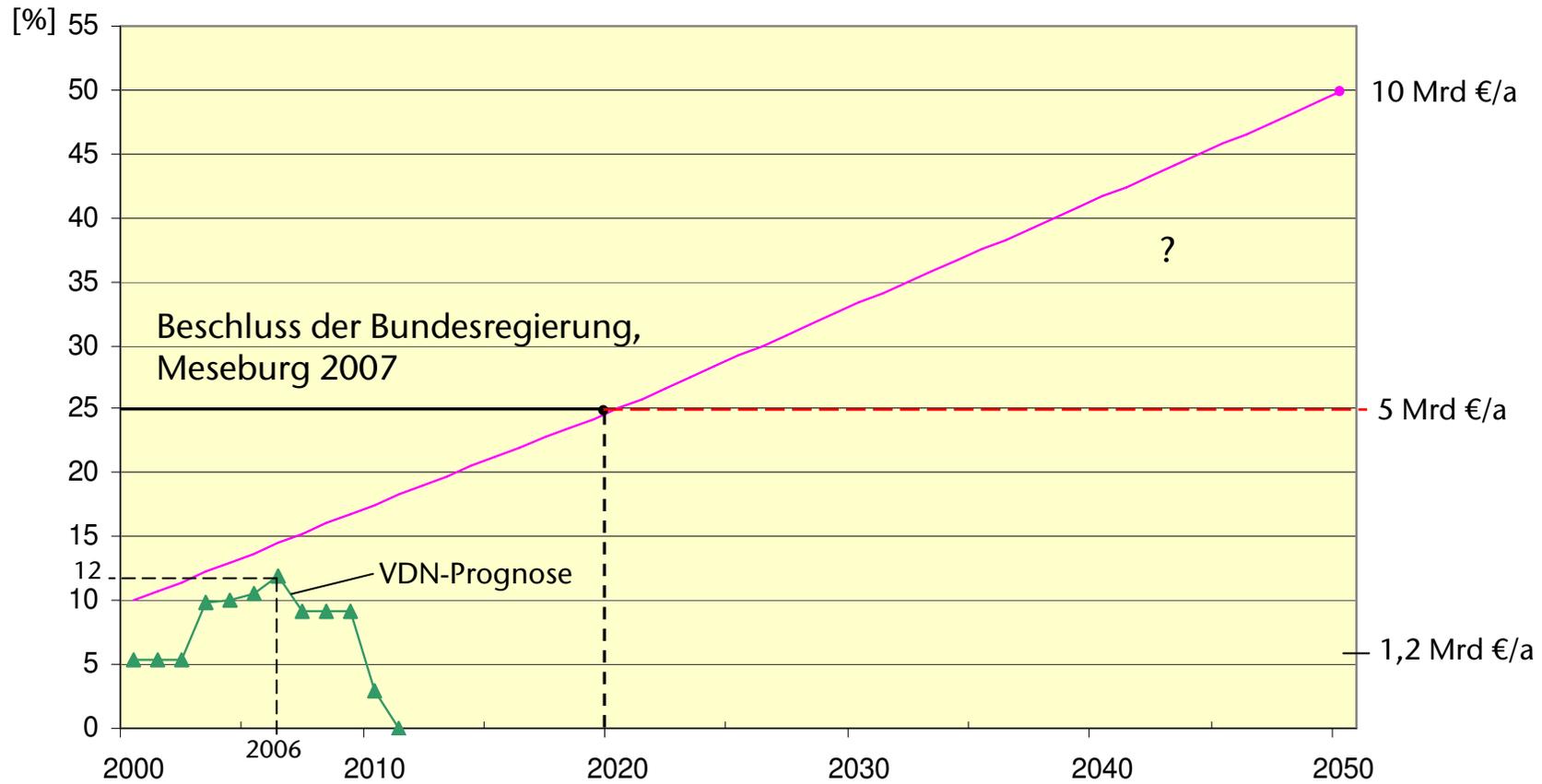


# KWK-G-Mittelfristprognosen des VDN in Deutschland





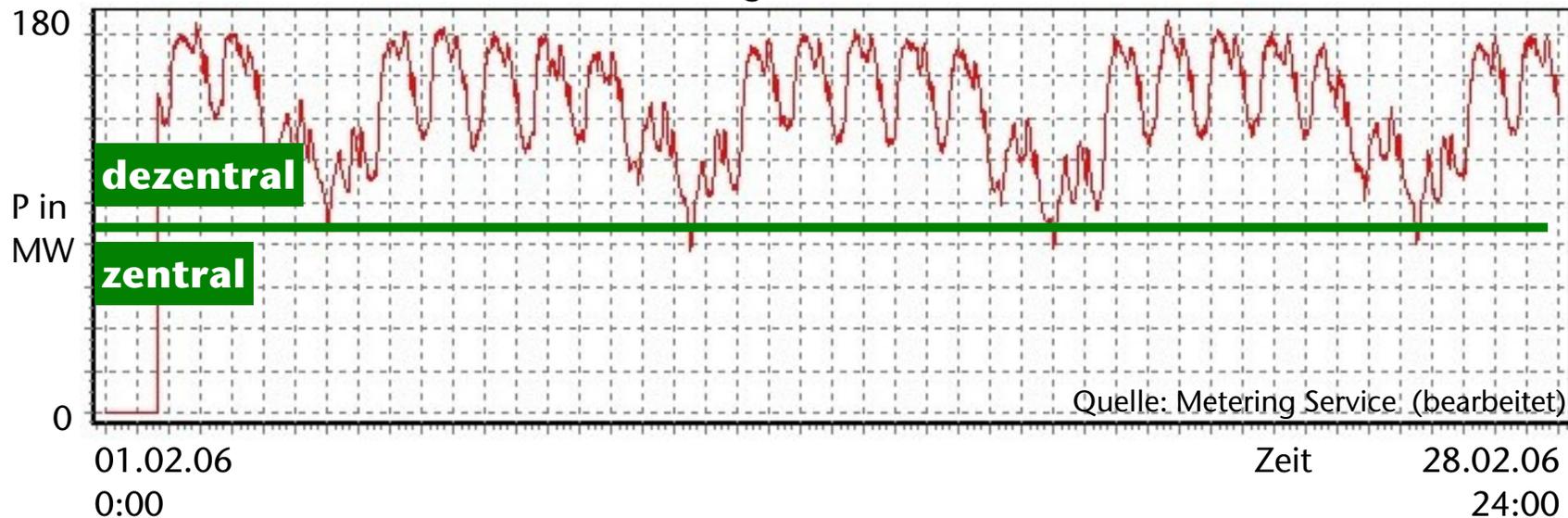
## KWKK-Langfristprognose (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) Deutschland





## Idee: 50% der elektrischen Energie dezentral bereits stellen

Netzsumme Harz Energie 01.01.2006 - 18.07.2006



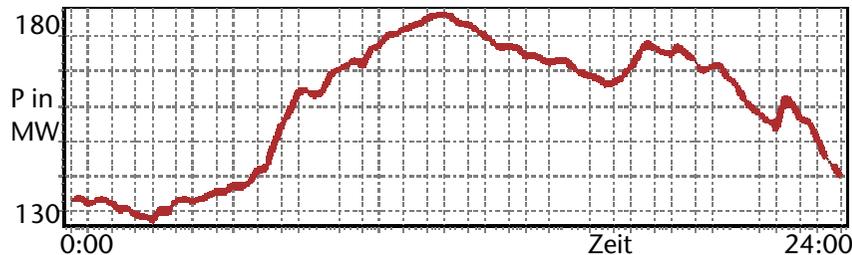
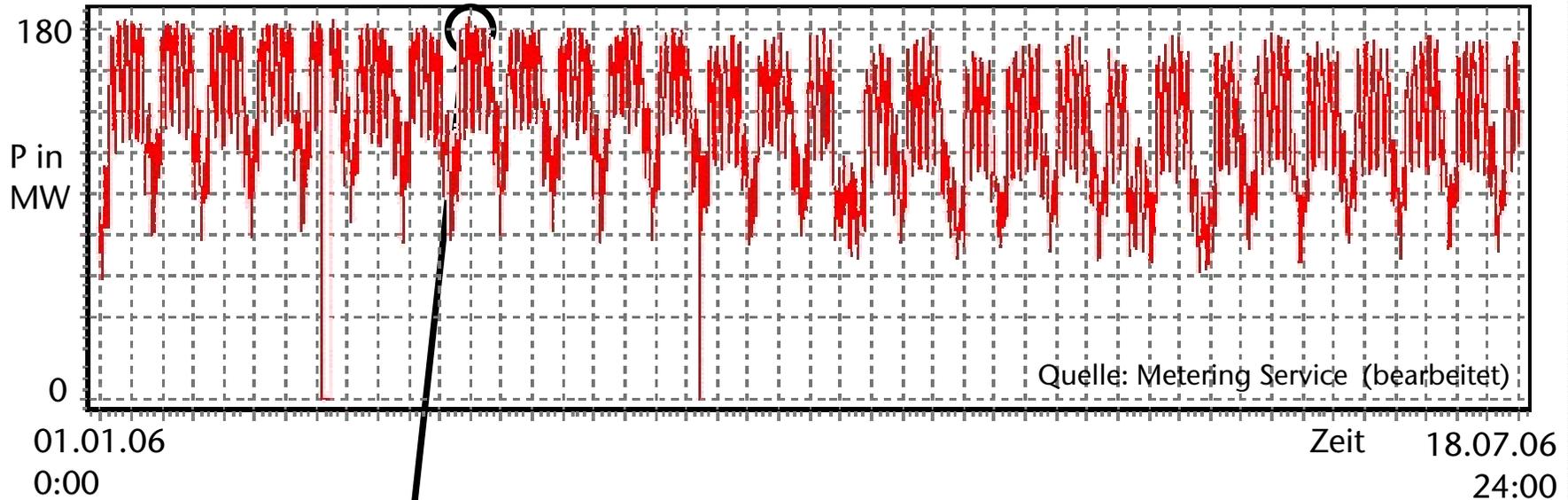
Folge:

- => gleichmäßigere Abnahme aus dem Hochspannungsnetz
- => geringere Belastung der Übertragungsnetze
- => weniger Bezug von Regel- bzw. Ausgleichsenergie
- => Entlastung der Großkraftwerke



# Jahreshöchstlast – Kennzahl der Netznutzung

Netzsumme Harz Energie --- 01.01.2006 - 18.07.2006



## Netzspitze:

Dienstag, 21.02.2006, 11:45 Uhr

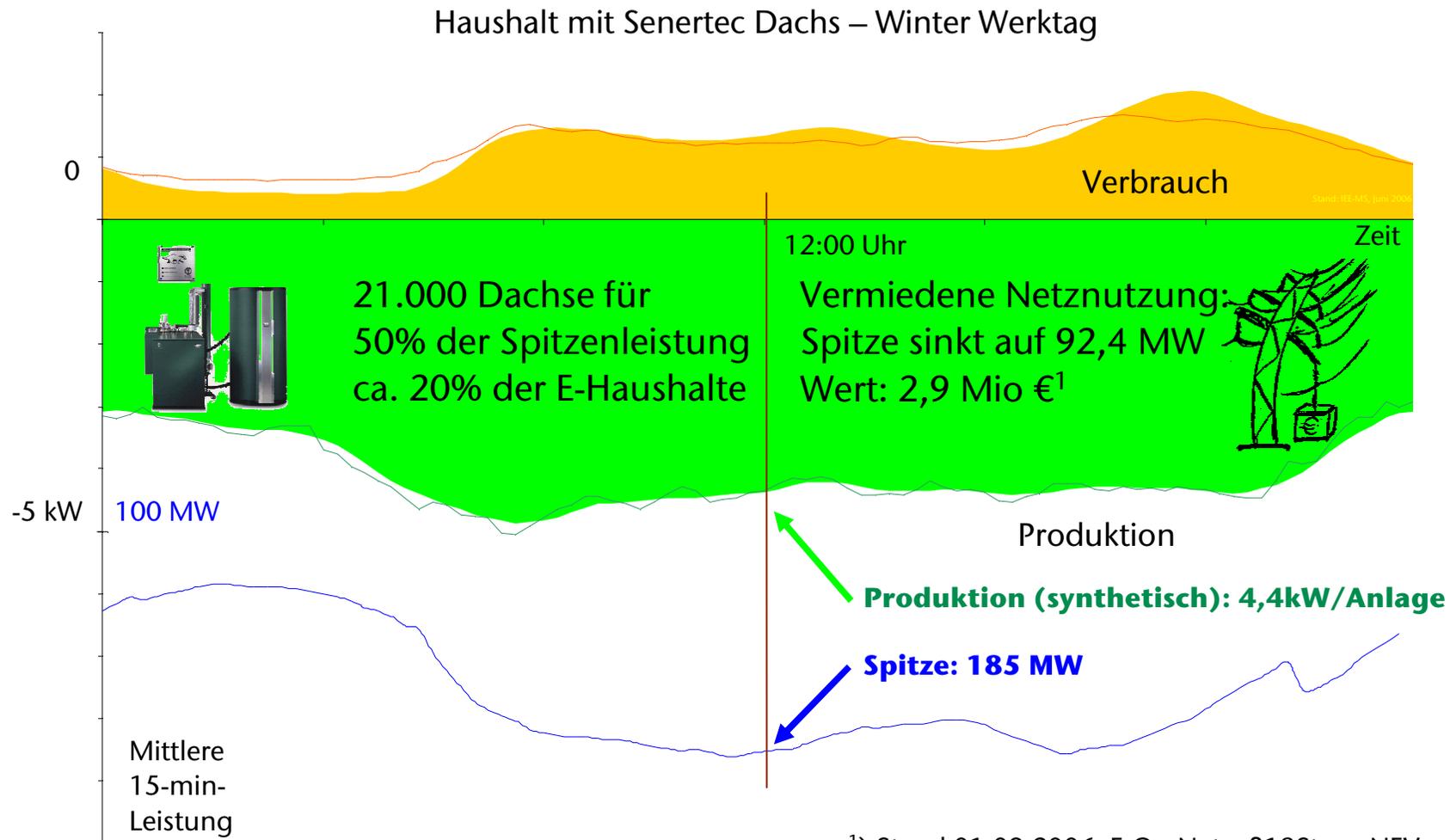
Leistung: 186.439,68 kW

Wert bei Einspeisung ins Hochspannungsnetz: 5.829.968,79 €

Einspeisung ins EOn Netz, Preise 01.09.06

**Einspeisung von 5.000 kW (2,5%) hat einen Wert von 150.000 €!**

## „50% dezentral“ - in der Region Harz mit Mikro-KWK



<sup>1</sup>) Stand 01.09.2006, E.On Netz, §18StromNEV, HS-Einspeisung, Winterspitze

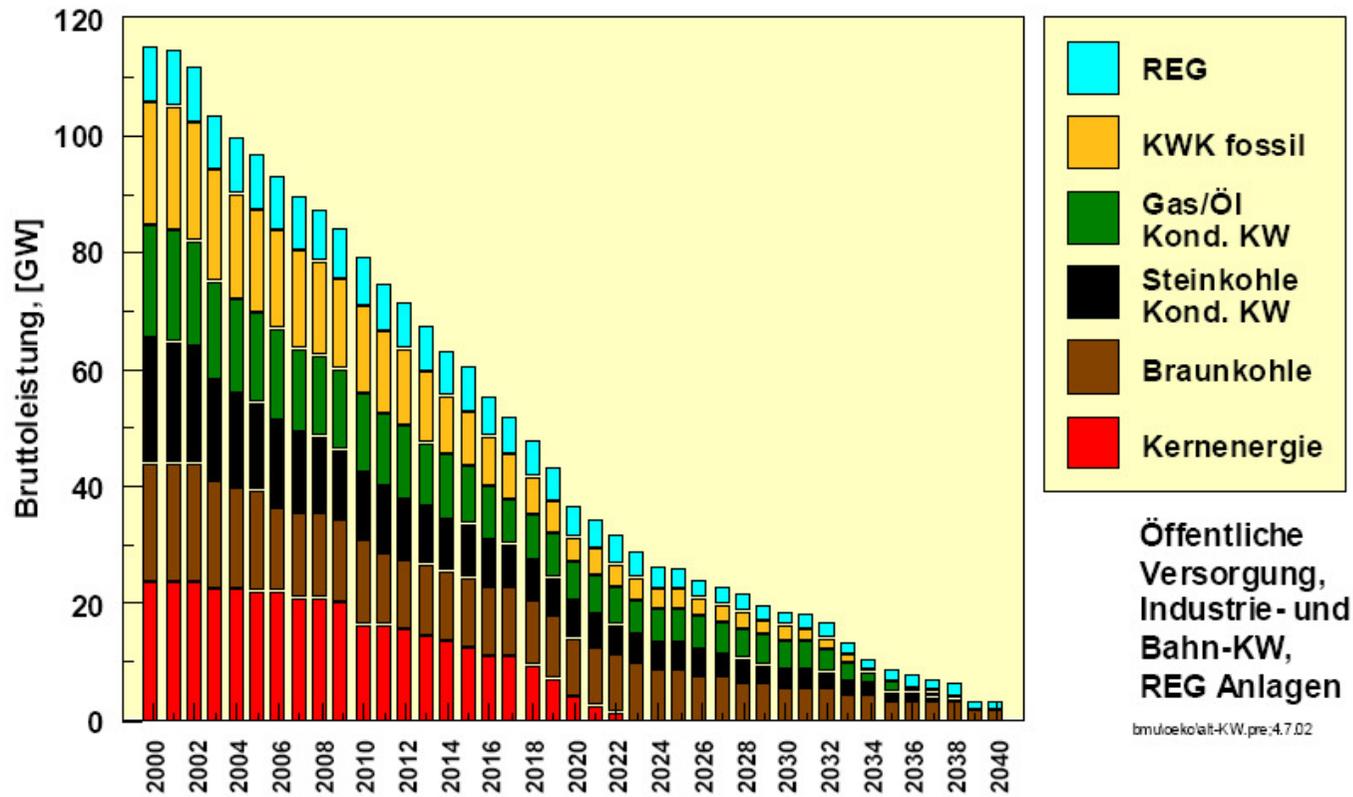


## Inhaltsverzeichnis

- Klimaschutz und Treibhausgas-Ausstoß in Deutschland, erreichter Stand und Ausblick
- Fortschreibung der EEG- und KWK-Mittelfristprognosen des Verbandes der Netzbetreiber (VDN) bis 2050
- Kraftwerkspark bei 50 % regenerativer Stromerzeugung
- **Ist 100 % - regenerativer Stromerzeugung möglich?**
- Probleme der 100 % - dezentralen Stromerzeugung am Beispiel des Energieparks Clausthal
- Zusammenfassung

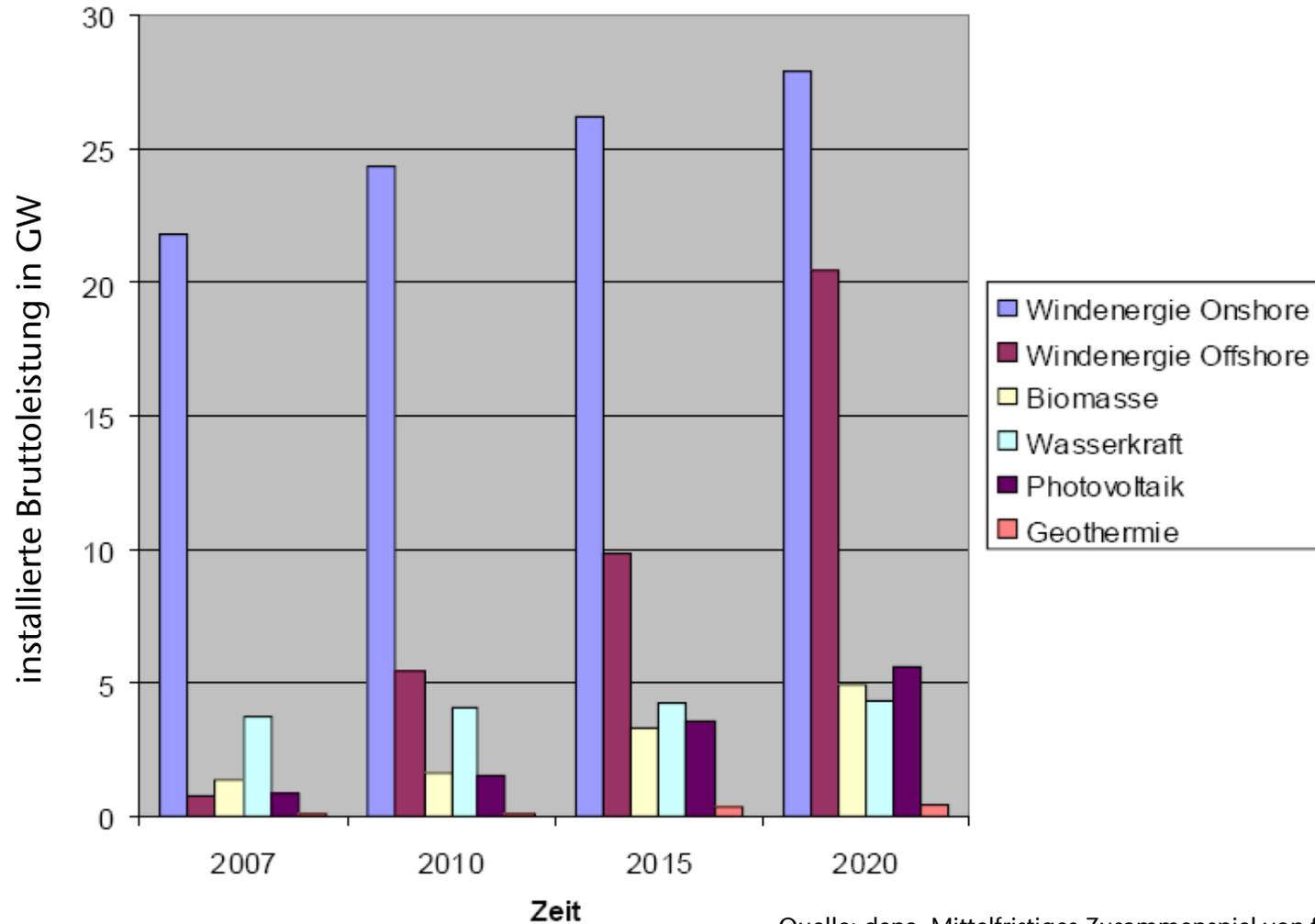


# Kraftwerkspark Verlauf der Bruttoleistung bei Verzicht auf Ersatz- und Neuinvestitionen



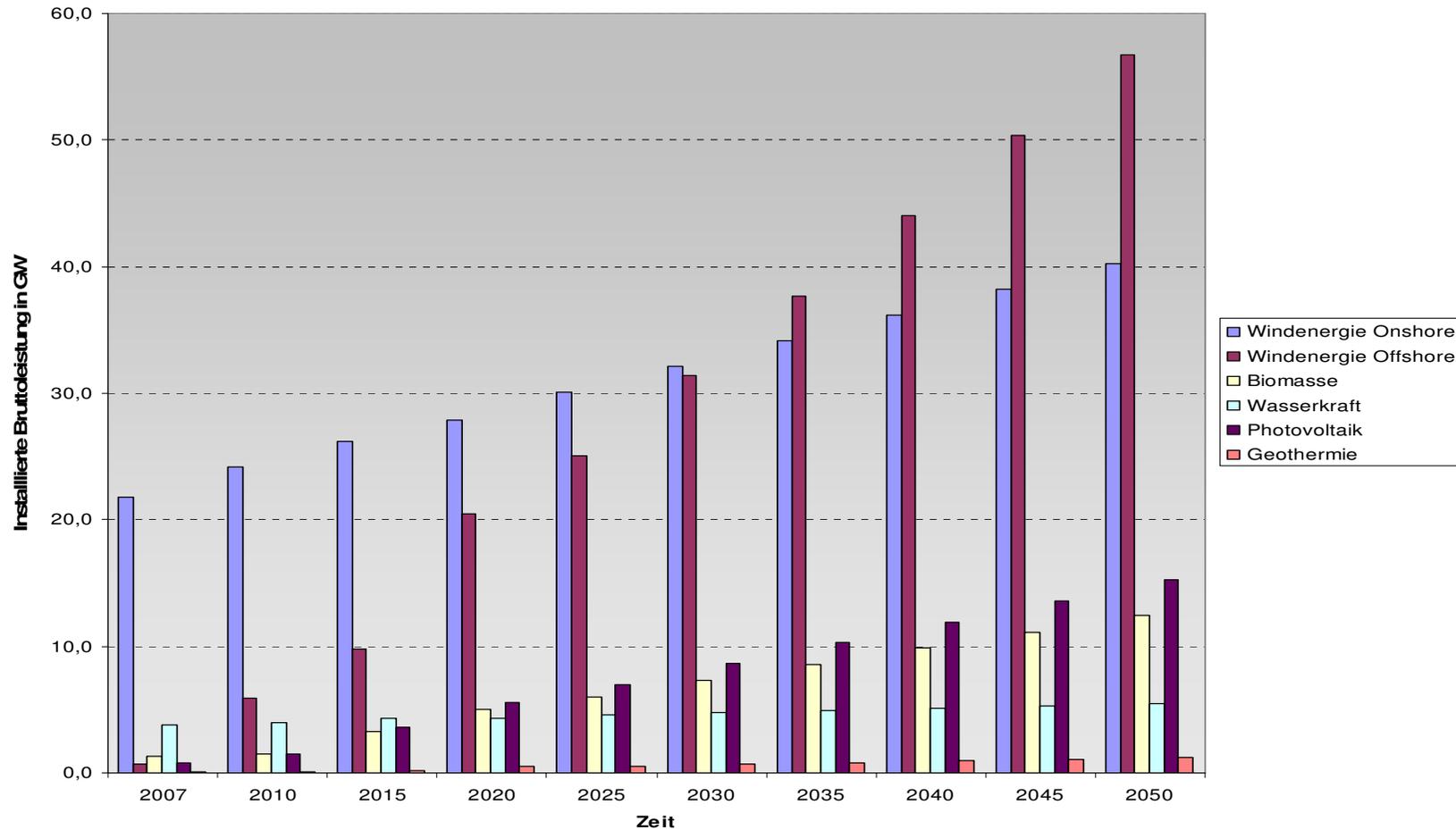


## Szenarien zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien



Quelle: dena, Mittelfristiges Zusammenspiel von fossilen und Erneuerbaren Energien

## Szenarien zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien Fortschreitung nach dena-Netzstudie

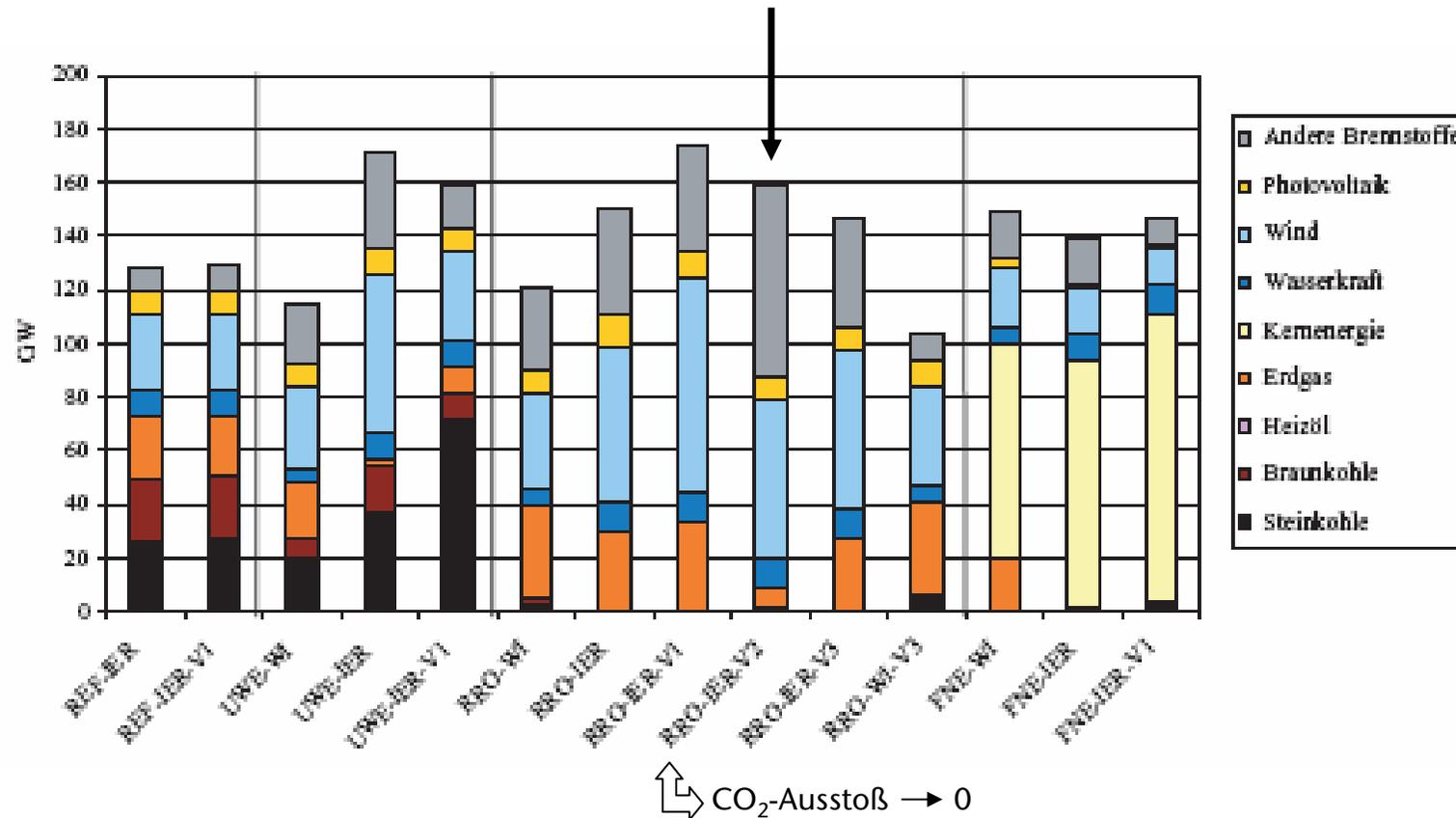




## Berechnung der Jahresarbeit aus der installierten Leistung bei 100 % regenerativer Versorgung (Grundlage Fortschreibung dena-Studie)

	install. Leistung [GW]	Vollstunden [h]	Jahresarbeit [TWh]
Wind offshore	57	3500	200
Wind onshore	40	2500	100
Biomasse Kraftwerke	13	6000	78
Wasserkraft	5	8000	40
Photovoltaik	15	1500	23
Geothermie	2	8000	16
Einsparung (bzw. reg. Import)	(28)	-	150
	160		607

## Zusammensetzung des Kraftwerksparks der verschiedenen Szenarien im Jahr 2050 in GW



Quelle: Deutscher Bundestag - 14. Wahlperiode Drucksache 14/9400



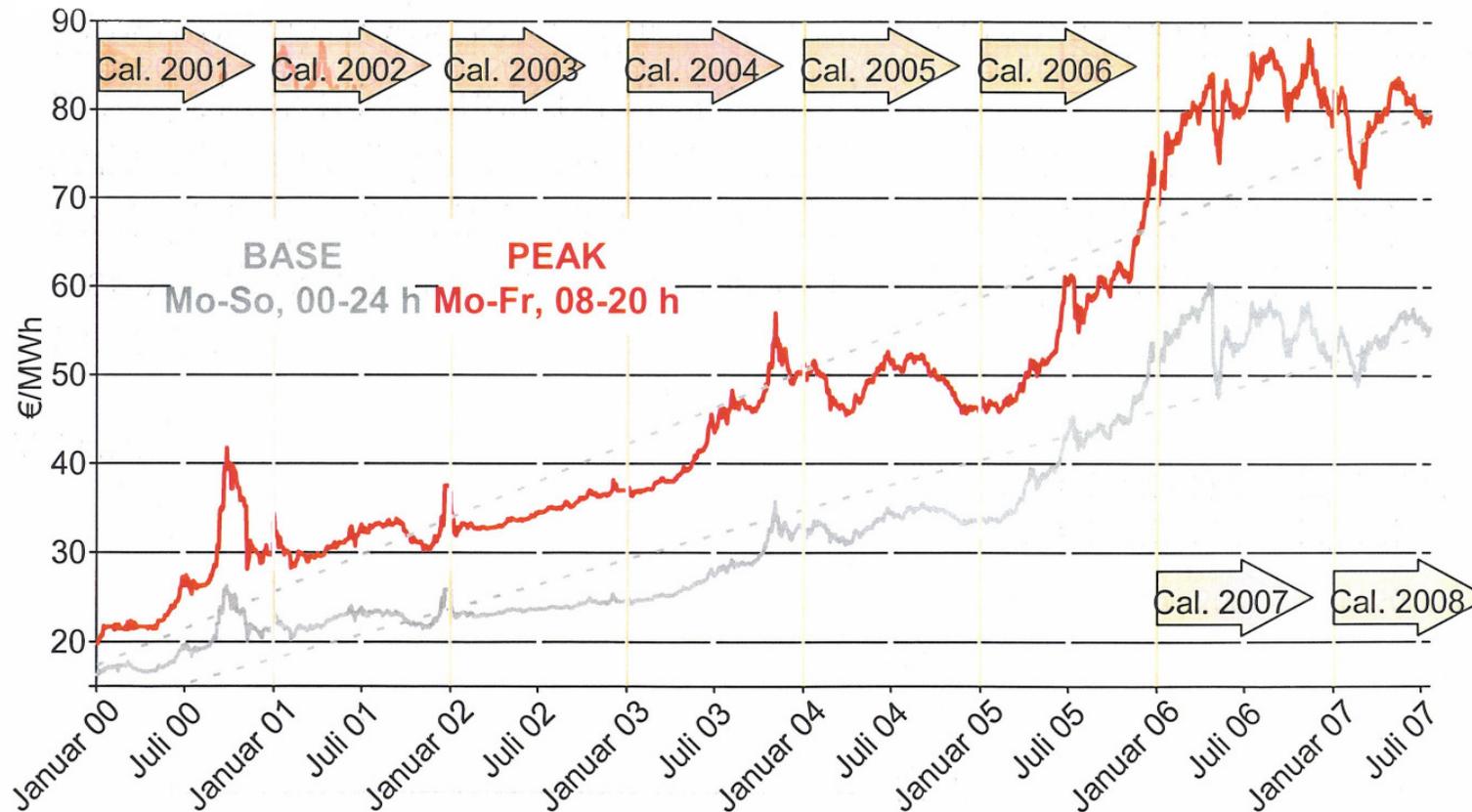
## Kumulierte Treibhausgas-Minderungskosten und mittlere Stromgestaltungskosten der verschiedene Szenarien

SZENARIO	KUMULIERTE MINDERUNGSKOSTEN BIS 2050 [MRD. EURO]	MITTLERE STROMGESTEHUNGSKOSTEN 2050 [CENT/KWH]
Referenzszenario (REF)		4,3
Clean Coal Technologies (CCT)	262	5,4
Präferenz Erneuerbare Energien (PEE)	593	9,8
Effiziente Ressourcennutzung (ERN)	-259	2,5

Quelle: acatech-Studie, Die Zukunft der Energieversorgung Deutschland

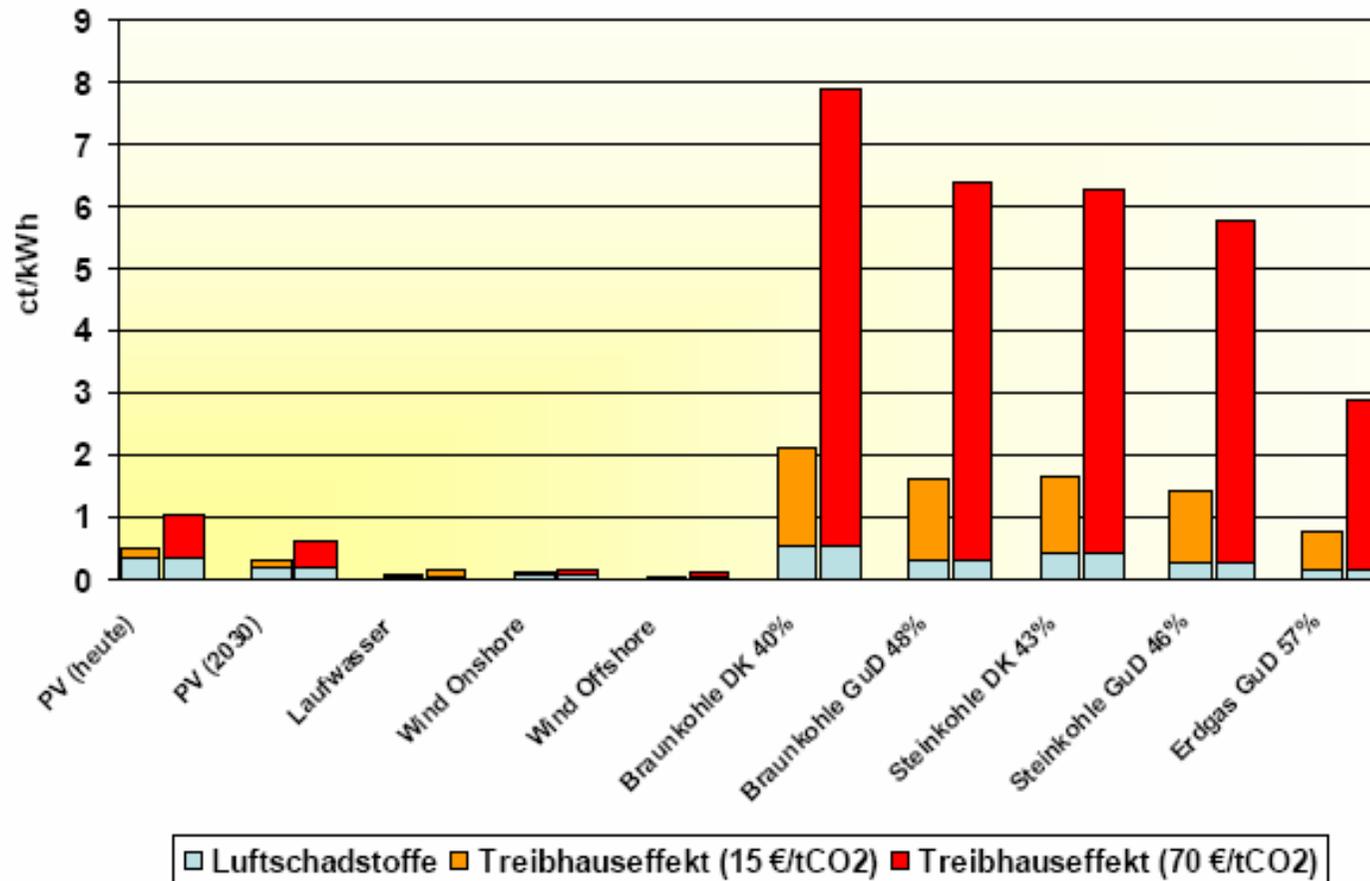


## Deutscher Terminmarkt – Tagespreise Lieferung Folgejahr



Source: E.ON Sales & Trading

## Bewertung Externer Kosten





## Inhaltsverzeichnis

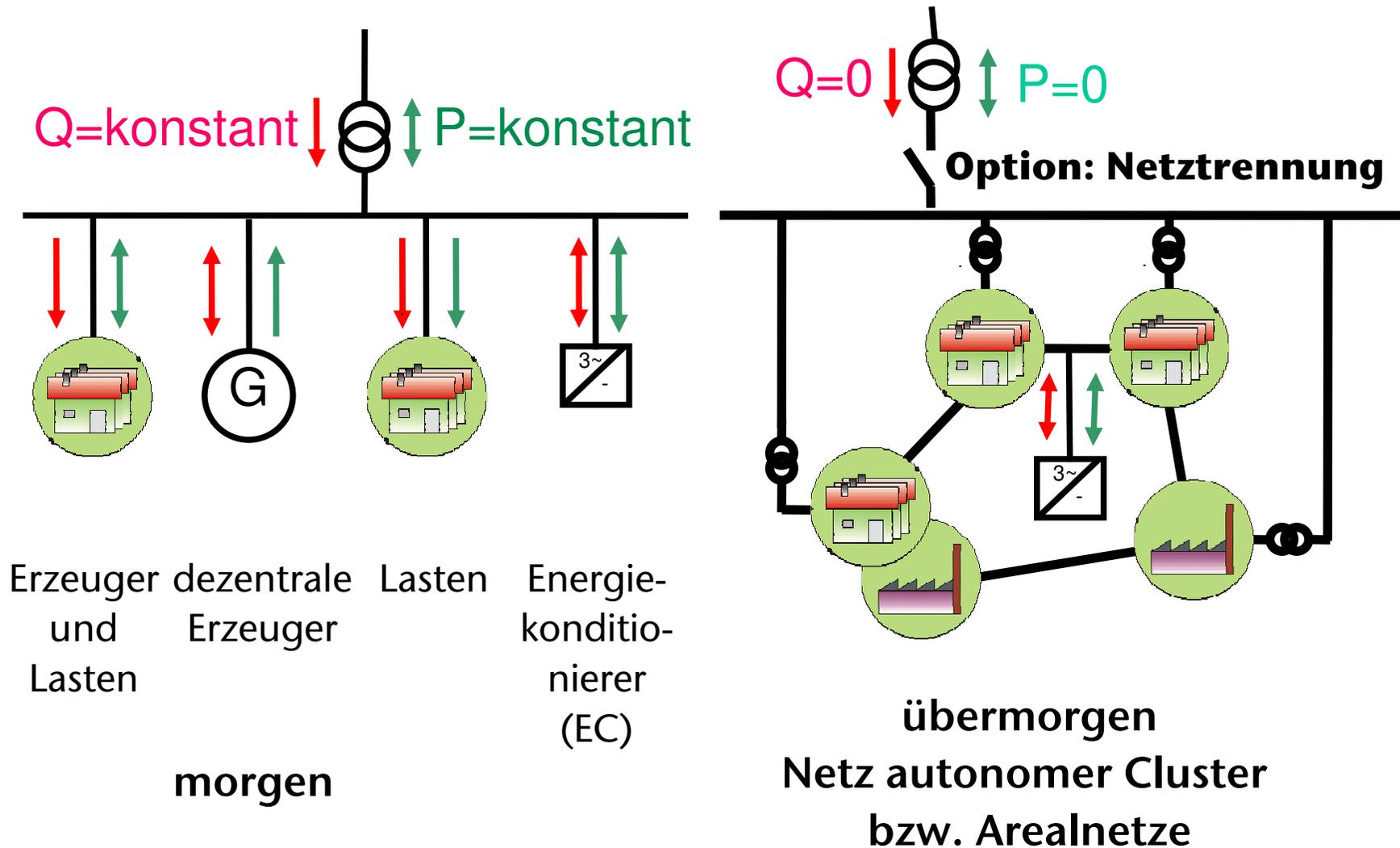
- Klimaschutz und Treibhausgas-Ausstoß in Deutschland, erreichter Stand und Ausblick
- Fortschreibung der EEG- und KWK-Mittelfristprognosen des Verbandes der Netzbetreiber (VDN) bis 2050
- Kraftwerkspark bei 50 % regenerativer Stromerzeugung
- Ist 100 % - regenerativer Stromerzeugung möglich?
- Probleme der 100 % - dezentralen Stromerzeugung am Beispiel des Energieparks Clausthal
- Zusammenfassung



## Energiepark Clausthal



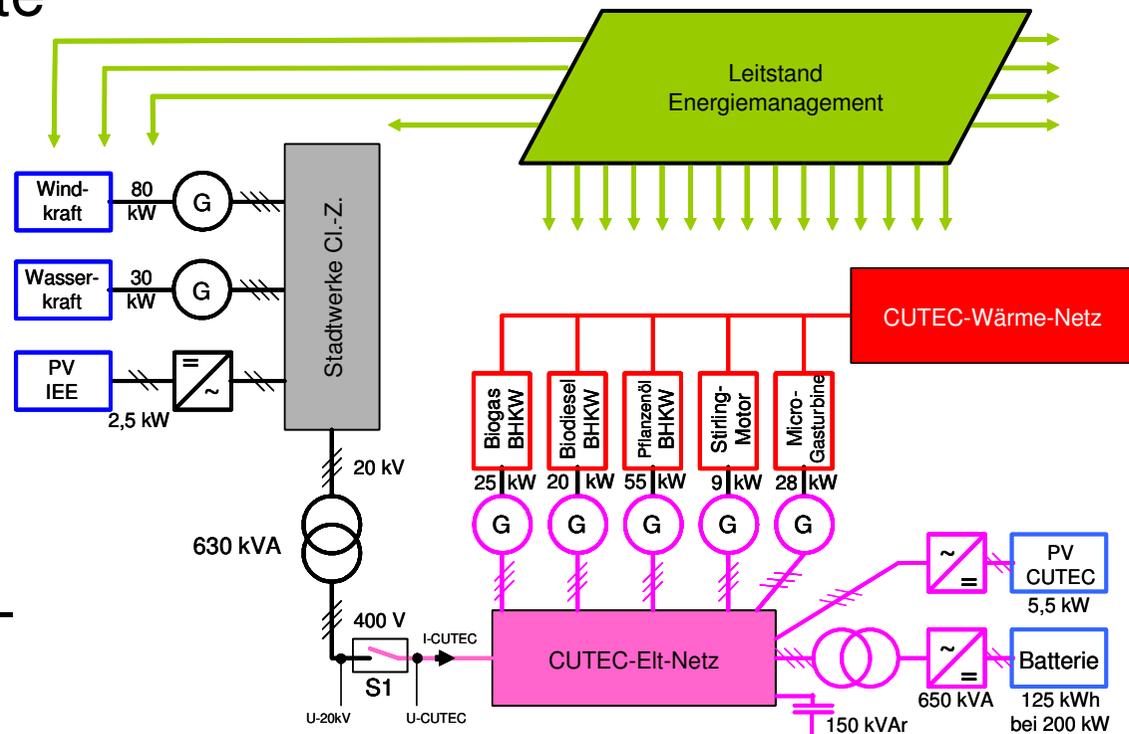
## Künftige dezentrale Netz- und Erzeugerstrukturen



## Motivation (2)

### Existierendes „Labor“-Micro-Grid Energiepark Clausthal

- Diversitär verteilte Erzeugung
- Elektronische Netzkonditionierung
- Inselnetz mit Netzbildung durch Leistungselektronik

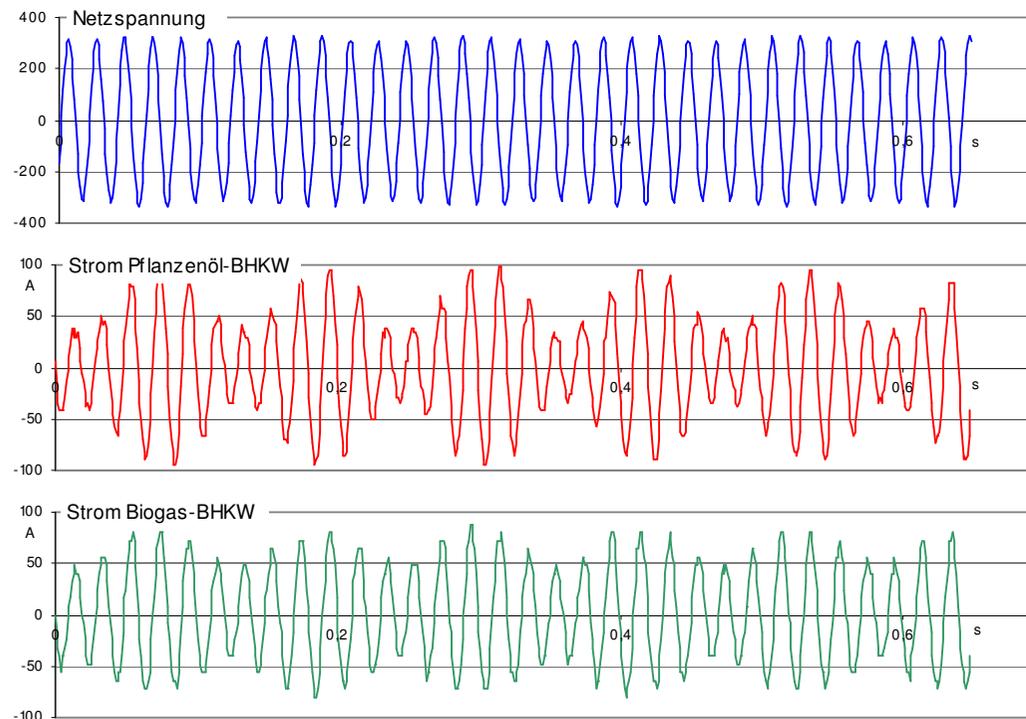




## Ziele (1) Erhöhung der dynamischen Netzstabilität

Messungen im Inselnetz zeigen:

- gegenseitige Anregung von Erzeugern (BHKW)
- Netzbildung durch Energiekonditionierer wird beeinträchtigt
- Maßnahmen zur Erhöhung der Netzstabilität sind erforderlich



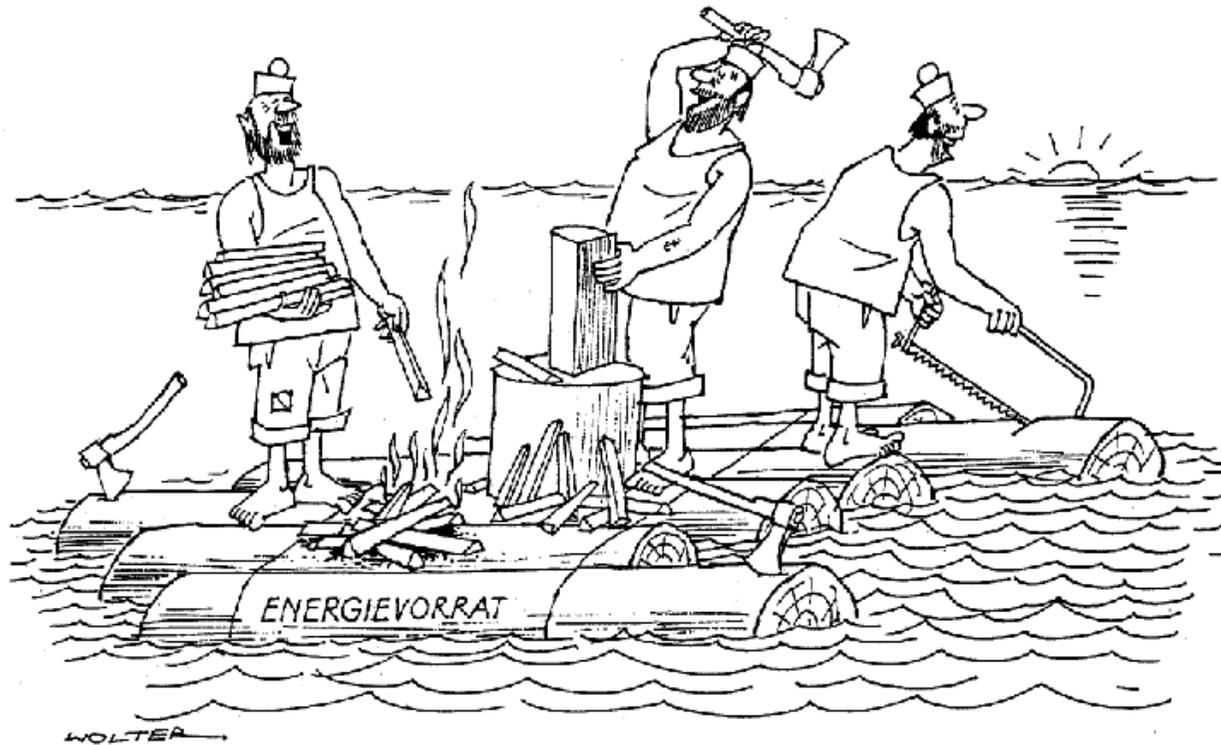


## Zusammenfassung

- eine 50 % regenerative Stromversorgung ist im Jahr 2050 möglich
- mit einer 50 % dezentralen Stromversorgung ist durch KWKK eine Effizienzsteigerung möglich, so dass das Klimaschutzziel (- 80 % gegenüber 1990) eingehalten werden kann
- durch eine Regenerativ-Offensive mit 25 % Stromeinsparung ist bis 2050 im Prinzip (Fortschreibung dena-Studie) eine 100 % regenerative Versorgung möglich; das Klimaschutzziel wird weit übertroffen  
Es bestehen jedoch noch erhebliche technische Probleme insbesondere bei der Netzstabilität, hier müssten völlig neue Wege beschritten werden.
- die Mehrkosten dafür betragen 5-10 Cent/KWh gegenüber heute  
d. h. Stromgestehungskosten von 10-15 Cent/KWh



Vielen Dank!



„So leben wir, so leben wir, so leben wir alle Tage...“

Karlheinz J. Hagedorn  
11.10.1979

Quelle: [www.berlin.ihk24.de](http://www.berlin.ihk24.de)