

Technologische Herausforderungen im Zeitalter der erneuerbaren Energien

Vladimir Dyakonov

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern)
ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE)

AKE Herbstsitzung am 20. -21. Oktober 2011 Bad Honnef

ZAE Bayern- Kurzvorstellung



Gründung Dezember 1991 mit Sitz in Würzburg durch
Universitätsprofessoren aus 4 Universitäten

Gründungsidee: Förderung der angewandten Energieforschung

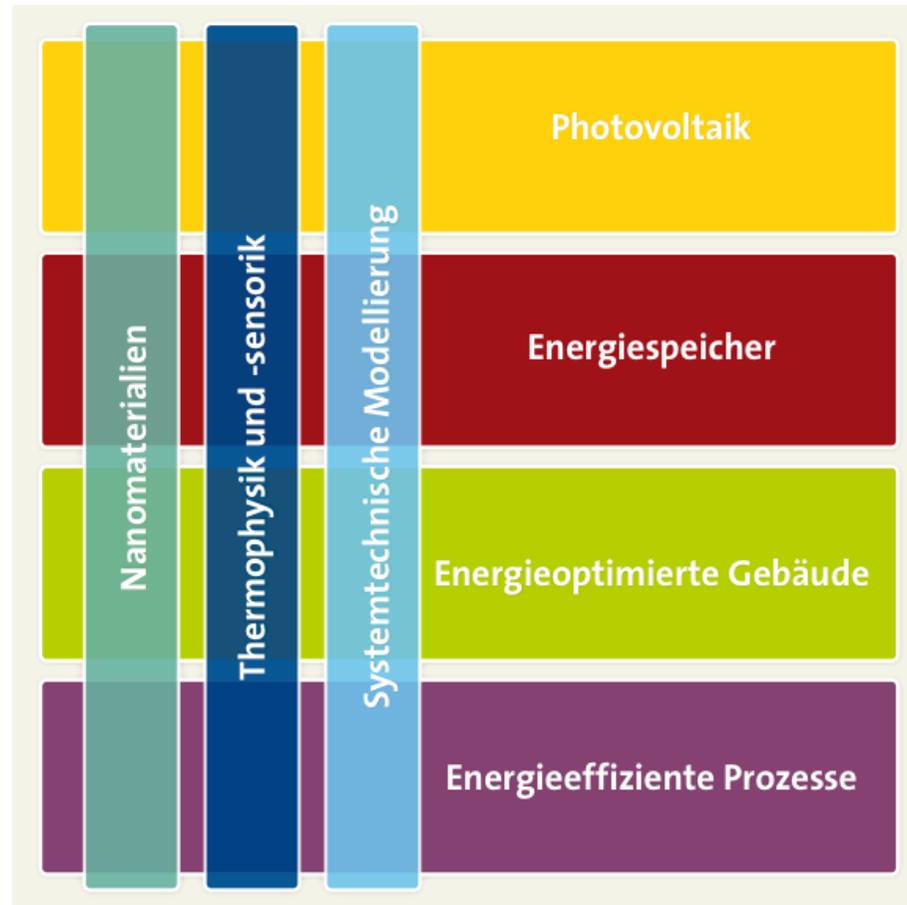
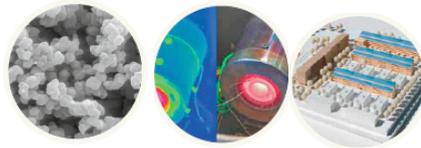
Entwicklung von Technologien zur Steigerung der
Energieeffizienz

Erneuerbare Energie

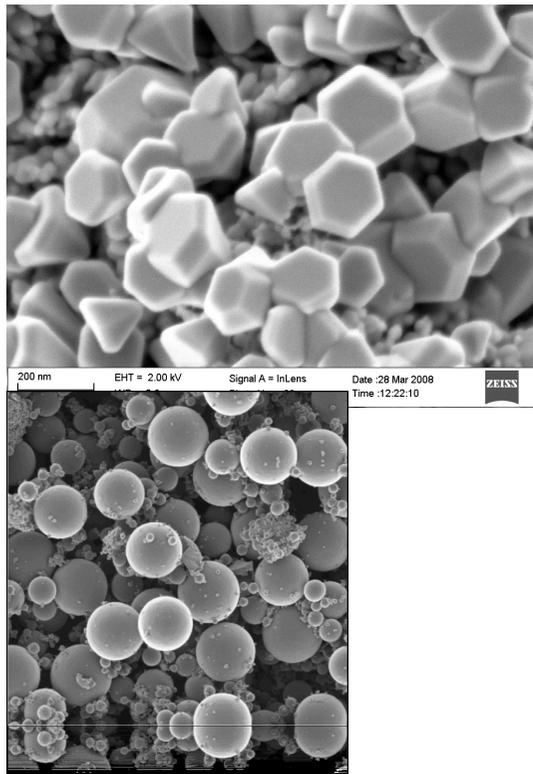
Derzeit 3 Abteilungen in Garching (Leitung: Prof. H. Spliethoff), Erlangen
(Prof. C. Brabec) und Würzburg (Prof. V. Dyakonov, Vorsitz)

Seit der Gründung insgesamt über 130 Mio.€ Umsatz, dazu über 120
Patente und 1300 Publikationen

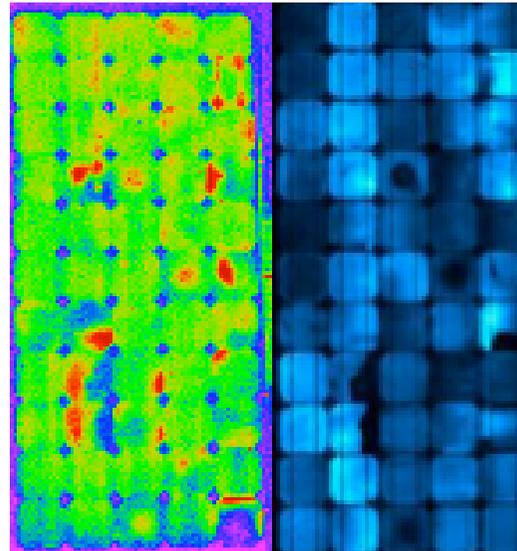
Forschungsschwerpunkte am ZAE Bayern



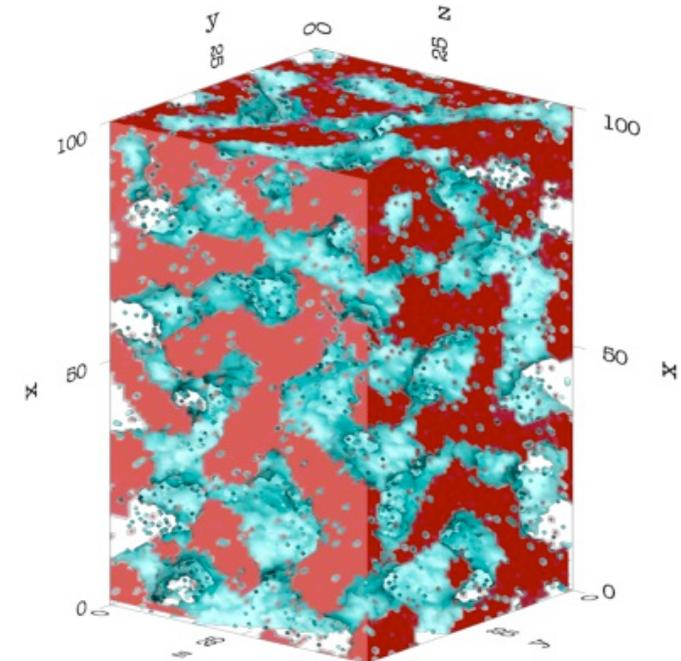
Elektronenmikroskopie, Röntgen-Diffraktometrie, IR-Messtechnik, Simulation etc.



ZnO-Nanopartikel und Kohlenstoffkugelchen

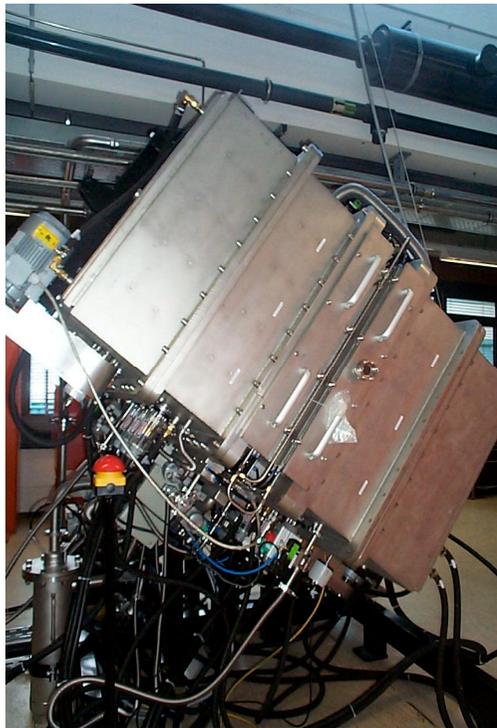


IR-Thermografie und EL-Spektroskopie von PV-Modulen



Organische Solarzelle (Monte-Carlo-Simulation)

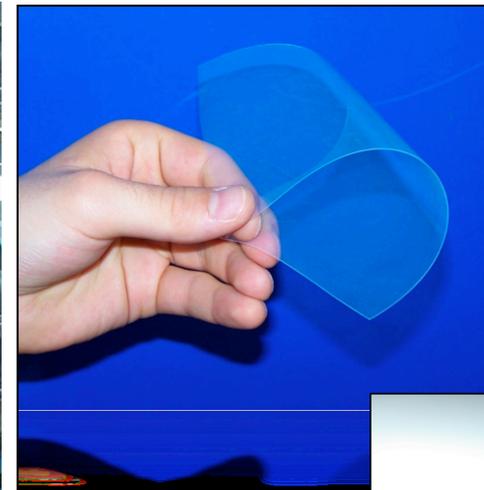
PV-Technologie, Funktionsschichten für Gebäude, Materialsynthese etc.



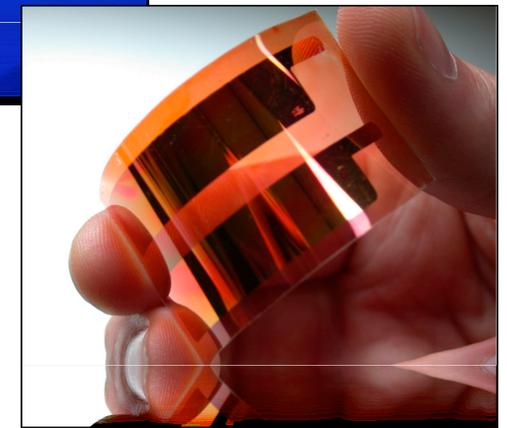
Si-CVD-Reaktor



Si auf biogenem Substrat



Low-e Schicht



Organische SZ



Projekt Nano for Energy

**Deutschland
Land der Ideen**



Ausgewählter Ort 2009

Energy Efficiency Center in Würzburg



Projektkosten: 10,4 Mio. Euro

www.energy-efficiency-center.de

Bürofläche: 785 m²
Laborfläche: 450 m²
Technikum: 785 m²
Ausstellung: 175 m²

Von der LGS 2018 ... bis ... zum *Smart City Hubland*



ZAE BAYERN



Quelle: Stadt Würzburg

Druckbare Photovoltaik in der Solarfabrik der Zukunft

Forschungsfokus

- Entwicklung von Drucktechnologien für organische und anorganische Photovoltaik
- Prototypenherstellung

Nun zum eigentlichen Thema des Vortrags

Ziel

- Herstellungskosten für PV von $< 0,5$ € pro Wp
- Erhalt der Technologieführerschaft der deutschen Photovoltaikindustrie

Projektkosten: ca. 6 Mio. Euro

„Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“

Vorsitzende Gro Harlem Brundtland
norwegische Ministerpräsidentin



THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

A P R I L 1896.

XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS *.

„Der Anstieg des CO₂ wird zukünftigen Menschen erlauben, unter einem wärmeren Himmel zu leben.“

Svante August Arrhenius (1859-1927)
war 1886 in Würzburg



TABLE VII.—Variation of Temperature caused by a given Variation of Carbonic Acid.

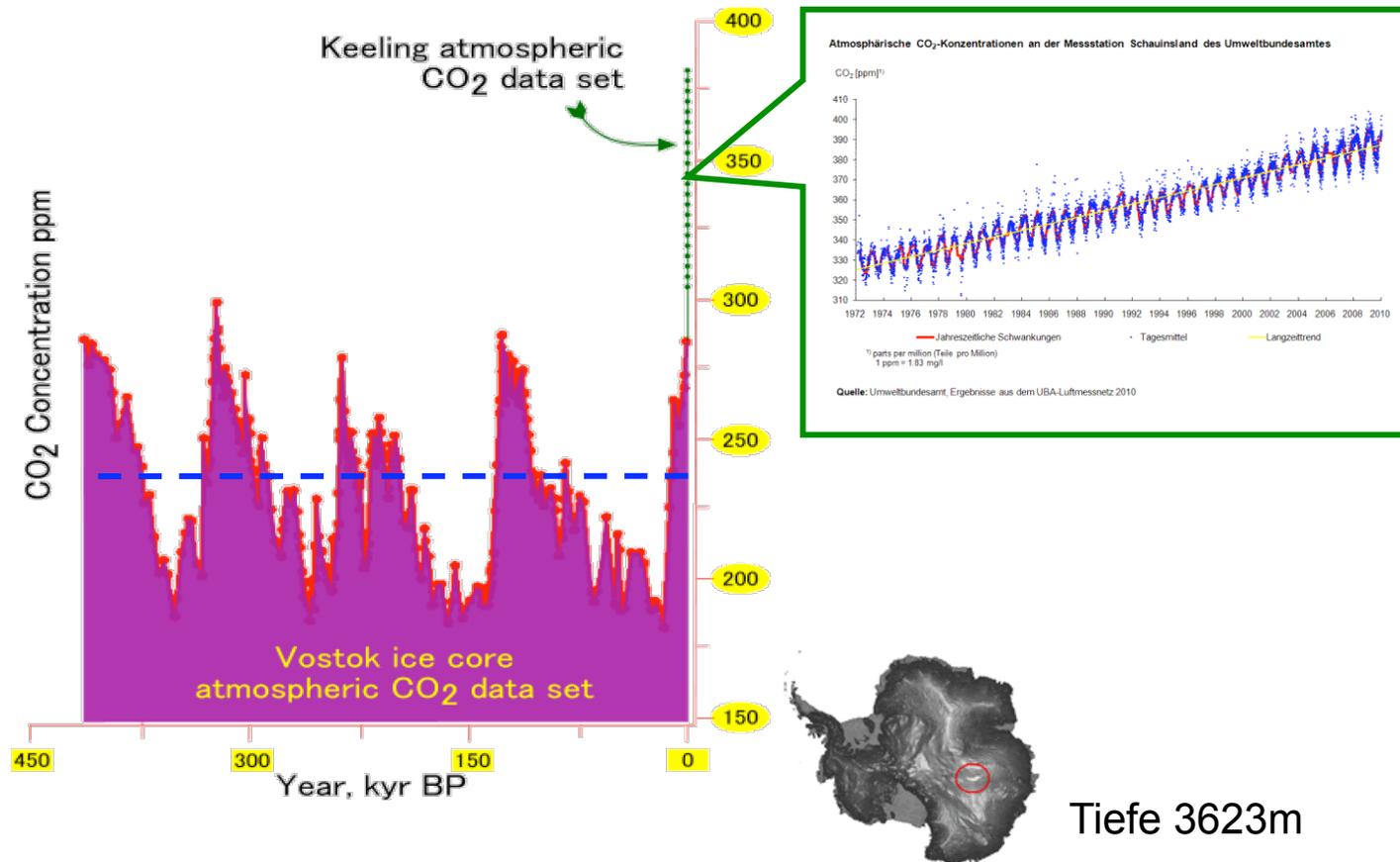
Latitude.	Carbonic Acid=0.67.					Carbonic Acid=1.5.					Carbonic Acid=2.0.					Carbonic Acid=2.5.					Carbonic Acid=3.0.				
	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.	Dec.-Feb.	March-May.	June-Aug.	Sept.-Nov.	Mean of the year.
70	-2.9	-3.0	-3.4	-3.1	-3.1	3.3	3.4	3.8	3.6	3.52	6.0	6.1	6.0	6.1	6.05	7.9	8.0	7.9	8.0	7.95	9.1	9.3	9.4	9.4	9.3
60	-3.0	-3.2	-3.4	-3.3	-3.22	3.4	3.7	3.6	3.8	3.62	6.1	6.1	5.8	6.1	6.02	8.0	8.0	7.6	7.9	7.87	9.3	9.5	8.9	9.5	9.3
50	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	3.7	3.8	3.4	3.7	3.65	6.1	6.1	5.5	6.0	5.92	8.0	7.9	7.0	7.9	7.7	9.5	9.4	8.6	9.2	9.17
40	-3.4	-3.4	-3.2	-3.3	-3.32	3.7	3.6	3.3	3.5	3.52	6.0	5.8	5.4	5.6	5.7	7.9	7.6	6.9	7.3	7.42	9.3	9.0	8.2	8.8	8.82
30	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.17	3.5	3.3	3.2	3.5	3.47	5.6	5.4	5.0	5.2	5.3	7.2	7.0	6.6	6.7	6.87	8.7	8.3	7.5	7.9	8.1
20	-3.1	-3.1	-3.0	-3.1	-3.07	3.5	3.2	3.1	3.2	3.25	5.2	5.0	4.9	5.0	5.02	6.7	6.6	6.3	6.6	6.52	7.9	7.5	7.2	7.5	7.52
10	-3.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.02	3.2	3.2	3.1	3.1	3.15	5.0	5.0	4.9	4.9	4.95	6.6	6.4	6.3	6.4	6.42	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3
0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.0	-3.02	3.1	3.1	3.2	3.2	3.15	4.9	4.9	5.0	5.0	4.95	6.4	6.4	6.6	6.6	6.5	7.3	7.3	7.4	7.4	7.35
-10	-3.1	-3.1	-3.2	-3.1	-3.12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.0	5.0	5.2	5.1	5.07	6.6	6.6	6.7	6.7	6.65	7.4	7.5	8.0	7.6	7.62
-20	-3.1	-3.2	-3.3	-3.2	-3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.27	5.2	5.3	5.5	5.4	5.35	6.7	6.8	7.0	7.0	6.87	7.9	8.1	8.6	8.3	8.22
-30	-3.3	-3.3	-3.4	-3.4	-3.35	3.4	3.5	3.7	3.5	3.52	5.5	5.6	5.8	5.6	5.62	7.0	7.2	7.7	7.4	7.32	8.6	8.7	9.1	8.8	8.8
-40	-3.4	-3.4	-3.3	-3.4	-3.37	3.6	3.7	3.8	3.7	3.7	5.8	6.0	6.0	6.0	5.95	7.7	7.9	7.9	7.9	7.85	9.1	9.2	9.4	9.3	9.25
-50	-3.2	-3.3	—	—	—	3.8	3.7	—	—	—	6.0	6.1	—	—	—	7.9	8.0	—	—	—	9.4	9.5	—	—	—
-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

266 Prof. S. Arrhenius on the Influence of Carbonic Acid

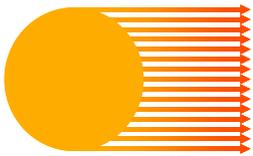
5 K (später korrigiert auf 2 K...)

Anteil von Kohlendioxid in der Atmosphäre

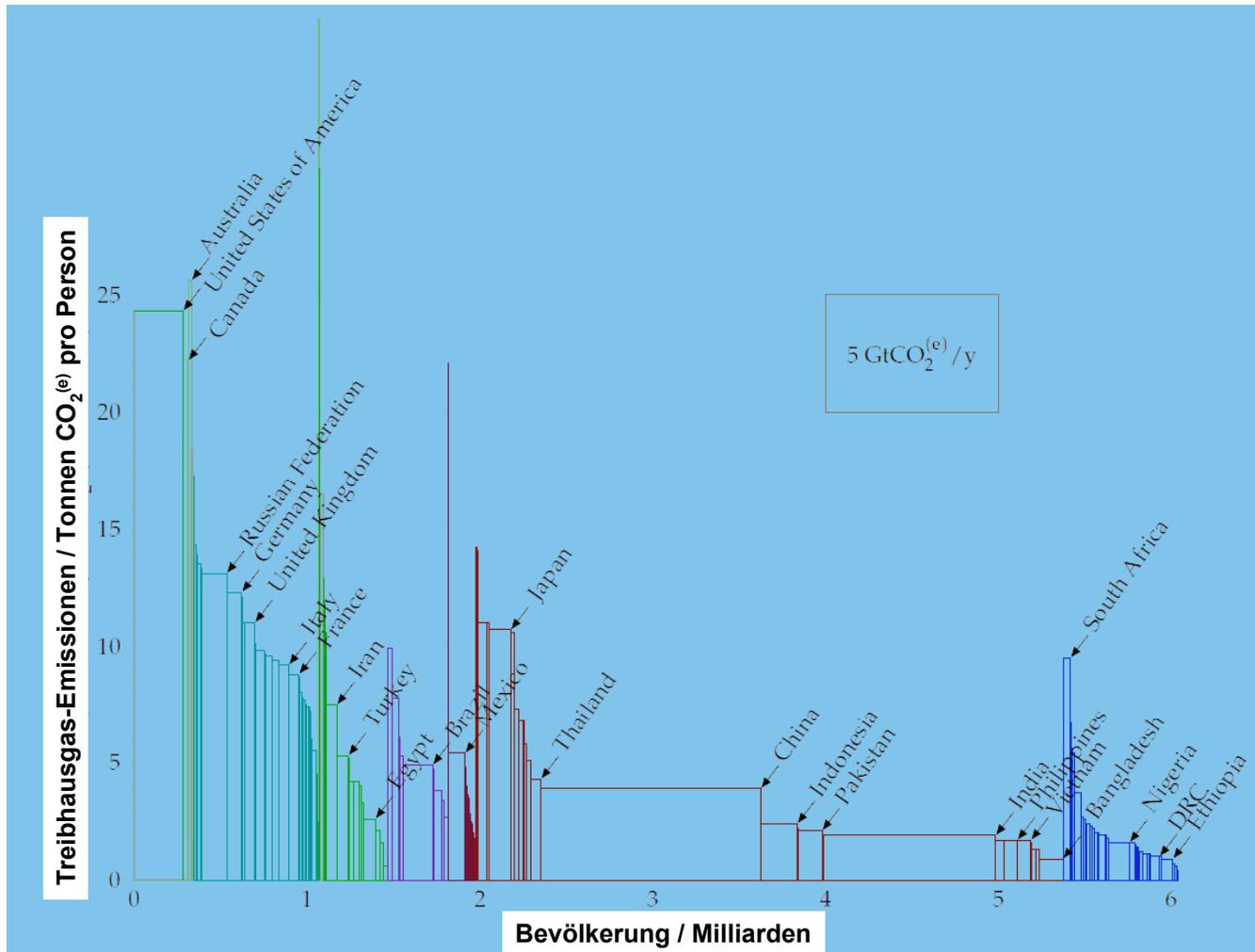
Der Anstieg der CO₂-Konzentration um 38% (von 280ppm auf 385ppm) erfolgte innerhalb von ca. 100 Jahren



Stabilisierung der CO₂-Konzentration bei 450 ppm (jetzt 400 ppm)



CO₂-Reduktion – eine globale Herausforderung



© MacKay Sustainable Energy
– without the hot air 2008

Klimaforscher: Nur noch 750 Mrd. t globale CO₂ Emissionen sind erlaubt, um die Erderwärmung auf 2 K zu begrenzen (ca. 30 Mrd. t CO₂ in 2010)

„Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt und die natürlichen Einflüssen haben vergleichbare Dimension erreicht“

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Hauptgutachten 2011



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Deutschland hat ein Ziel: Bis 2050 sollen nahezu 60 Prozent des Energiebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden!

Energie

Energiekonzept

für eine umweltschonende, zuverlässige und
bezahlbare Energieversorgung

28. September 2010

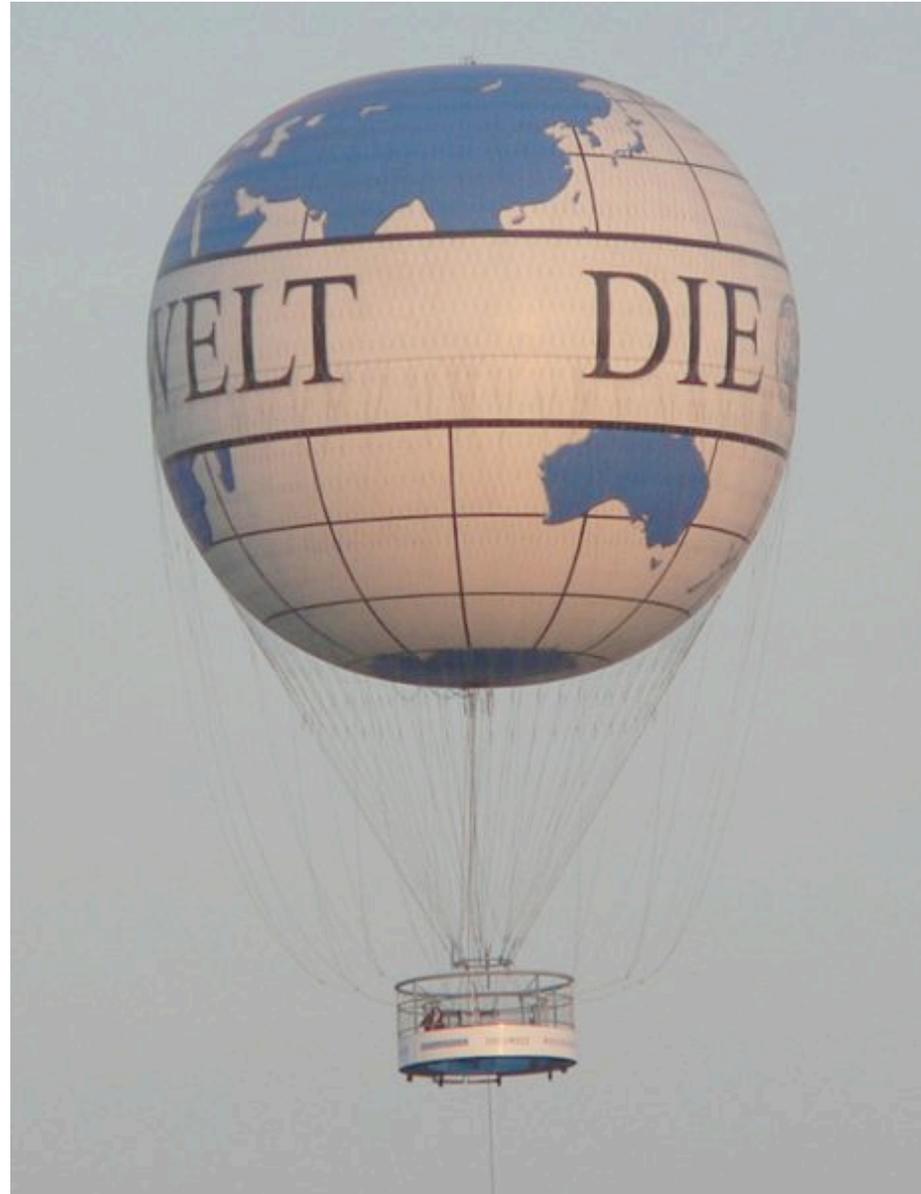
www.bmwi.de
www.bmu.de

28.09.2010,
06.06.2011 (korr.)

Zielsetzungen für das Jahr:	2020	2030	2040	2050
Reduktion Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990)	-40%	-55%	-70%	-80 – 95%
Reduktion Primärenergieverbrauch (gegenüber 2008)	-20%	Steigerung Energie- produktivität um 2,1%/a		-50%
Reduktion Stromverbrauch (gegenüber 2008)	-10%			-25%
Reduktion Endenergieverbrauch im Verkehrsbereich (gegenüber 2005)	-10%			-40%
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch	18%	30%	45%	60%
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch	35%	50%	65%	80%

- Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen um 80 % bis 2050 (bezogen auf 1990)
- Pro-Kopf CO₂-Emissionsrechte von ca. 1 t CO₂/a in 2050 (2,7 t CO₂/a im Schnitt)

1 t CO₂ entspricht ca. dem Volumen eines Fesselballons



Deutschlands Energiewende –

Ein Gemeinschaftswerk
für die Zukunft

vorgelegt von der

Ethik-Kommission
Sichere Energieversorgung

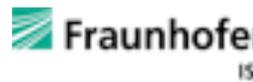
30. Mai 2011

- Der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie innerhalb eines Jahrzehntes
- Deutschland verfügt über Alternativen: Stromerzeugung aus Wind, Sonne, Wasser, Geothermie, Biomasse, die effizientere Nutzung und gesteigerte Produktivität von Energie sowie klimagerecht eingesetzte fossile Energieträger
- Das gesellschaftliche Gemeinschaftswerk „Energiezukunft Deutschlands“
- Die Energiewende ist organisatorisch eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe
- Die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und des Wirtschaftsstandortes nicht gefährden
- Die Wissenschaft in Deutschland ist in einer hervorragenden Position
- Auch veränderte Lebensstile der Menschen helfen Energie einzusparen

Ein Jahr früher: Vision für 100% EE & EEF

BMU: Treffen mit dem Bundesminister Dr. Norbert Röttgen am 22.06.2010

Vision des FVEE für ein 100% erneuerbares Energiesystem



BMU: Treffen mit dem Bundesminister Dr. Norbert Röttgen
am 22.06.2010

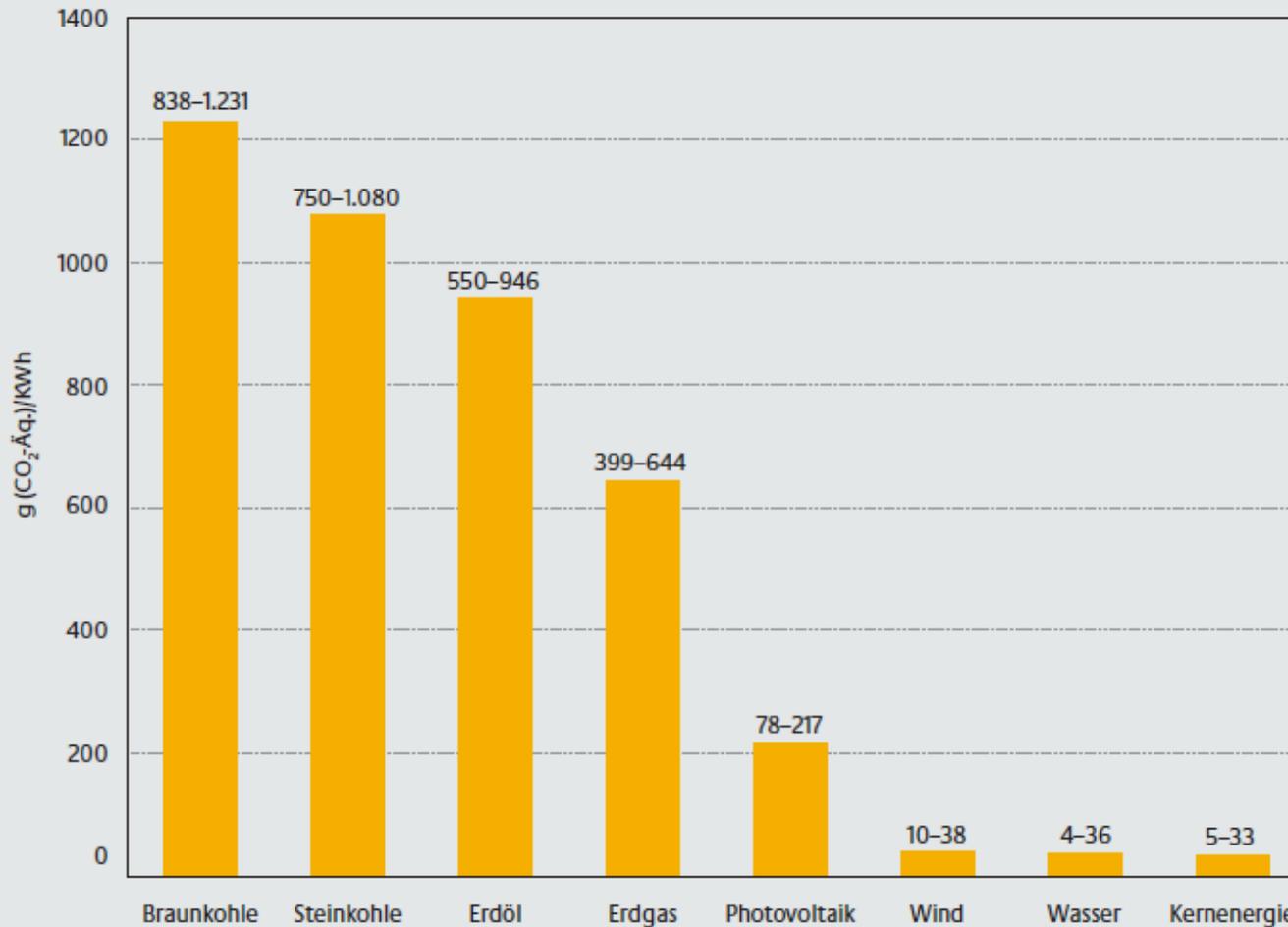
Dieser Vorschlag ist charakterisiert durch:

- *ein Auslaufen der fossilen Stromerzeugung,*
- *den Ersatz von Erdöl im Verkehr durch Elektromobilität und regenerative Kraftstoffe,*
- *den Ersatz fossiler Brennstoffe für Wärme und Kälte durch elektrische Wärmepumpen, Solarthermie und Kraft-Wärme-Kopplung,*
- *die chemische Speicherung erneuerbarer Energieüberschüsse*

- Zentrale Elemente einer Transformation zu einer nachhaltigen und klimaverträglichen Gesellschaft sind die umfassende **Dekarbonisierung** des Energiesystems sowie erhebliche **Verbesserungen der Energieeffizienz**, insbesondere im Endnutzungsbereich
- Jede wirksame internationale Klimapolitik wird und muss zur Reduktion des Verbrauchs und der Verbrennung fossiler Brennstoffe führen

Grand Transformation

Abb. 3.19: Spezifische CO₂-Freisetzungen verschiedener Energiequellen bei der Stromerzeugung. Die Ziffern geben die Bandbreiten der von den genannten Institutionen ermittelten Werte wieder.



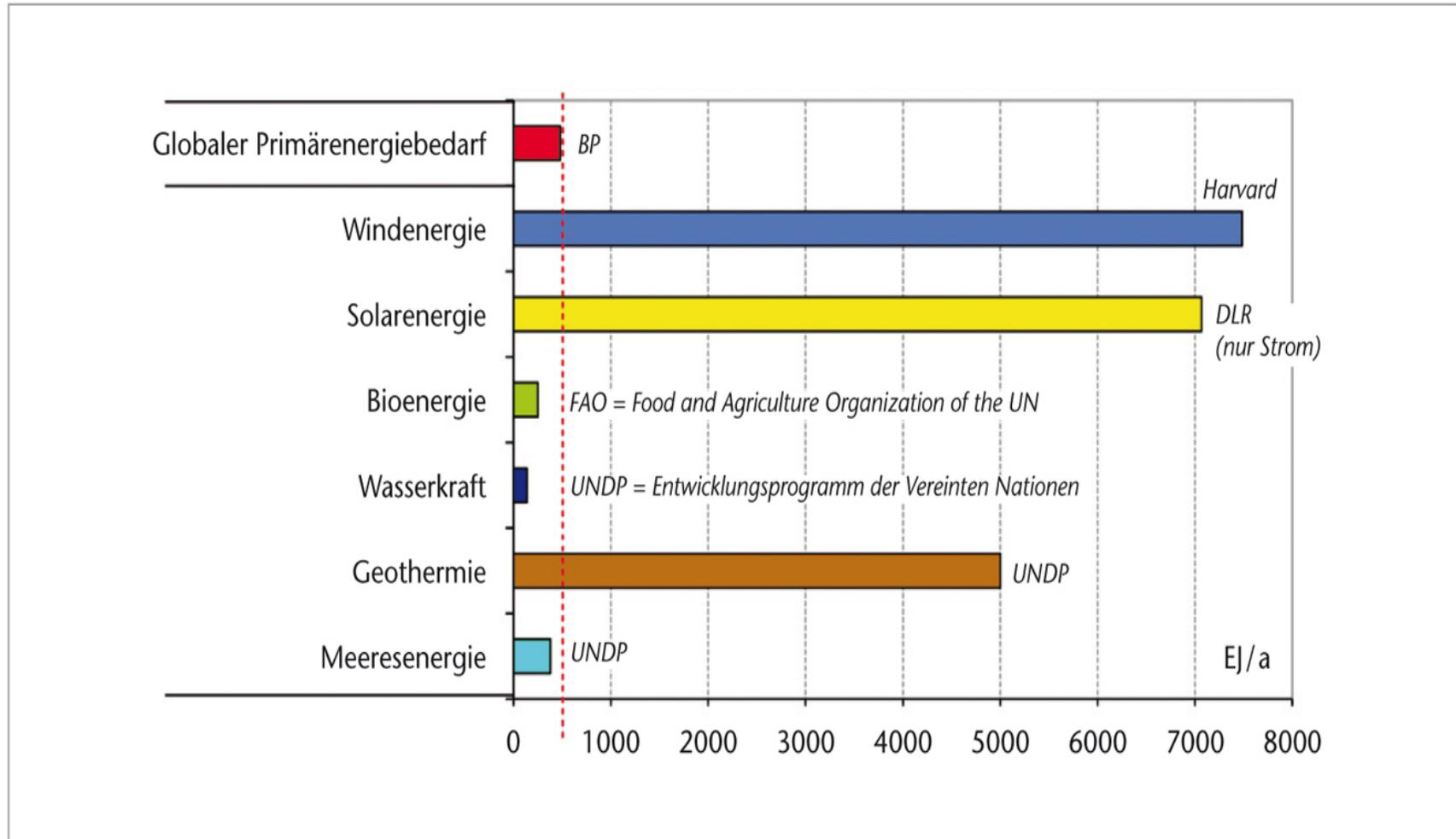
Quelle: PSI (2004; 2007), ILK (2004), IER (1997; 2000), EU (2007), Öko-Institut (2006)

500 Mrd. USD haben die Staaten im Jahr 2010 ausgegeben, um die Produktion und den Verbrauch fossiler Energien zu unterstützen.

Subventionen führen "... zu Energieverschwendung, verringern die Energiesicherheit, verhindern Investitionen in saubere Energien sowie unterwandern die Klimaschutzbemühungen"

Gemeinsam mit der OECD empfiehlt IEA, dieses Geld in Zukunft zugunsten von Umwelt und Wirtschaft einzusparen

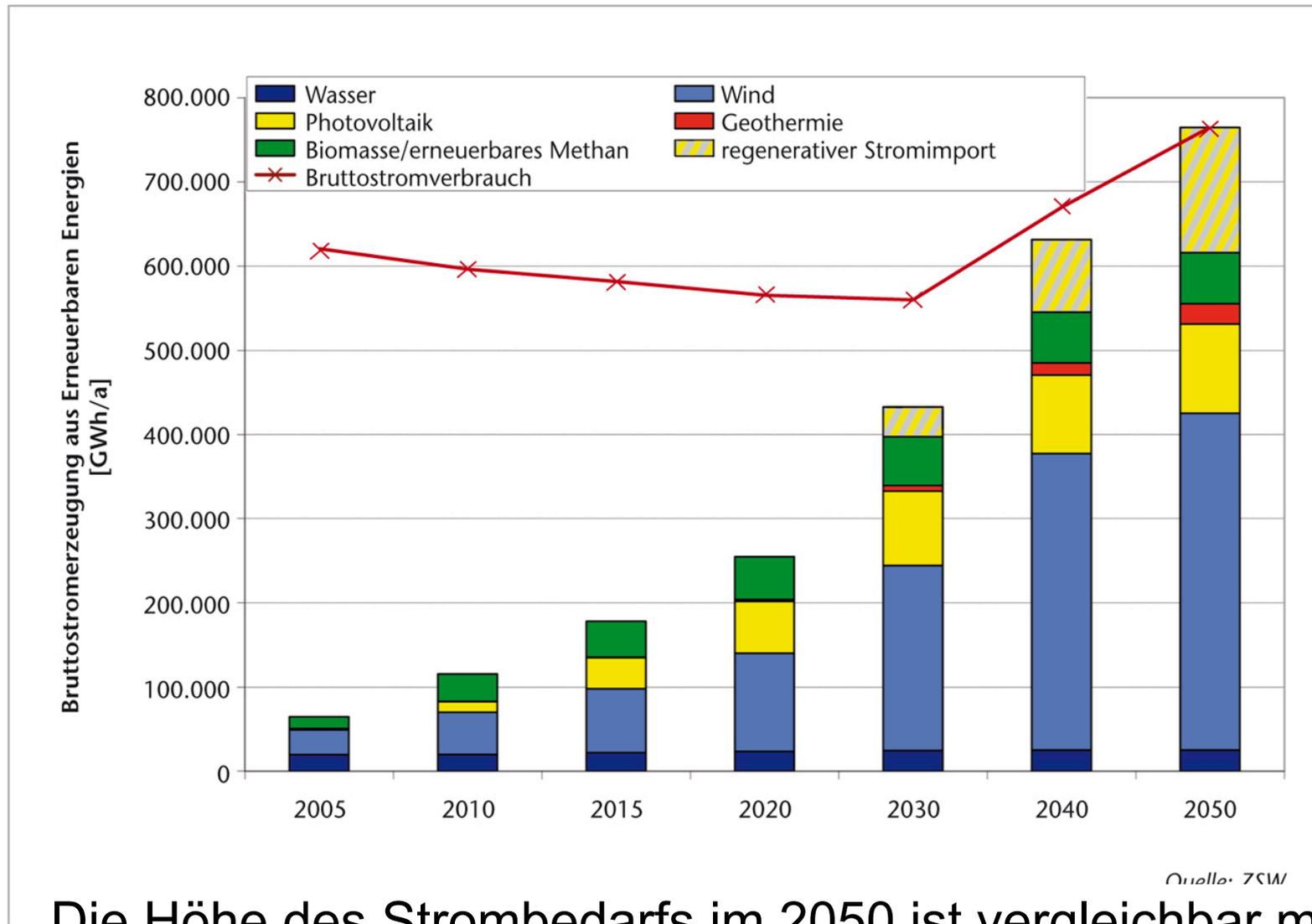
Quelle: Internationale Energieagentur (IEA)



Primärenergiebedarf bis 2050 soll 700 EJ/a betragen

- **Sie haben das größte energetische und technische Potenzial aller uns bekannten Energien**
- **Sie genießen eine außerordentlich hohe soziale Akzeptanz**
- Sie sind umweltfreundlich
- Sie sind global einsetzbar
- Sie sind wirtschaftlich sinnvoll
- Es sind heimische Energiequellen

Entwicklung des Strombedarfs



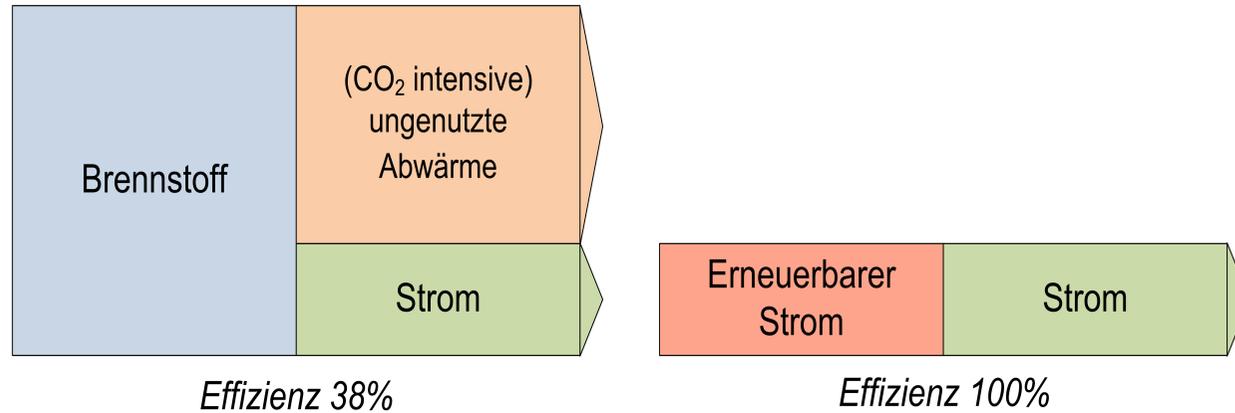
Die Höhe des Strombedarfs im 2050 ist vergleichbar mit den Ergebnissen des SRU-Gutachtens: 700 TWh

EE-Strom	1. Halbjahr 2010 (Mrd. kWh)	1. Halbjahr 2011 (Mrd. kWh)	Anteile 1. Halbjahr 2011 in Prozent
Windenergie	18,3	20,7	7,5
Bioenergie	14,8	15,4	5,6
Wasserkraft	9,8	9,2	3,3
Photovoltaik	5,5	9,7	3,5
Müllverbrennung und sonstige Erneuerbare	2,2	2,2	0,8
Summe	50,4	57,3	20,7
ca. 100 TWh/a			

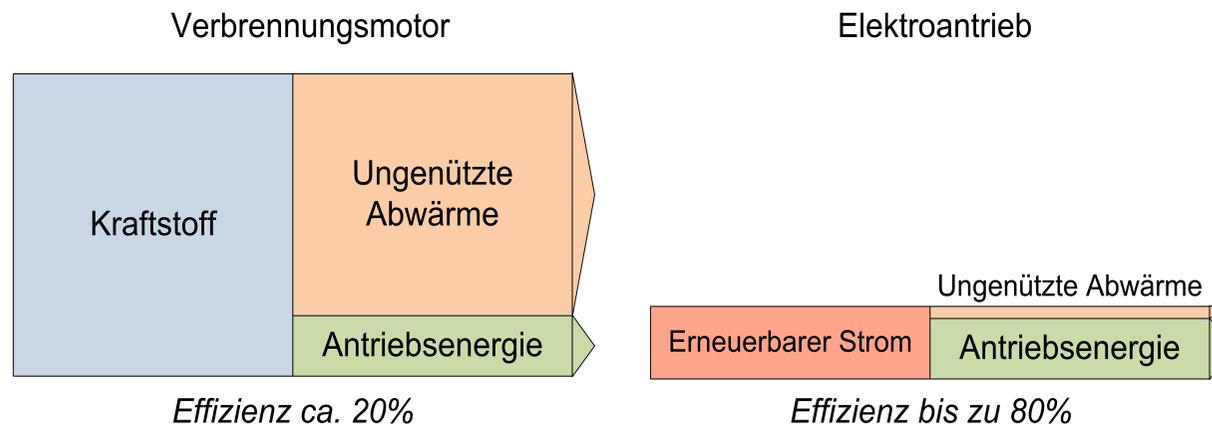
Quelle: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Berlin

- Erhöhung der Energieeffizienz
- Ausbaus des Stromnetzes
- Entwicklung von Energiespeichertechnologien
- Verstärkte Forschung und Entwicklung von EE und EEF
- Erhalt des EEG mit Vorrangregelung

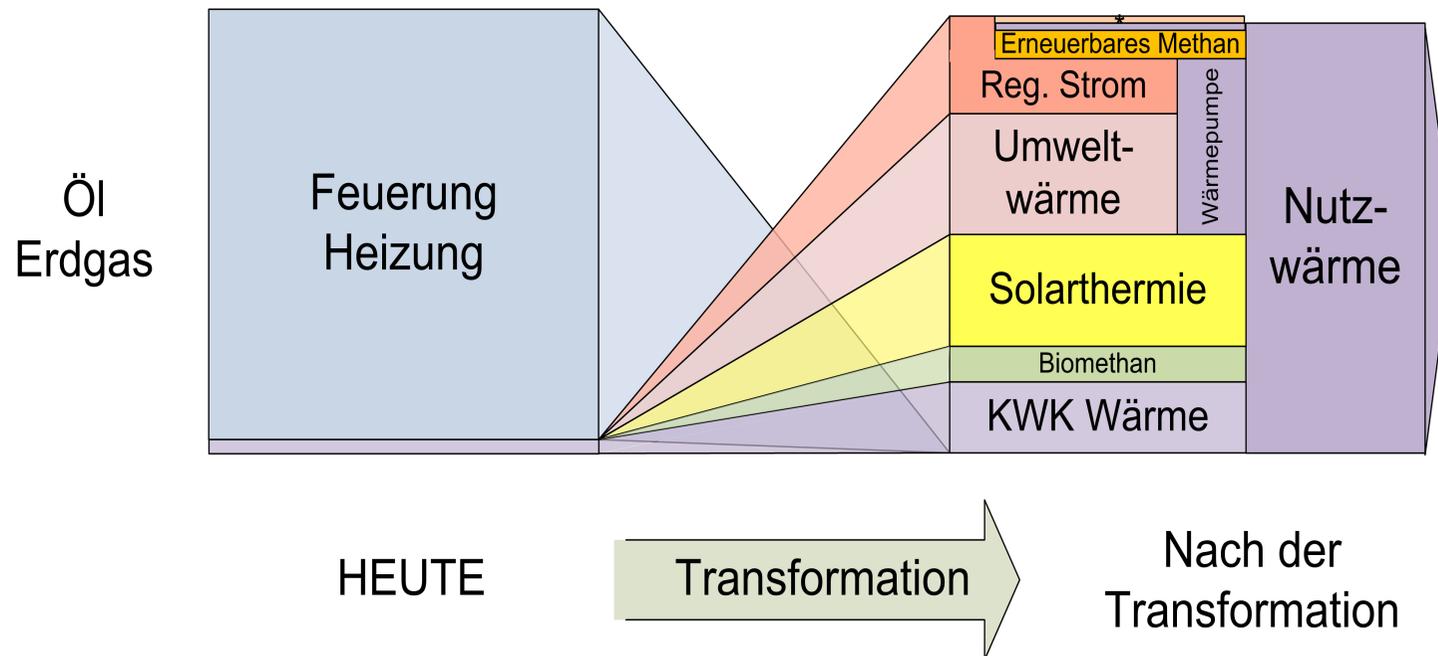
- Erhöhung der Energieeffizienz im Stromsektor



- Erhöhung der Energieeffizienz im Verkehrssektor

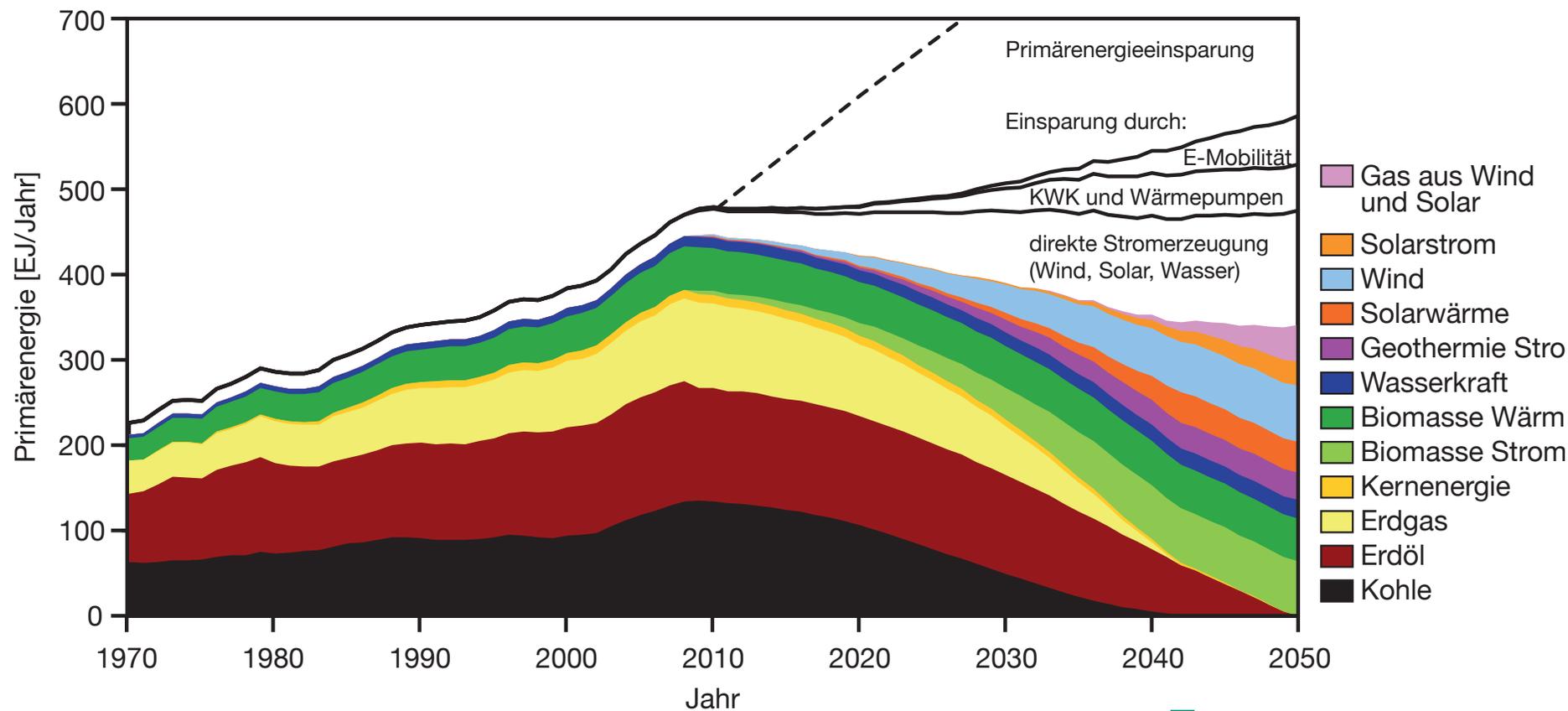


- Erhöhung der Energieeffizienz im Wärmesektor



Vision für 100% EE und EEF

Primärenergiebedarf bis 2050 steigt auf nicht mehr als 700 EJ/a (WBGU-Empfehlung)

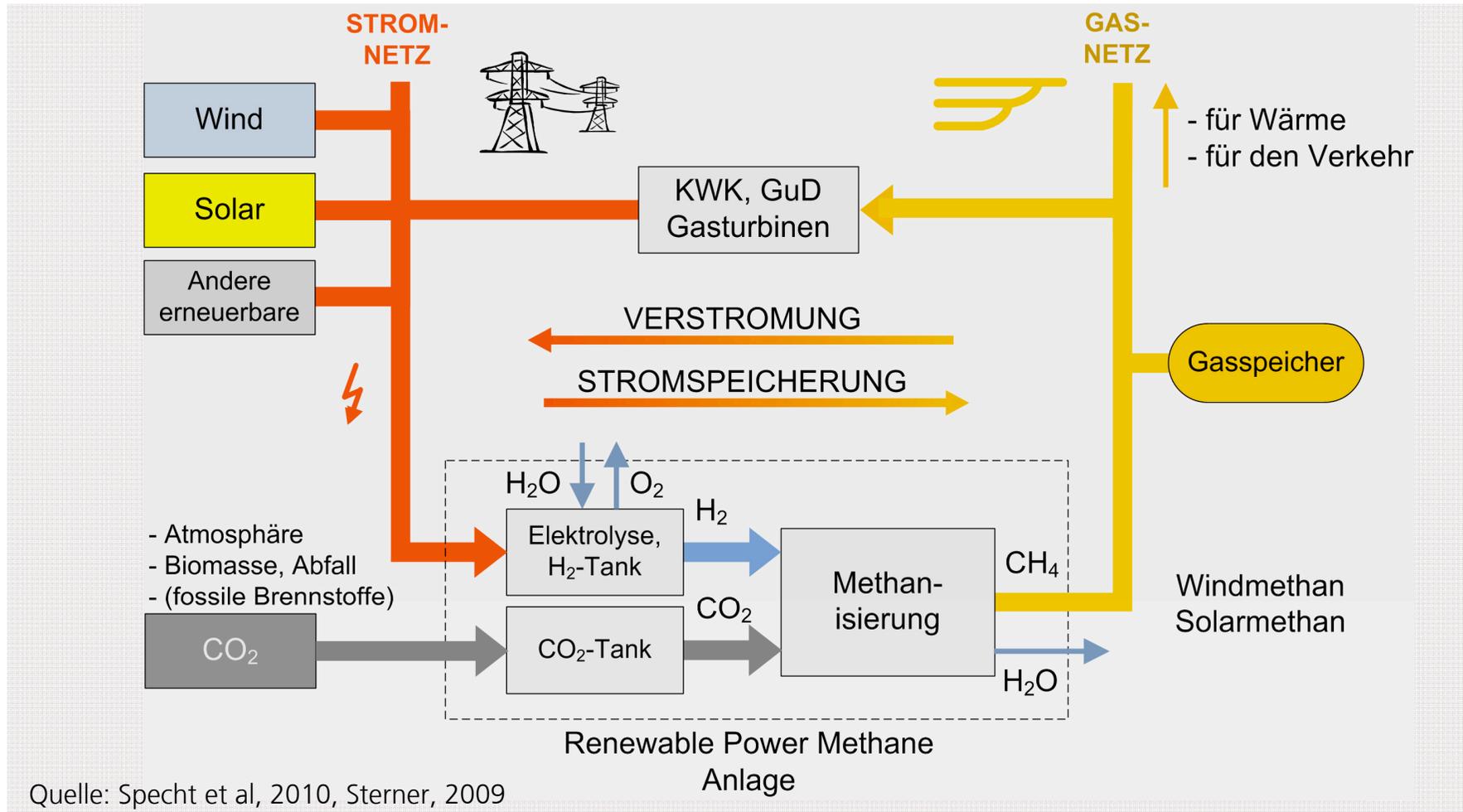


Annahmen: es wird angenommen, dass durch Effizienzmaßnahmen der globale Wärme- und Kältebedarf um 1 % pro Jahr gesenkt und das Wachstum der Energienachfrage für den Verkehr sowie das globale Wachstum der Stromnachfrage auf 1 % pro Jahr begrenzt werden können.

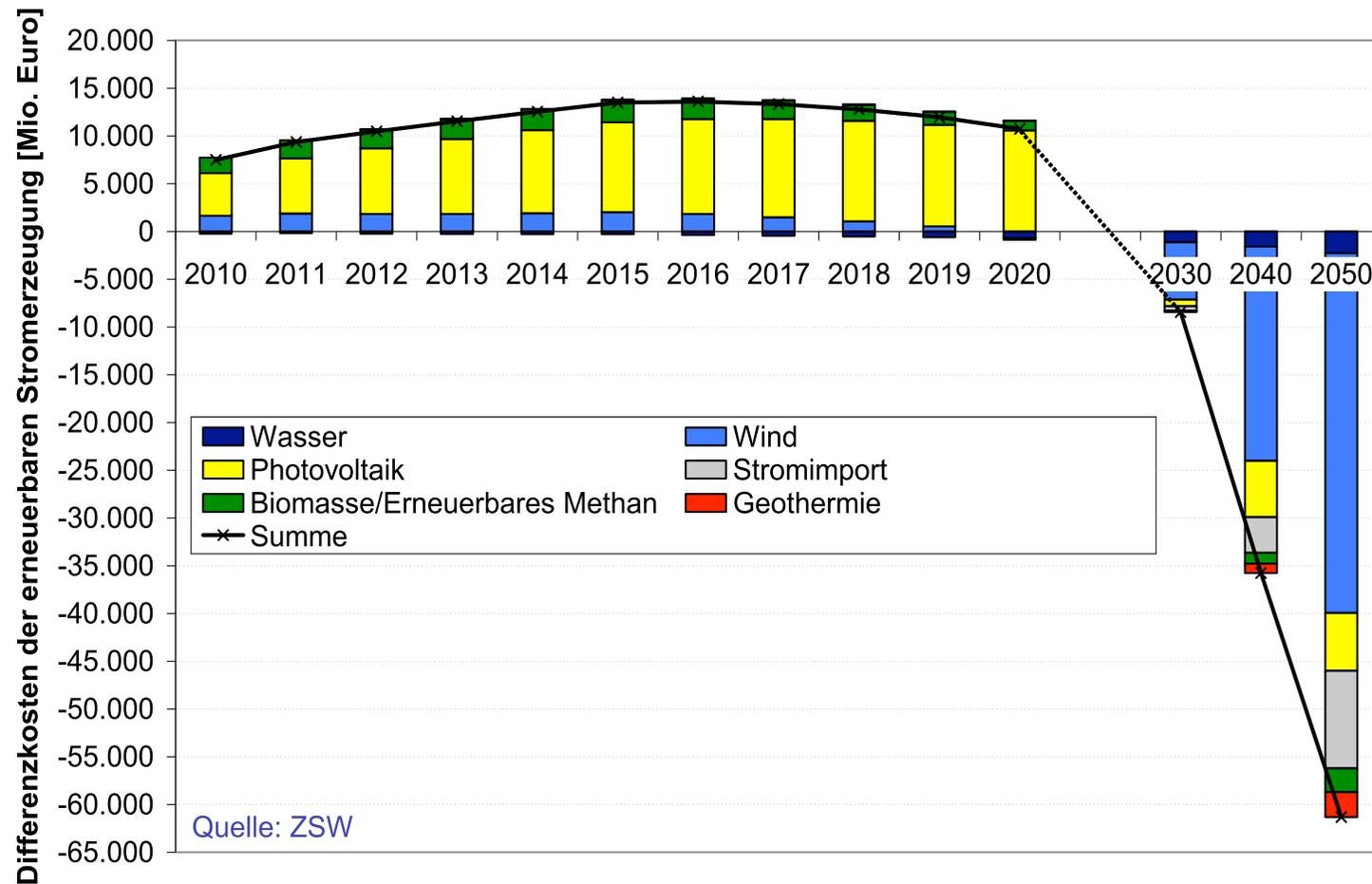
- Methan (Erdgas) verursacht, bezogen auf den Energiegehalt, die geringsten CO₂-Emissionen der fossilen Energieträger
- Gaskraftwerke (GuD) sind energieeffizienter als Kohlekraftwerke, haben geringere Investitionskosten, schnell regelbar, kompatibel mit hohen Anteilen von fluktuierenden EE
- GuD Nutzung mit Kraft-Wärme-Kopplung ist möglich und sinnvoll
- Nutzung vorhandener Erdgasnetze zur Speicherung und Verteilung von Methan
- Mischgase mit höheren Anteilen von Wasserstoff (10%) (einem treibhausgasfreien Energieträger) sind möglich

Chemische Energiespeicher

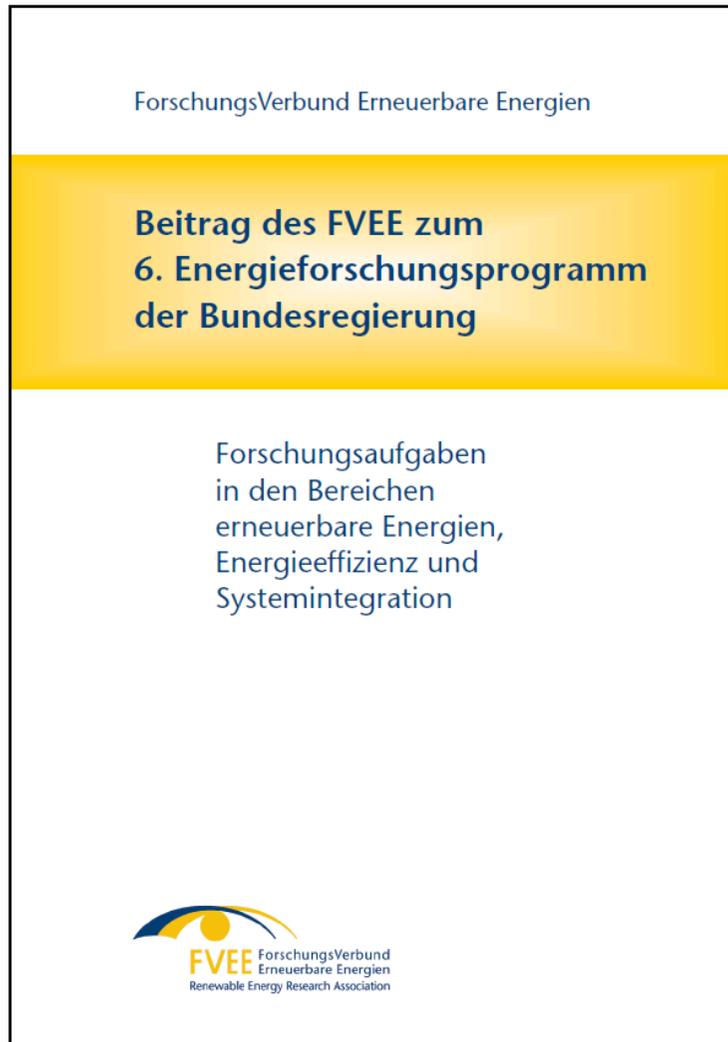
Nutzung überschüssiger EE und vorhandener Erdgasnetze durch Methan- und Wasserstoffherzeugung



Differenzkosten der Stromerzeugung



Monetäre Bewertung des Energiegesamtverbrauchs in BRD
200 Mrd. €



Definition des Forschungsbedarfs
sowie die Empfehlungen für
Forschungsförderung in
den Bereichen
**EE, Energieeffizienz,
Speicherung, Systemanalyse**

Übergabe erfolgte am 11.10.10 an
die Vertreter der Ministerien
BMBF, BMWi und BMU



Übergabe erfolgte am 11. Oktober an die Vertreter der Ministerien BMBF, BMWi und BMU



Forschung für eine umweltschonende,
zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung

Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

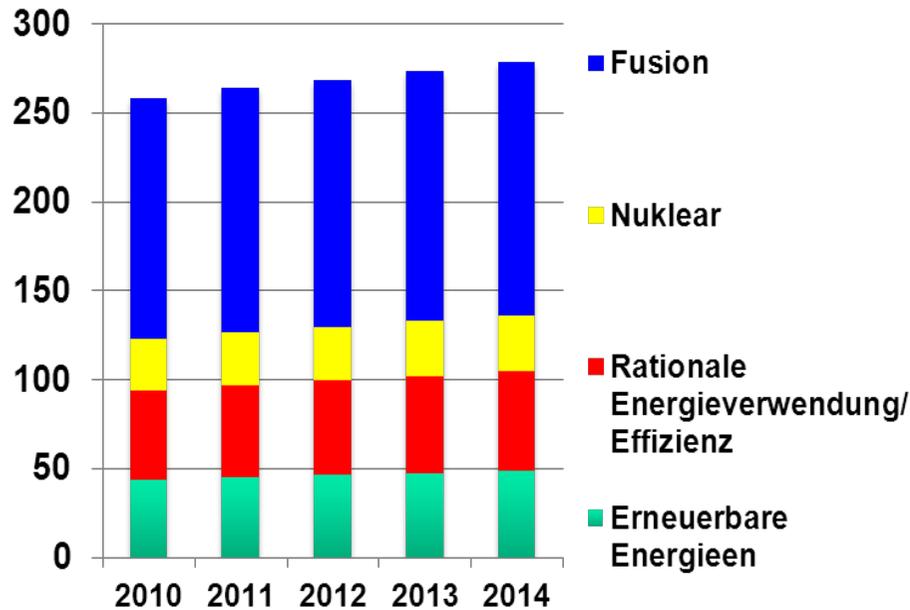
Juli 2011

6. EFP: Fördermittel (Bund) Energieforschung

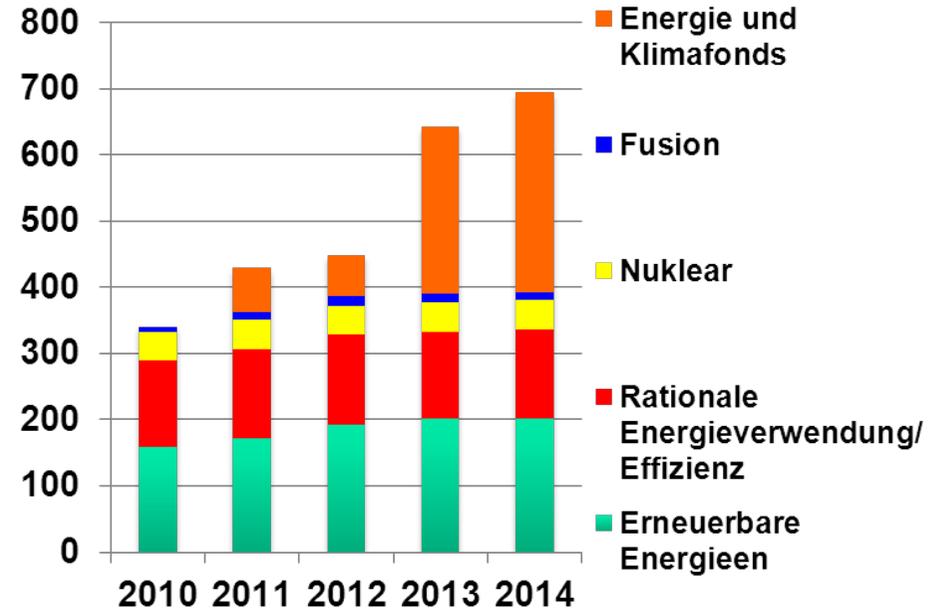
Förderung von Forschung und Entwicklung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung (Tsd. Euro)					
	Ist 2010	Soll 2011	2012	Plandaten ^{1,2} 2013	2014
Rationelle Energieumwandlung und -verwendung, Energieeffizienz					
Bundeshaushalt	210.256	224.275	209.920	208.377	216.069
Energie- und Klimafonds ³	—	28.000	33.500	121.850	137.500
Summe	210.256	252.275	243.420	330.227	353.569
Erneuerbare Energien					
Bundeshaushalt	205.142	221.362	245.015	256.726	260.912
Energie- und Klimafonds	—	40.000	29.000	130.000	165.000
Summe	205.142	261.362	274.015	386.726	425.912
Nukleare Sicherheit, Endlagerung					
Bundeshaushalt	71.543	75.280	78.435	80.721	83.060
Fusion					
Bundeshaushalt	131.031	144.053	158.507	166.348	144.086
Summe					
Bundeshaushalt	617.971	664.970	691.877	712.171	704.127
Energie- und Klimafonds	—	68.000	62.500	251.850	302.500
Summe	617.971	732.970	754.377	964.021	1.006.627

insgesamt 3,5 Mrd. € 2011-2014

Institutionelle Förderung (M€)



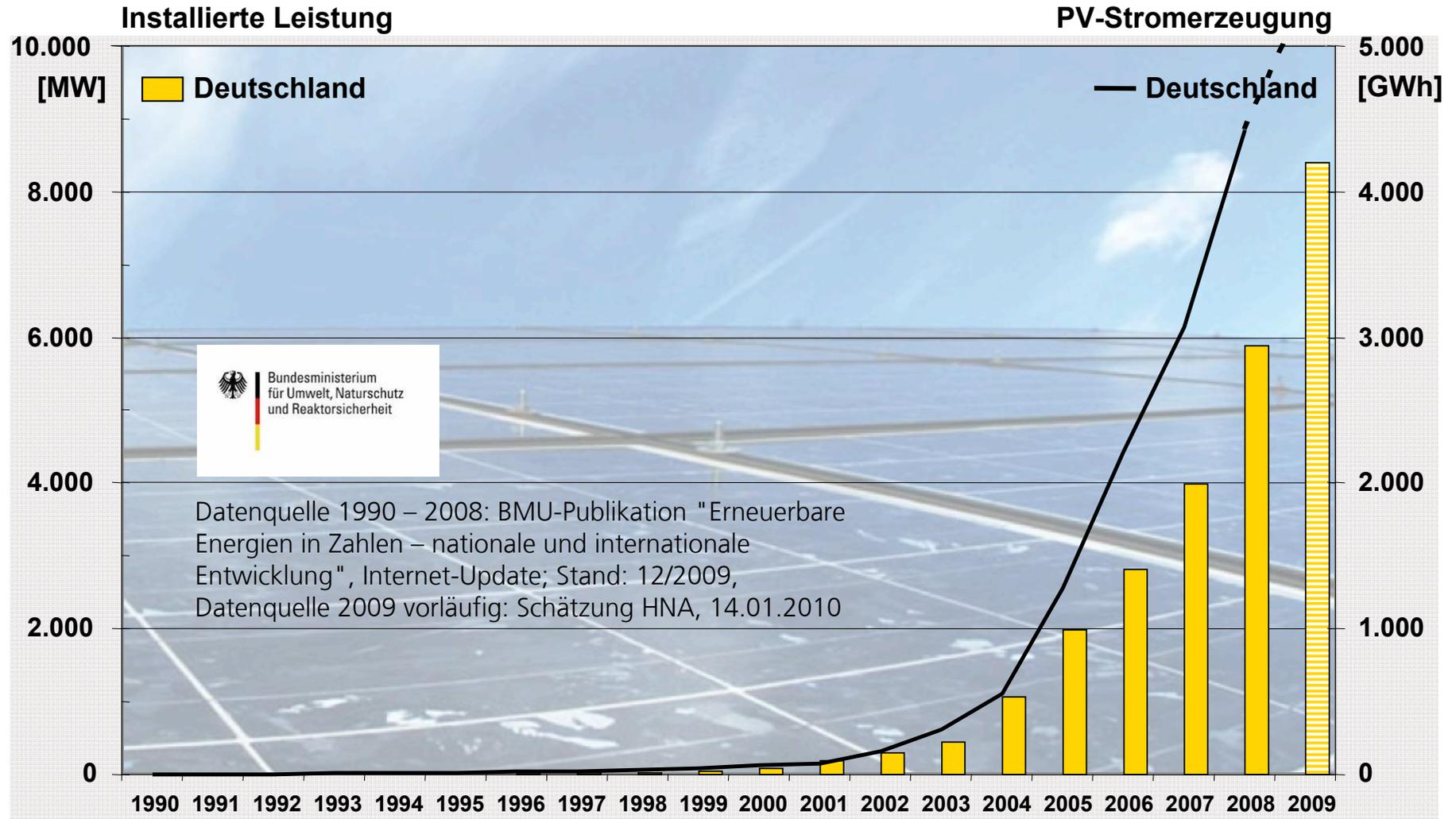
Projektförderung (M€)



- Energiebereitstellung
- Energietransport, -verteilung, -speicherung
- Energieumwandlung
- Energienutzung
- Systemanalyse und Transformationsforschung

Energiebereitstellung

- Photovoltaik
- Solarthermie (Wärme, Strom)
- Bioenergie (Polygeneration)
- Geothermie
- Windenergie (On-, Offshore)
- Meeresenergie
- Wasserkraft

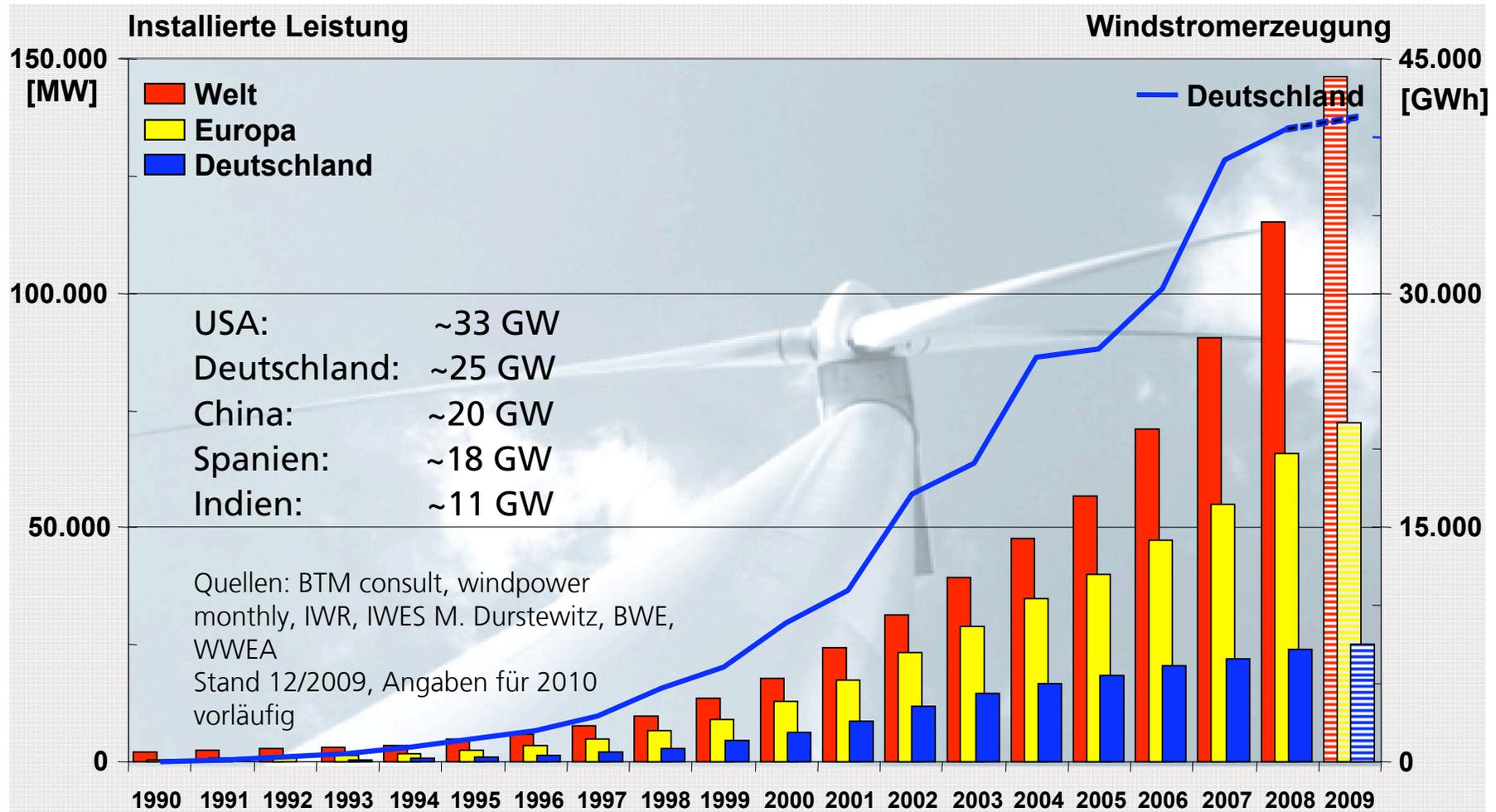


- 2010 In BRD installierte PV Leistung ca. 17 GW

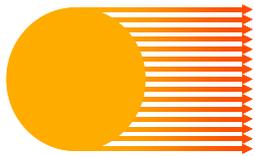
- neue Materialien
- Materialeinsparung (Dünnschicht)
- Erhöhung des Wirkungsgrades
- neue Zellkonzepte
- neue Verschaltungsmethoden für Module
- Technologien für verschiedene ästhetische & mechanische Anforderungen (farbig, flexibel...)
- kostengünstigere Herstellungstechnologien
- Erhöhung der Lebensdauer & Recycling



Flexible CIS-Solarmodule (ZSW)



- 2010 in BRD gab es ca. 21.000 WEA mit 25 GW installierter Leistung
- Windstromerzeugung in BRD ca. 40 TWh in 2009



- Untersuchung und Einsatz neuer Materialien. Reduzierung des Gewichts
- Weiterentwicklung der Anlagentechnik (Generatoren, Rotorblättern)
- Verbesserung der Eigenschaften bzgl. der Aerodynamik und Aeroakustik von WEA
- Verbesserte Erkundung, Erfassung und Bewertung standortspezifischer Windbedingungen. Standortanalyse
- Innovative Logistik für Transport
- Entwicklung der Recycling-Konzepte



Energietransport, -verteilung, -speicherung

- Elektrische Systemtechnik
- Netze für Gas-, Wärme- und Kälteverteilung
- Chemische Speicher
- Elektrochemische Speicher
- Thermische Speicher

Speicher Technologie	Spez. Kapazität		Leistung MW	Wirkungsgrad %	Speicherdauer	Kosten €-cent / kWh
	kWh/t	kWh/Nm ³				
Mechanisch						
Pumpspeicherwerke	1		1 - 1500	70 - 80%	Tag-Monat	8 - 14
Druckluftspeicher		2	300	40 - 70%	Tag	13 - 27
Elektrochemisch						
Bleisäurebatterien	40			85%	Tag-Monat	28 - 37
Li-ion Batterien	130		0,02 - ?	90%	Tag-Monat	57 - 140
NaS Batterien	110		0,05 - 50	85%	Tag	31 - 43
Redox-Flow-Batterien	25		0,01 - 10	75%	Tag-Monat	20 - 30
Thermisch						
Warm-Wasser-Speicher	10-50		0,001 - 10	50 - 90%	Tag-Jahr	0,01
Latentwärmespeicher	50-150		0,001 - 1	75 - 90%	Stunde-Woche	1 - 5
Thermochemische Speicher	120-250		0,01 - 1	100%	Stunde-Tag	0,8 - 4
"Stofflich" chemisch						
Wasserstoff		2,8	0,001 - 1	28 - 50%	Tag-Jahr	19 - 50
Methan		10,2	0,01 - 200	24 - 42%	Tag-Jahr	12 - 34

Energienutzung

- Energieeffizientes und solares Bauen
- Energiesystem Stadt –Smart Cities
- Elektromobilität

(Former) Governor Schwarzenegger
in his
„what **All** can do“ list:



„Insulate your home, switch out your windows for double pane...“

- Hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Multifunktionale Fassaden (Energieerzeugung, Energiespeicherung, Sonnenschutz, Schallschutz, Lüftung...)
- Solar-optimierte Fenster (Lichtlenkung, Sonnenschutz, Dämmung)
- Energieeffiziente Beleuchtung (Tageslichtsysteme, LED)
- Passive Kühlung (Phasenwechsellmaterialien)



Experimentiergebäude ZAE Bayern in WÜ:
Südansicht mit transparenten Wärmedämmungen, schaltbaren und evakuierten Wärmedämmungen sowie Sonnenschutzeinrichtungen



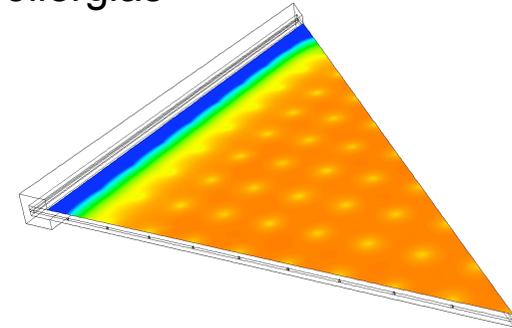
Source: ZAE Bayern

Energie sparende Komponenten



Latente
Wärmespeicher(PCM)

Vakuum-Isolierglas
(VIG)



Tageslicht



niedrig emittierende
Schichten

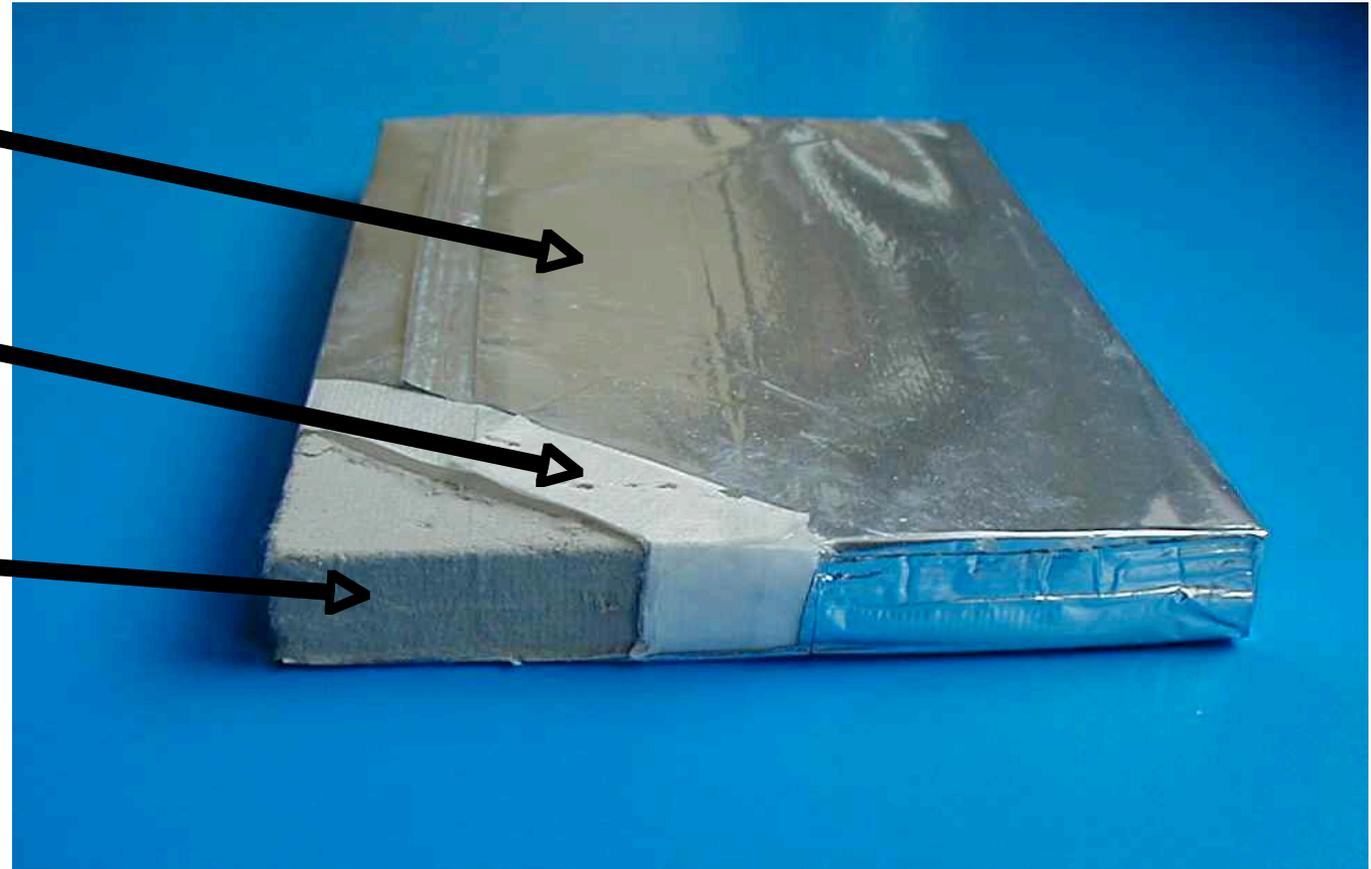
Vakuum-Isolationspaneele
(VIP)



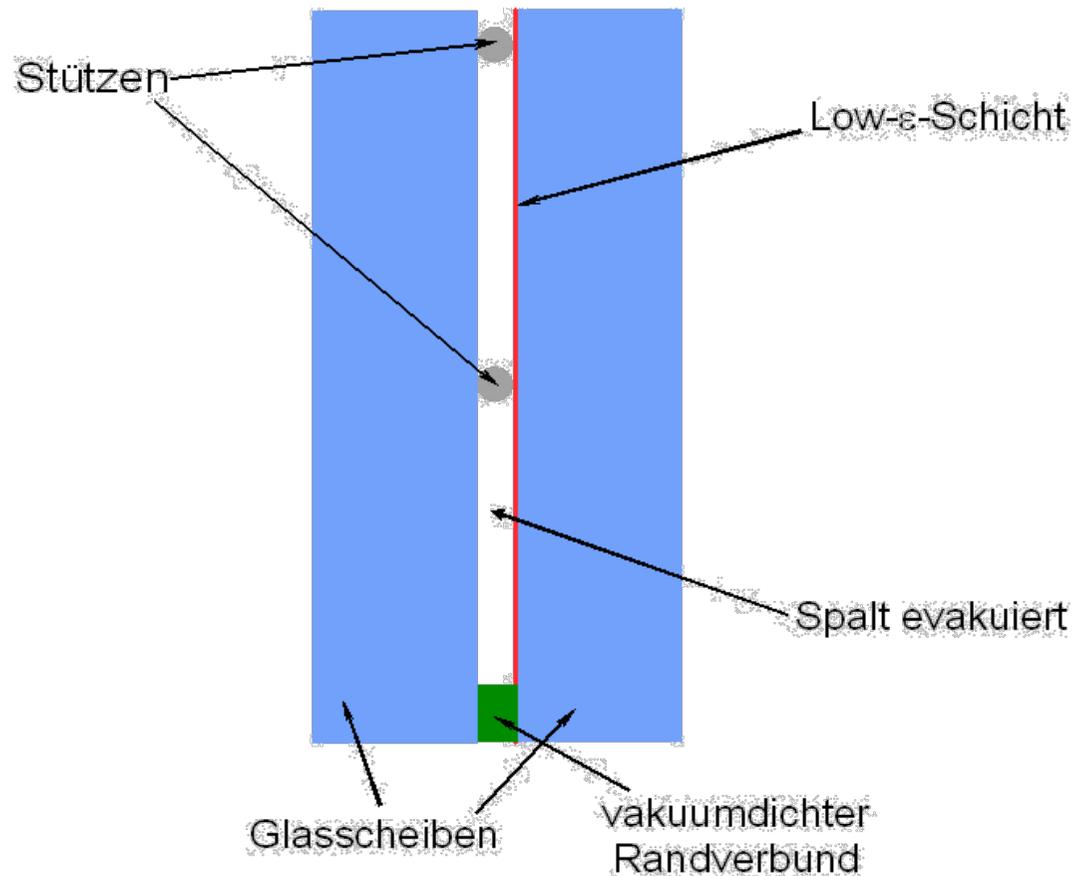
Hochbarrierefolie

Schutzvlies

Evakuiertes Kern
(nanoporöses SiO₂)



Vakuum-Isolierglas (VIG)



- gute Wärmedämmung
 $U \approx 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- geringes Gewicht
(nur 2 Scheiben)
- schlanker Aufbau
 $\approx 10\text{mm}$



Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist

- technisch möglich
- ökologisch / klimatechnisch notwendig

Herausforderungen

- Umbau der Energieversorgungsstrukturen
- Hoher Investitionsaufwand zu Beginn
- “Transformation” des Bewusstseins.
- Akzeptanzprobleme müssen erkannt und angesprochen werden

Entscheidend

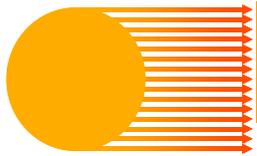
- politischer Wille und Bewusstseinswandel



„Nicht weil es schwer ist,
wagen wir es nicht,
sondern weil wir es nicht
wagen, ist es schwer“

Seneca (1 bis 65 n. Chr.)



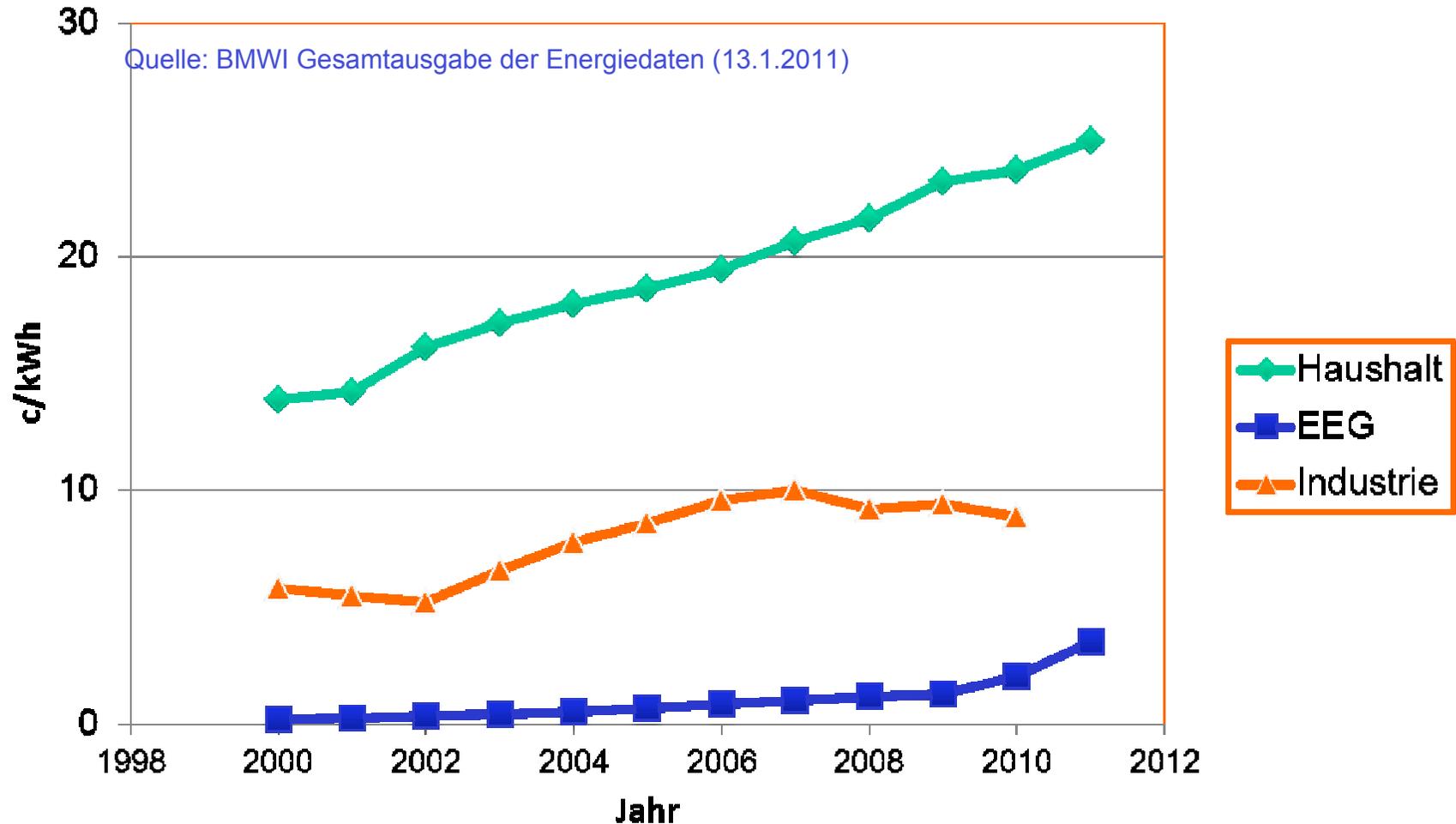


ZAE BAYERN

Anhang

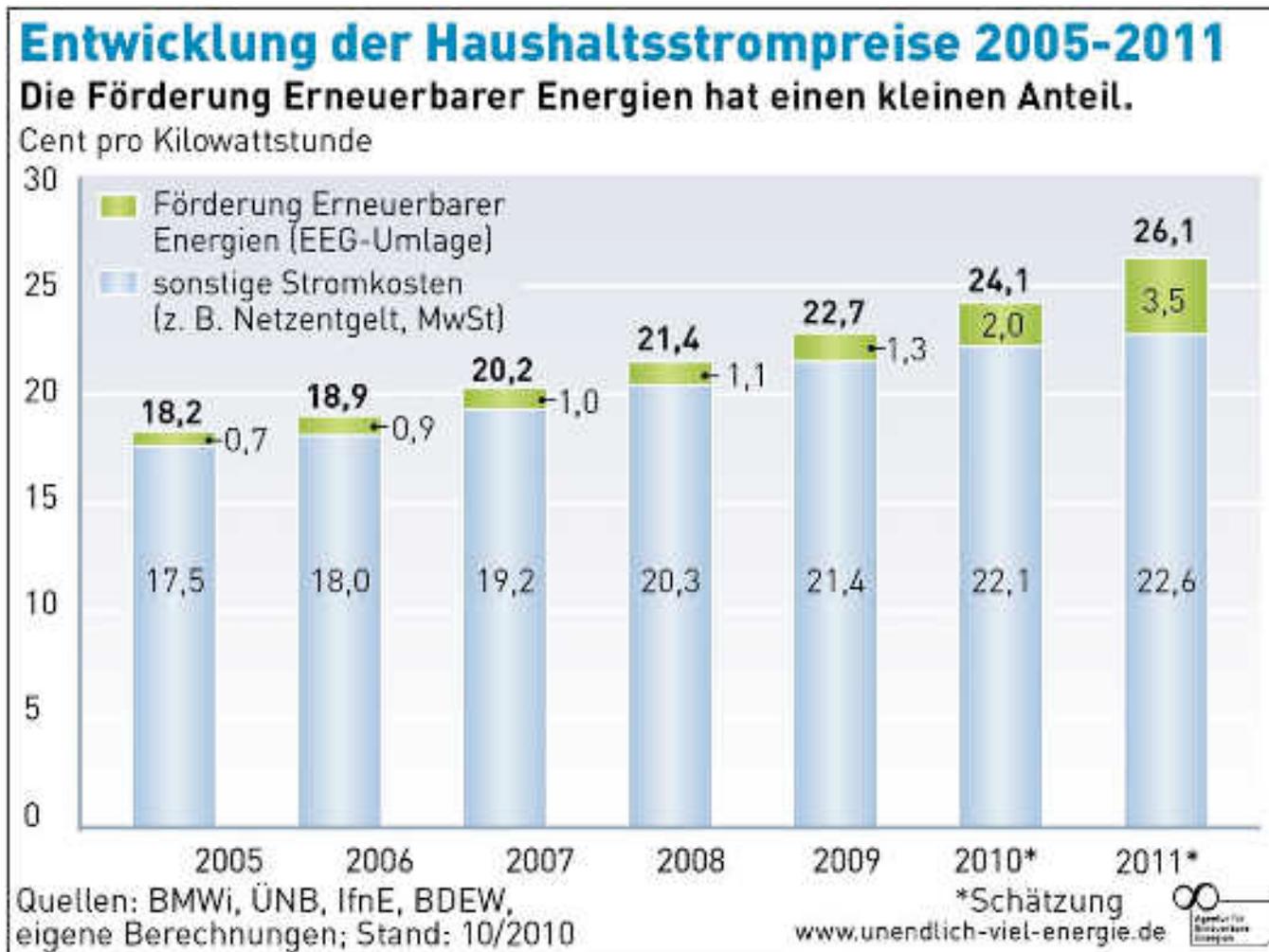
Die Preisentwicklung ist weitgehend unabhängig von der EEG Abgabe

Strompreise in Deutschland



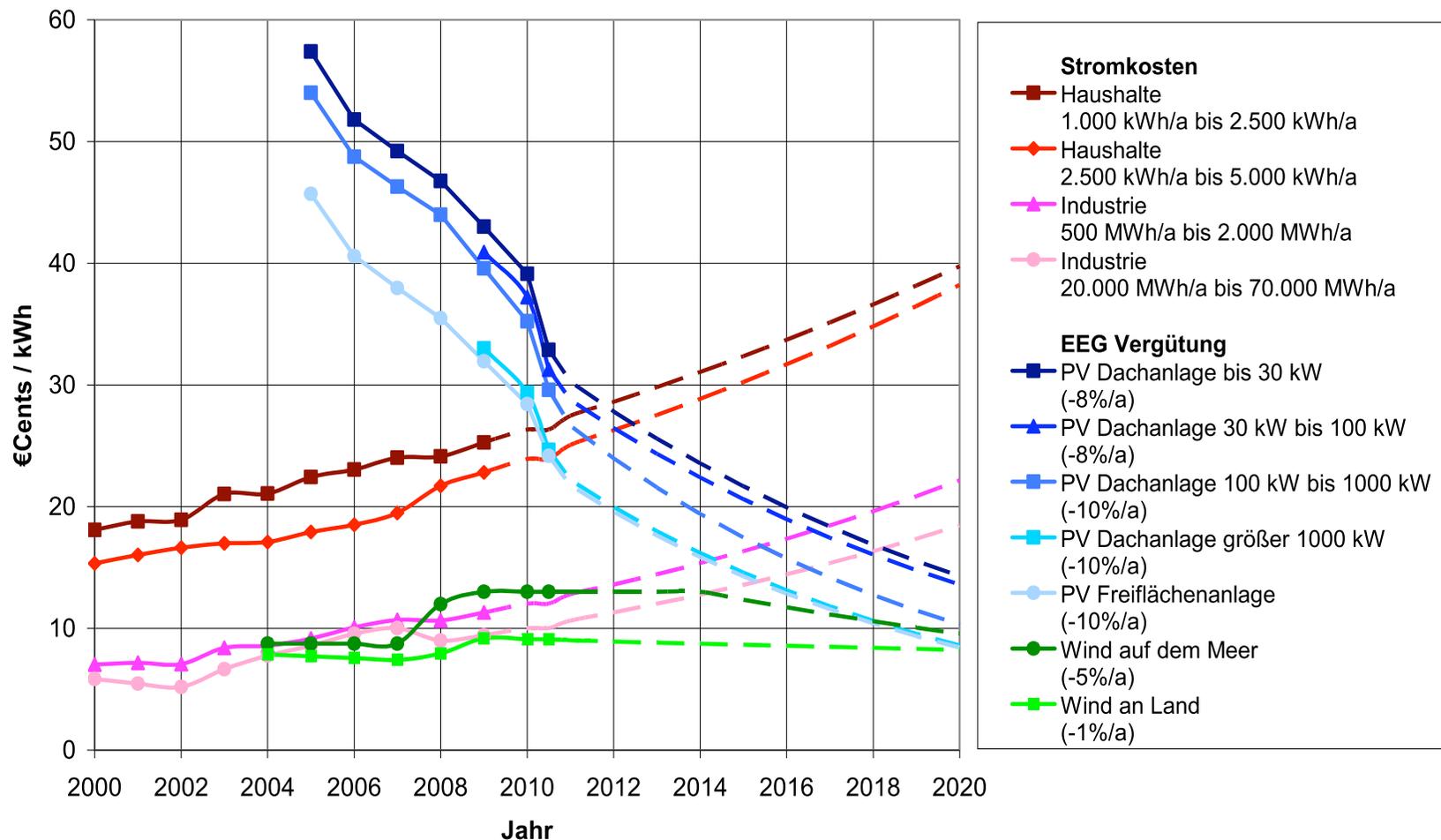
Unter 10% der Strompreissteigerungen in den Jahren 2000-2010 wegen EEG Umlage (55% Erzeugung-Transport-Vertrieb). Anstieg auf ca. 13,5% im 2011

Die Preisentwicklung ist weitgehend unabhängig von der EEG Abgabe



Unter 10% der Strompreissteigerungen in den Jahren 2000-2010 wegen EEG Umlage (55% Erzeugung-Transport-Vertrieb). Anstieg auf ca. 13,5% im 2011

Die Preisentwicklung ist weitgehend unabhängig von der EEG Abgabe



Quelle: BMWi und BMU