

Das Energiekonzept der Bundesregierung und die Perspektiven der Photovoltaik in Deutschland



Gerhard Stryi-Hipp

Leiter Energiepolitik
Fraunhofer Institut für
Solare Energiesysteme ISE

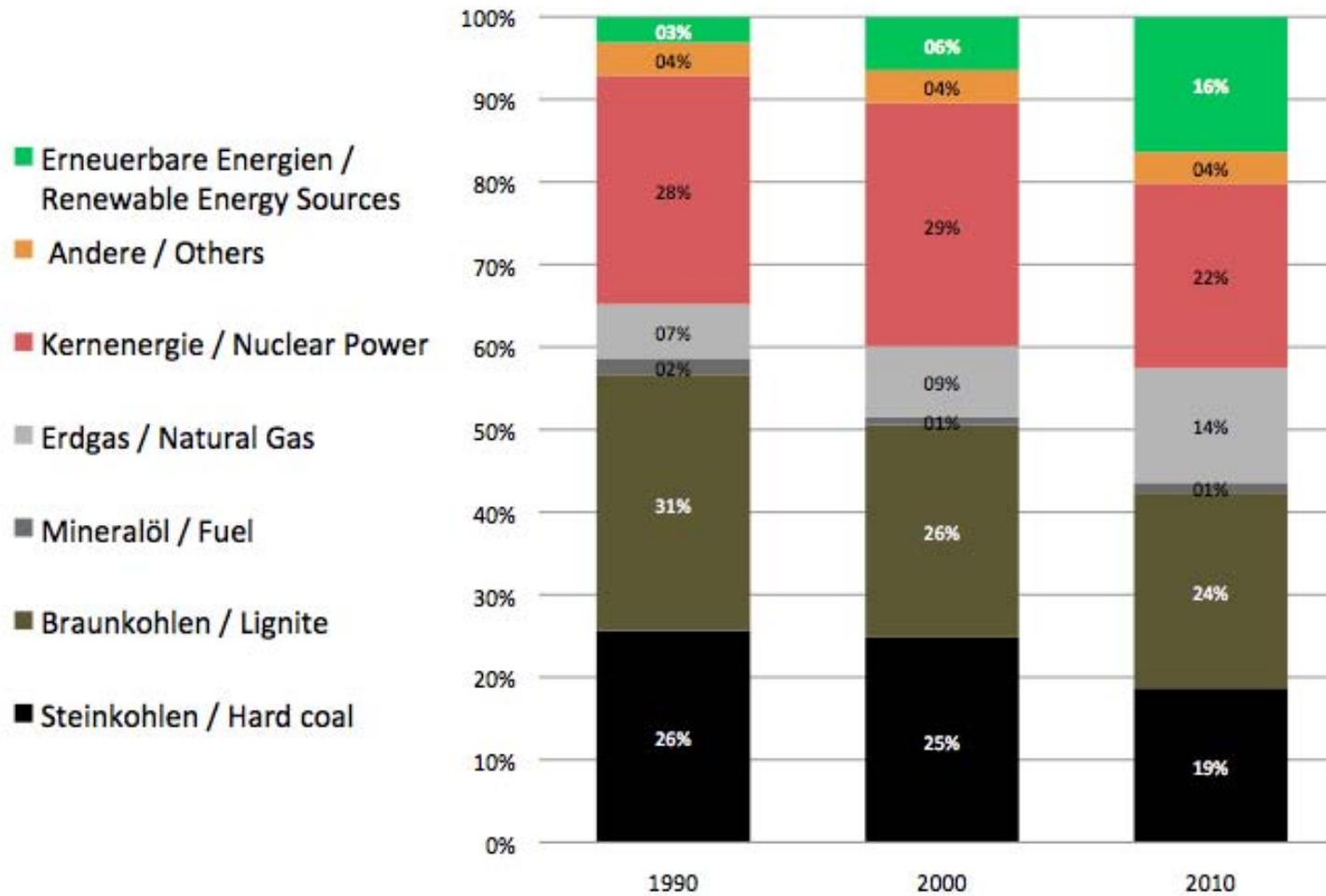
Samstagsforum Regio Freiburg
im Rahmen der Woche der Sonne
Freiburg, 14. März 2011

Stand Energieversorgung Deutschland 2009

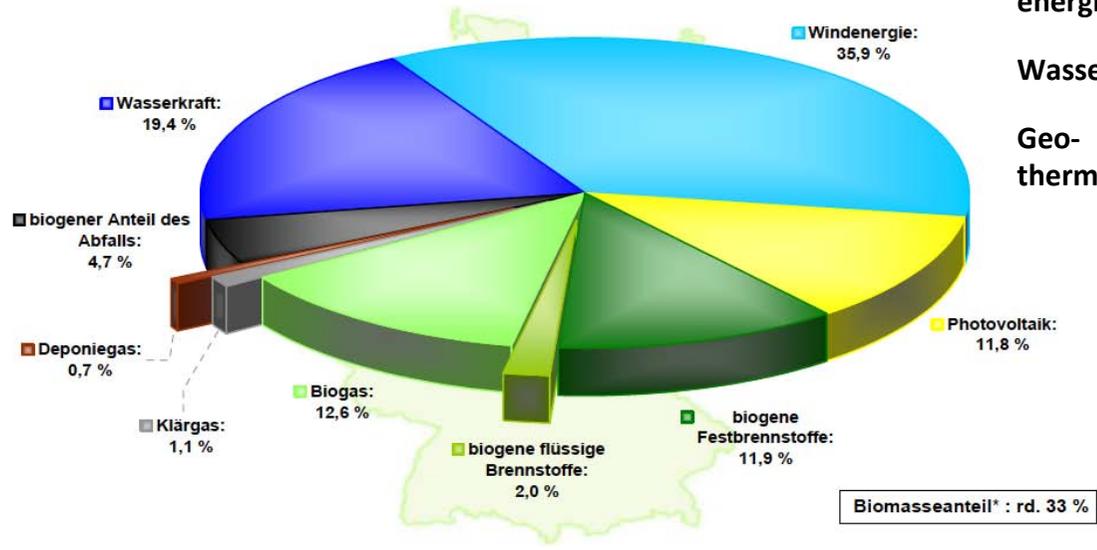
- 91% der Primärenergie ist nicht nachhaltig (fossil/nuklear)
- 71% unserer Primärenergie wird importiert
- Wir verbrauchen pro Kopf das 2,3-fache des Weltdurchschnitts an Energie
- Wärmeanwendungen machen 54% des Endenergiebedarfs aus
- Ca. 50% der CO₂-Emissionen entstehen in der Energiewirtschaft
- Erneuerbare Energien: 9% der Primärenergie
- Erneuerbare Energien sind ein Wirtschaftsfaktor:
 - 339 Tausend Arbeitsplätze
 - Ca. 1% des Bruttoinlandsprodukts



Entwicklung des Strommix 1990 – 2000 – 2010



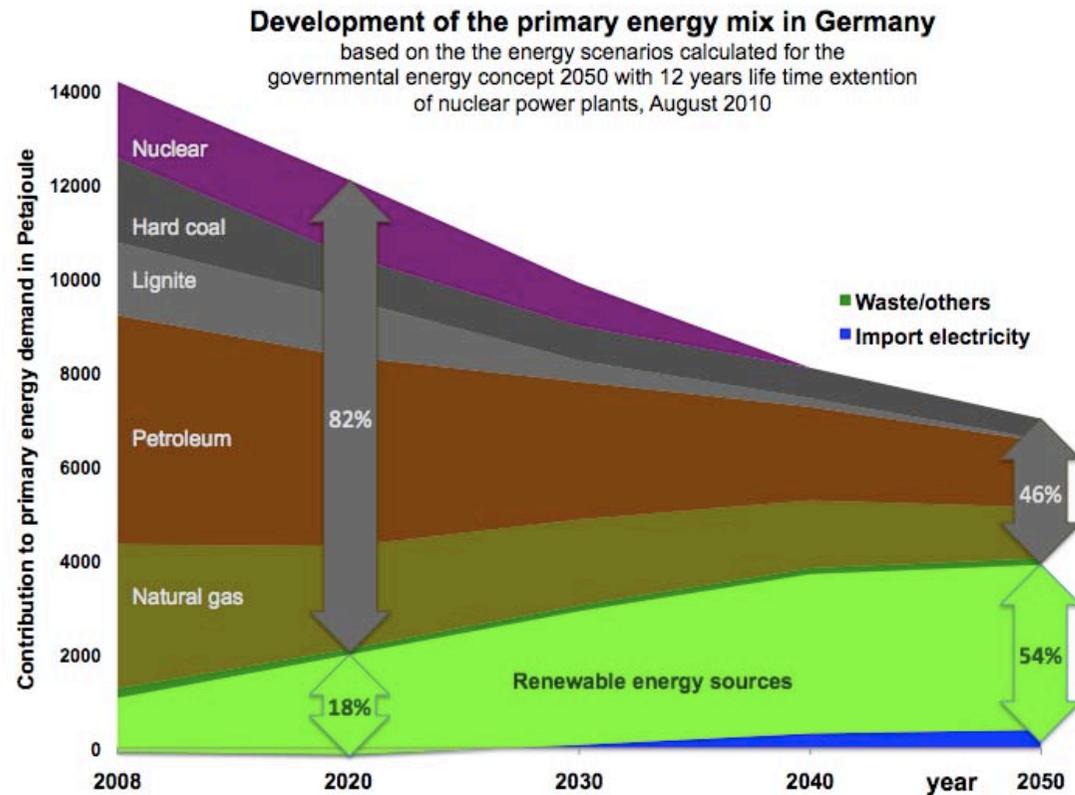
Stromerzeugung mit Erneuerbaren Energien in Deutschland 2010



	Anzahl installierte Anlagen	Anteil an Stromerzeugung	Stromprod. in GWh	Installierte Leistung in MW
PV	837.995	12%	12.000	17.320
Wind	20.490	36%	36.500	27.204
Bioenergie	10.933	33%	33.460	6.390
Wasser	7.119	19%	19.694	4.780
Geothermie	5	0.03%	27	8

Energiekonzept der Bundesregierung September 2010

- Berechnetes Szenario für das Energiekonzept 2050 der Bundesregierung
- Wichtige Eckdaten 2050:
 - **54% EE an Primärenergie**
 - **81% EE bei Stromerzeugung**
- Nach Fukushima: Bundesregierung will Umbau beschleunigen



Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

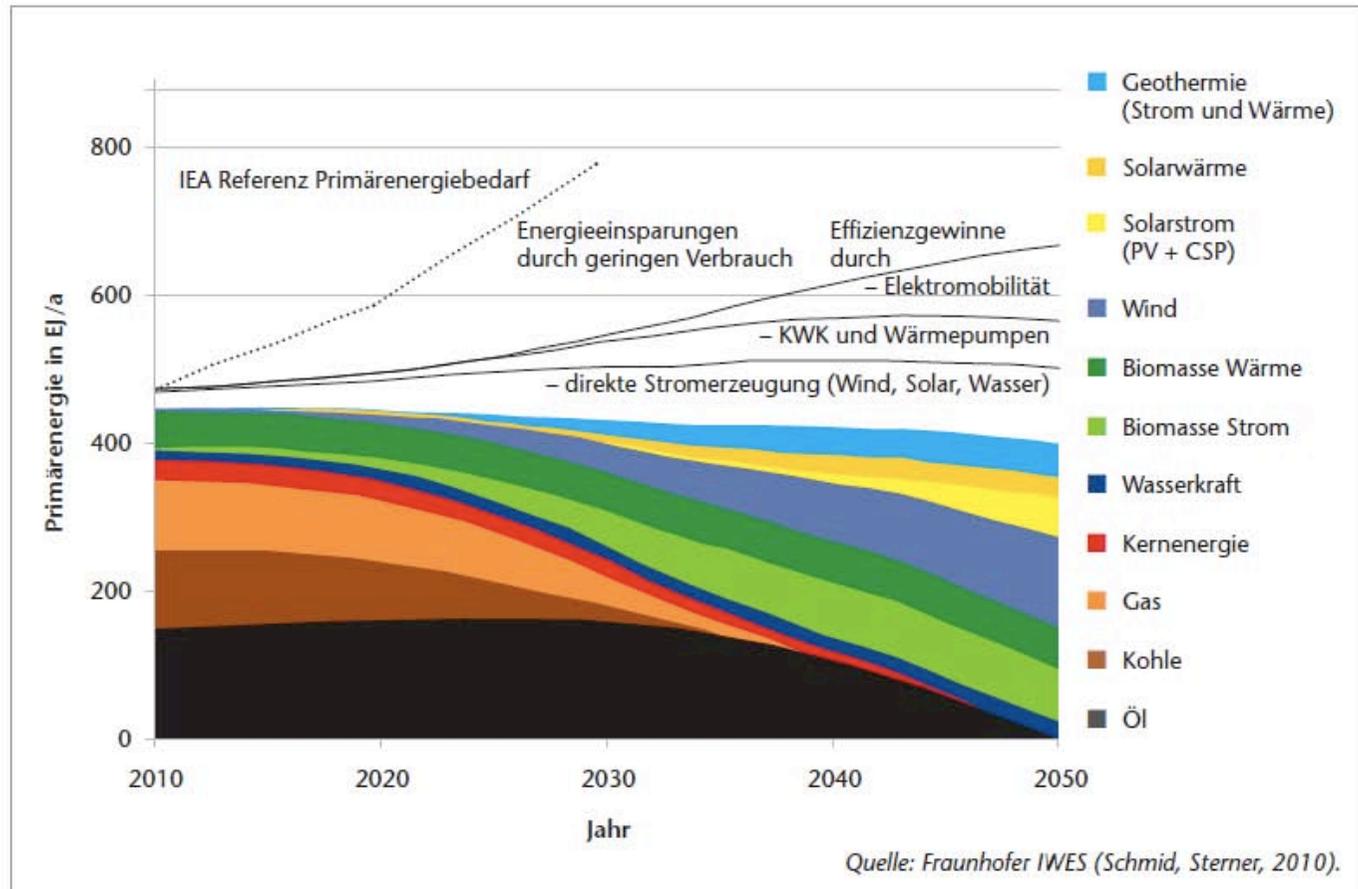
Globales 100% Erneuerbare Energien-Konzept

Abbildung 2

Globales Szenario
100 % erneuerbare
Energien: Weltweiter
Primärenergiebedarf
bis 2050 nach der
Wirkungsgradmethode.
Energieeinsparungen
ergeben sich vor allem
im Gebäudebereich.

PV = Photovoltaik; CSP
= concentrated solar
power – solarthermi-
sche Stromerzeugung).

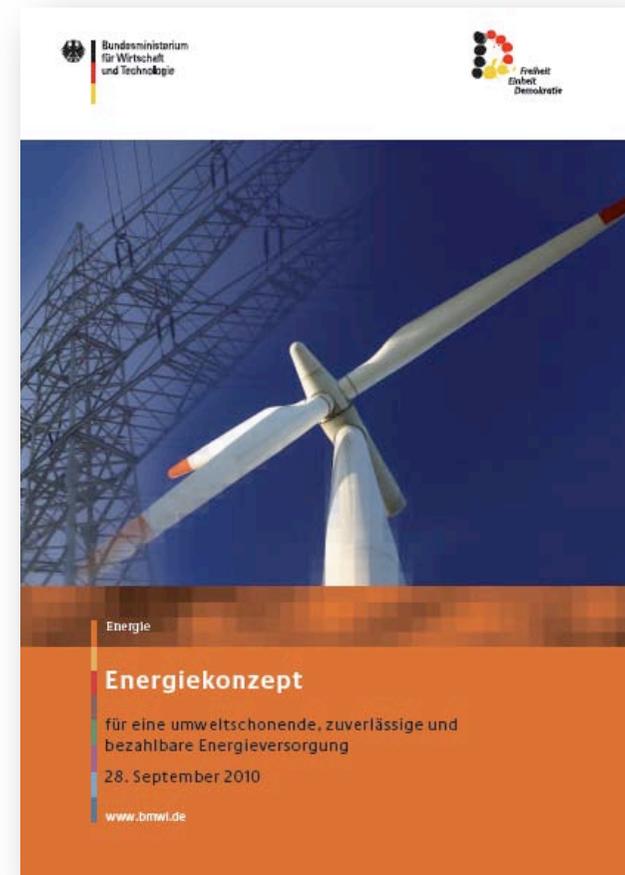
Quelle: Fraunhofer
IWES (Schmid, Sterner,
2010).



Das Energiekonzept 2050 der Bundesregierung

Stand September 2010

- Leitlinie für den Umbau des Energiesystems, um die Zielsetzungen 2050 zu erreichen
- Basiert auf Energieszenarien, die ewi, gws und prognos 2010 erarbeitet haben
 - Konzept orientiert sich an Szenarien, übernimmt diese aber nicht vollständig
- Verabschiedet am 28. Sept. 2010
- Stellt fest, dass der Weg in das regenerative Zeitalter möglich und gangbar ist
- Investitionen von ca. 20 Mrd. Euro pro Jahr notwendig

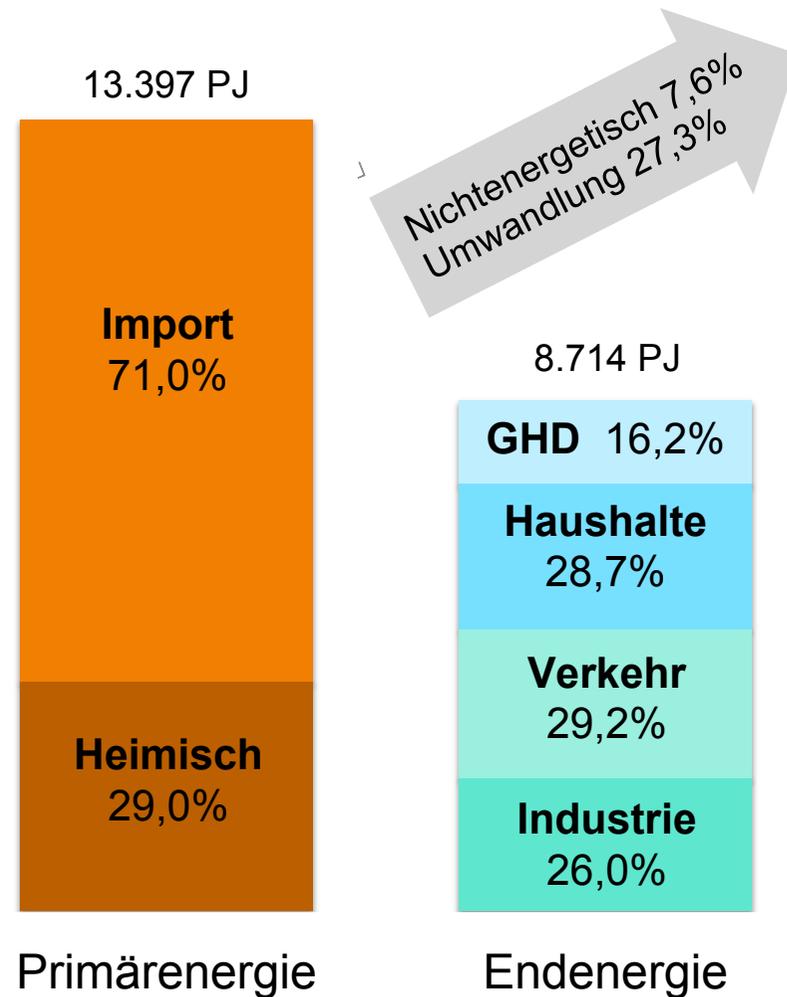


Energieversorgung Deutschland

Energiebedarf 2009

- 13.397 PJ = 3.724 TWh = 372 Mrd ltr Heizöl
- 71% Import
- 65% der Primärenergie wird als Endenergie verwendet
- **Pro-Kopf-Verbrauch Primärenergie/Jahr: 164 GJ = 45.530 kWh = 4.500 ltr Heizöl**
- **Pro-Kopf-Leistung Deutschland: 5.200 W**
 - Dauerleistung, die permanent notwendig wäre (8.760 Std/Jahr), um den Primärenergieverbrauch bereitzustellen
 - Weltdurchschnitt: 2.200 W

PJ = Petajoule, GJ = Gigajoule, ltr = Liter
 GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
 Quelle: Energiedaten BMWi, Jan. 2011



Energiepolitische Zielsetzungen der Bundesregierung

Zielsetzungen für das Jahr:	2020	2030	2040	2050
Reduktion Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990)	-40%	-55%	-70%	-80 – 95%
Reduktion Primärenergieverbrauch (gegenüber 2008)	-20%	Steigerung Energieproduktivität 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%

=> Grundsätzlicher Umbau des Energiesystems ist erforderlich

Quelle: Energiekonzept 2050, Bundesregierung, Sept 2010

Eckpunkte

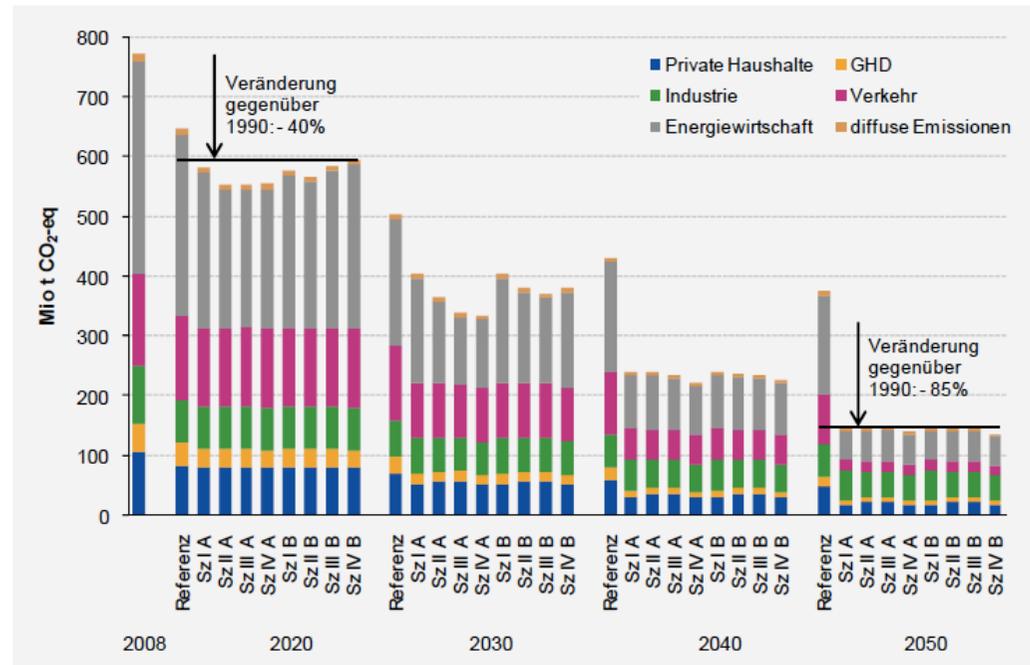
- Zentraler Schwerpunkt:
Sanierung des Gebäudebestands,
Ziel: Sanierungsrate verdoppeln
- **Längere Laufzeiten der Kernkraftwerke** wirkt sich dämpfend auf die Strompreise aus
- **Massiver Ausbau der Windkraftkapazitäten**
On- und Offshore notwendig
- **Zeitnahe Ausbau der Stromnetze**
in Deutschland und Europa notwendig
- Deutschland wird 2050 einen erheblichen Anteil seines **Strombedarfs importieren**
- **Monitoring:** Alle 3 Jahre werden die Fortschritte überprüft
- **Energie-, klima- und haushaltspolitische Zielsetzungen** sind in Einklang zu bringen
- Für die Umsetzung des Energiekonzeptes wird ein **Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“** geschaffen
- Fonds wird gespeist durch **Förderbeträge der Kraftwerksbetreiber und aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten**

Rahmenbedingungen für die Energieszenarien

Dem Energiekonzept liegen die **Energieszenarien zugrunde**, die im Jahr 2010 von ewi, gws und prognos im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellt wurden mit folgenden Vorgaben:

- Treibhausgasreduktion um 40% bis 2020 und 85% bis 2050
- **Anteil erneuerbare Energien über 18% bis 2020 und über 50% bis 2050**
- **4 Szenarien: Kernkraftlaufzeitverlängerung um 4, 12, 20 und 28 Jahre**
- Variante A und B unterscheiden sich nach den Umrüstkosten für die Kernkraftwerke

Abbildung 1.3.1-1: Treibhausgasemissionen nach Sektoren 1990-2050, in Mio t CO₂-Äquivalenten

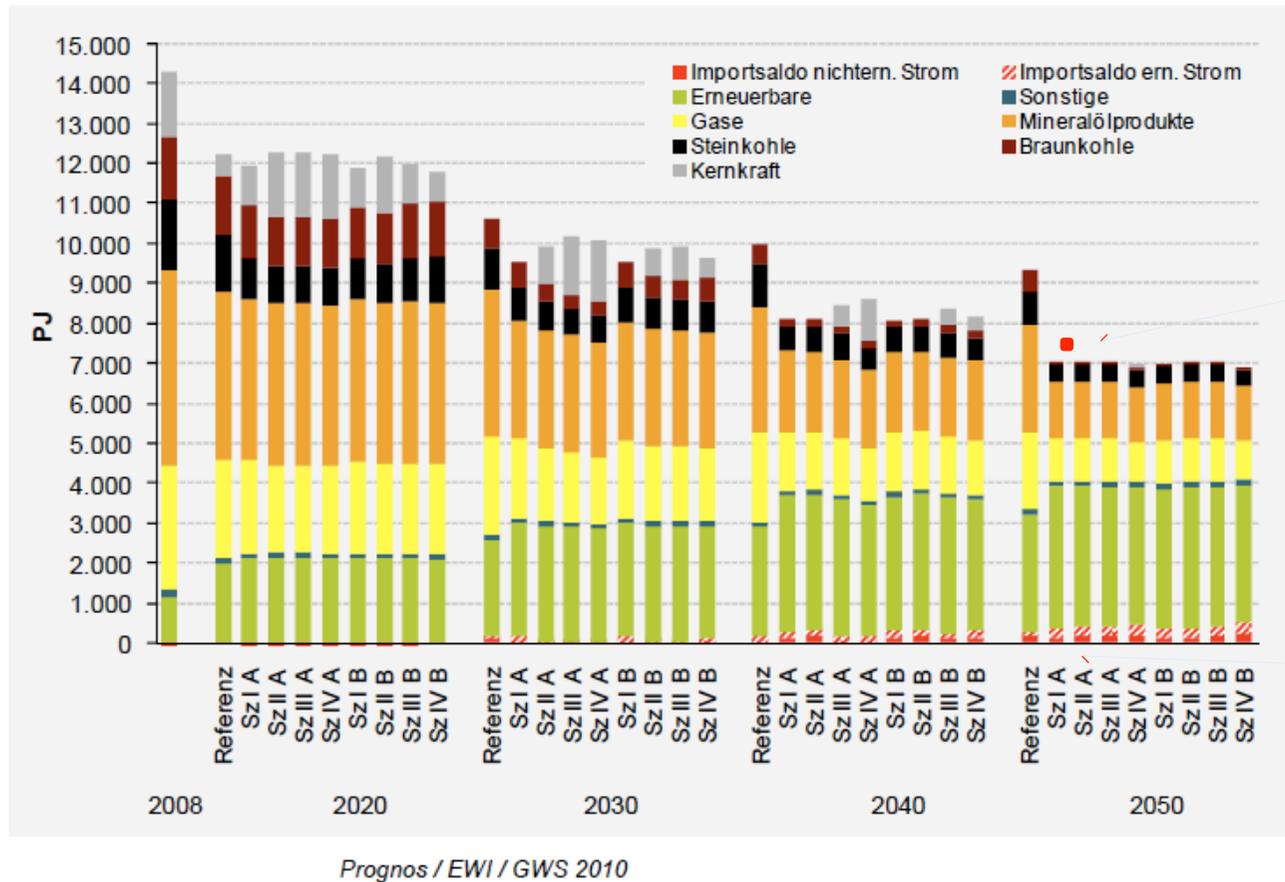


Prognos / EWI / GWS 2010

Energieszenario für das Energiekonzept 2050

Reduzierung des Primärenergieverbrauchs

Abbildung 1.3.2-1: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 2008-2050, in PJ



Szenario II A: 12 Jahre

Halbierung PE-Bedarf

Energiemix:

0,0% Kernenergie
 0,6% Braunkohle
 6,3% Steinkohle
 20,0% Mineralölprodukte
 15,5% Gase
 1,7% Sonstige
 50,1% Erneuerbare
 3,6% Importsaldo
 EE-Strom
 1,9% Importsaldo
 nicht EE-Strom

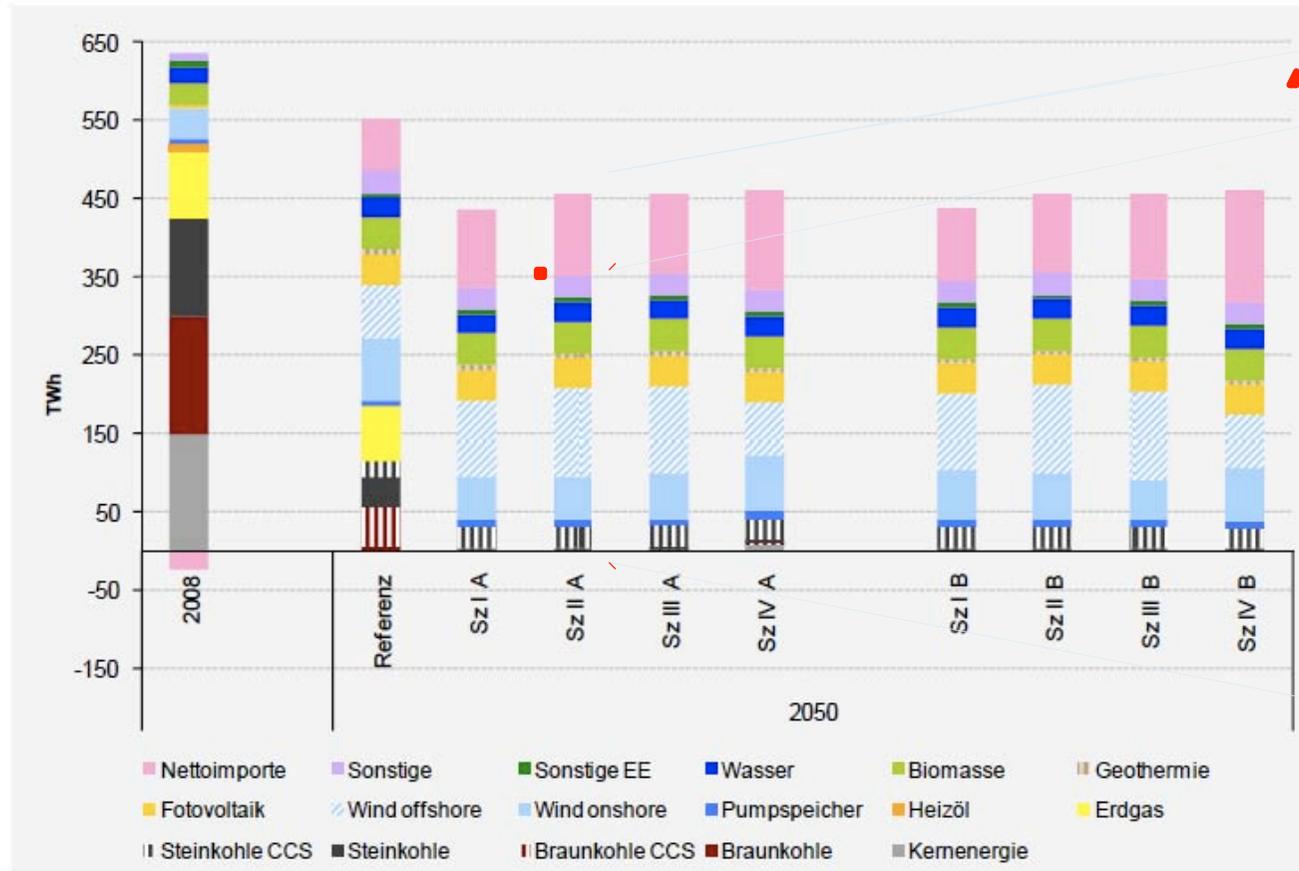
d.h.:

53,8% Erneuerbare
 42,4% fossile Energien

Energieszenario für das Energiekonzept 2050

Stromerzeugung 2050

Abbildung 1.3.4-1: Stromerzeugung nach Energieträgern, 2008 und 2050, in TWh



Prognos / EWI / GWS 2010

Szenario II A: 12 Jahre

Nettoimporte ca. 23%
(davon 67,6% EE)

Produktion in DE
(Summe 100%):

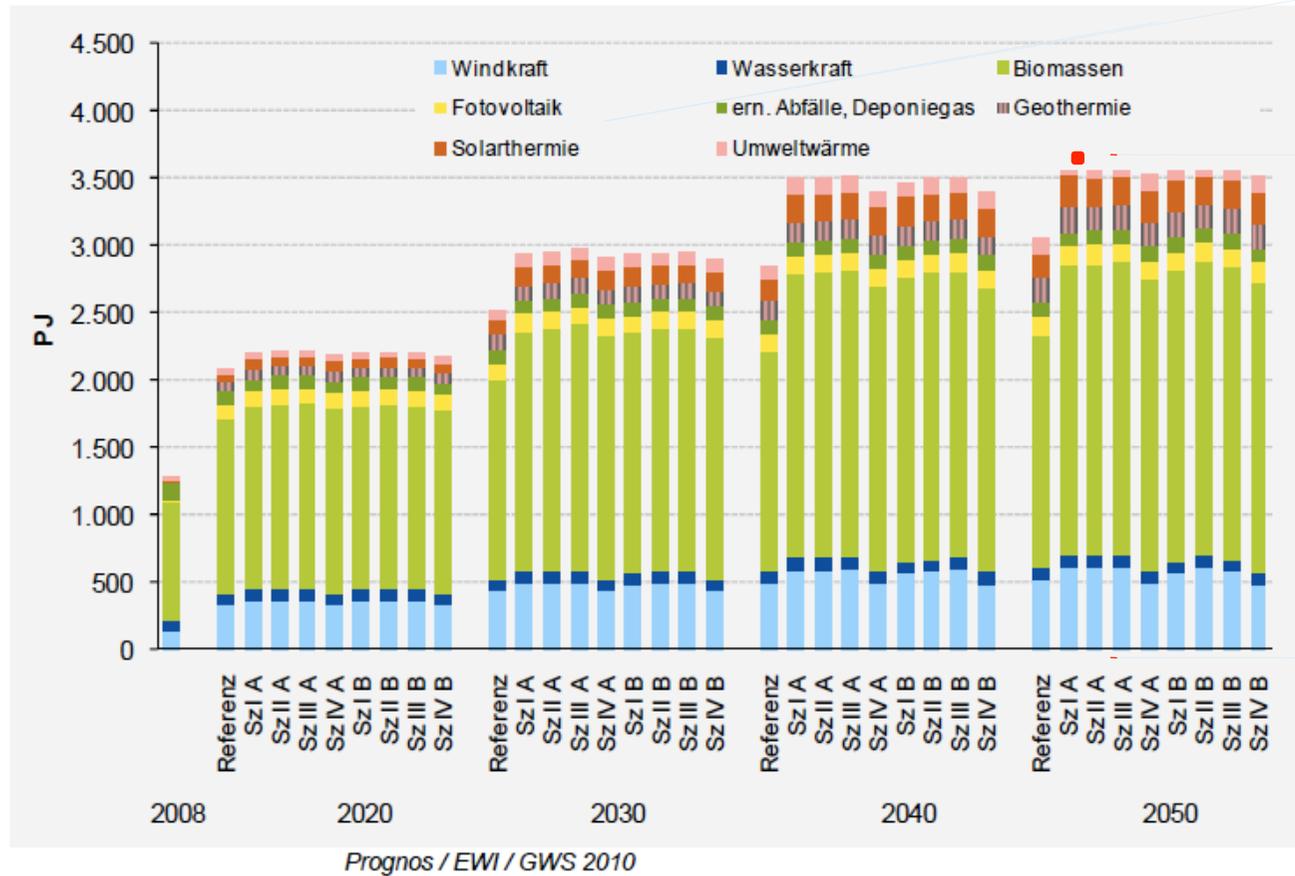
- 7,9% Sonstige
- 1,8% Sonstige EE**
- 7,0% Wasser**
- 11,6% Biomasse**
- 1,4% Geothermie**
- 11,1% Fotovoltaik**
- 32,1% Wind offshore**
- 16,0% Wind onshore**
- 2,1% Pumpspeicher
- 0,0% Heizöl
- 0,0% Erdgas
- 7,8% Steinkohle CCS
- 0,7% Steinkohle o CCS
- 0,6% Braunkohle CCS
- 0,0% Braunkohle o CCS
- 0,0% Kernenergie

Davon: **80,9% EE**

Energieszenario für das Energiekonzept 2050

Primärenergieäquivalente erneuerbare Energien

Abbildung 1.3.6-1: Primärenergieäquivalente erneuerbarer Energien 1990 – 2050, in PJ



Szenario II A: 12 Jahre

Anteil EE an Primärenergieversorgung 50,1%

Aufteilung EE:

- 3,4% Umweltwärme
- 6,0% Solarthermie
- 5,2% Geothermie
- 3,0% ern. Abfälle, DGas
- 4,0% Fotovoltaik

58,8% Biomasse

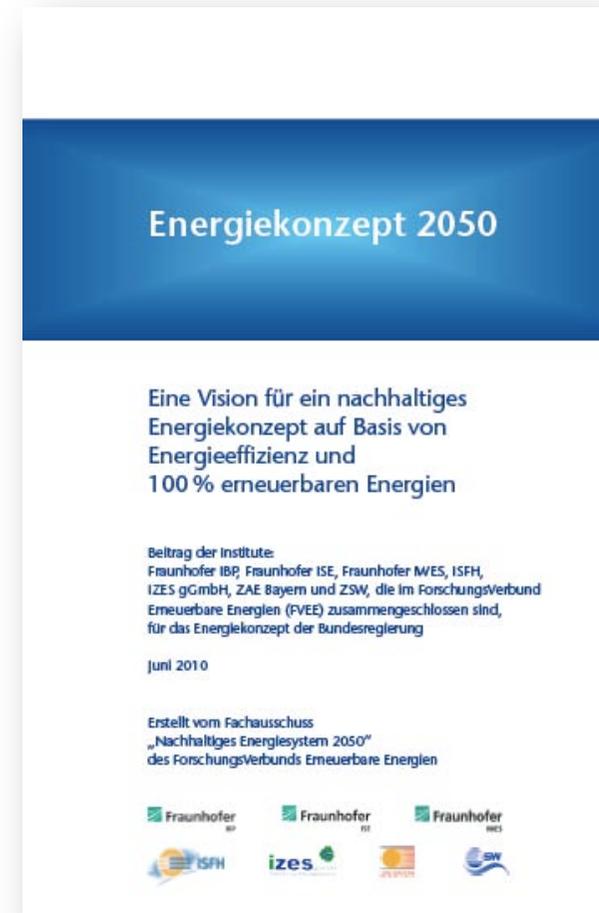
2,6% Wasser
17,4 % Wind

Zusätzlich 3,7% EE Import

Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

Alternativkonzept FVEE: 100% Erneuerbare Energien

- 2010 von 7 Forschungsinstituten des FVEE aus dem Bereich Erneuerbare Energien erarbeitet
- 100% EE sind möglich
- Szenario wurde im Juni 2010 Minister Röttgen übergeben



Wesentliche Elemente des 100% Konzeptes

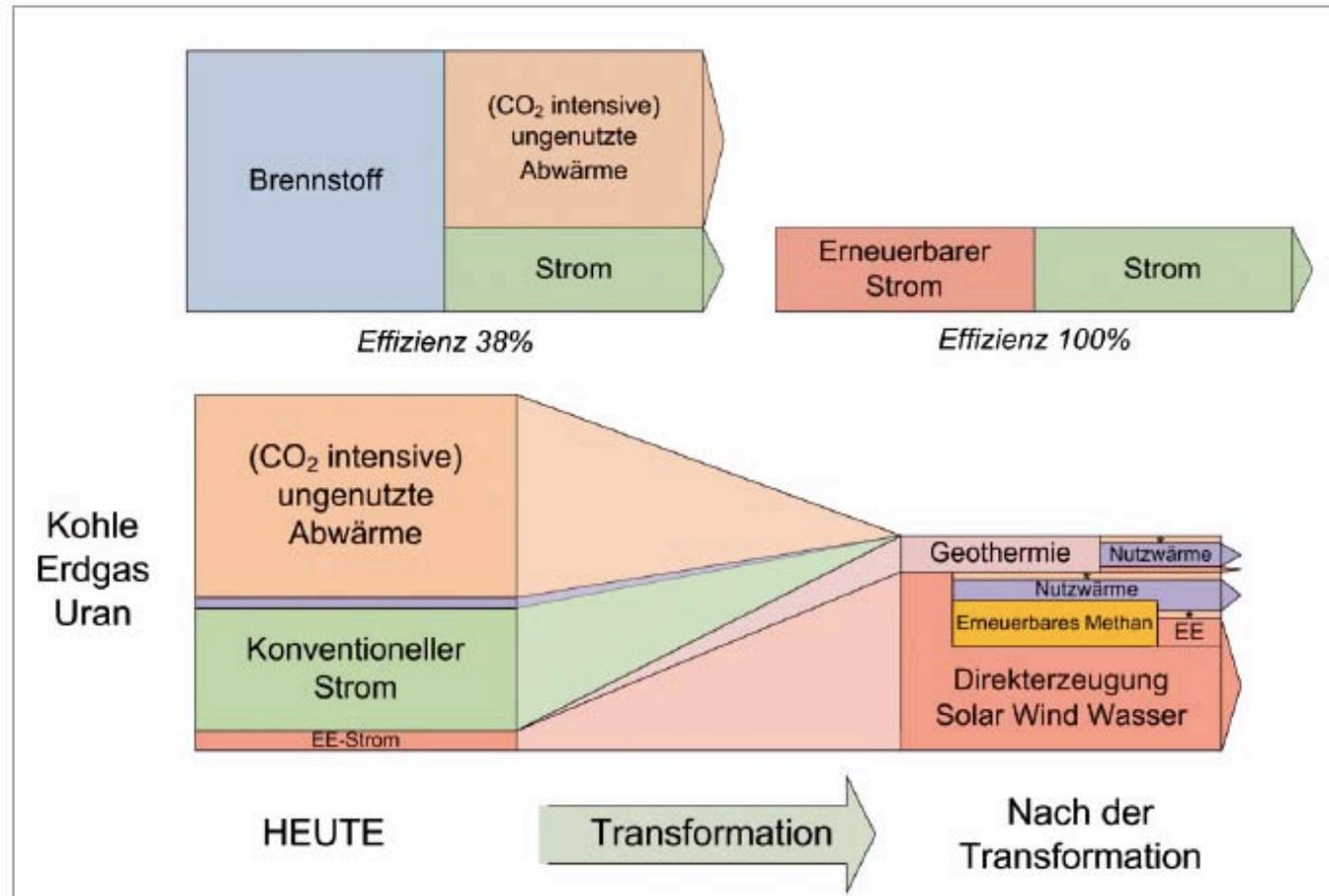
- **Energieeffizienz** ist prioritär, Gebäudebestand bis 2050 saniert
- **Strom** dominierender Energieträger
- **Chemische Energieträger** (Wasserstoff, synthetisches Methan) aus EE-Strom dienen als Energiespeicher
- **Elektromobilität:** Verkehr nutzt EE-Strom direkt oder über chemische Energieträger
- **Regeneratives Kombikraftwerk:** EE-Quellen werden optimal kombiniert
- **Europäischer Stromverbund** mit gleicht einen Teil der Fluktuationen der erzeugten Energie aus
- **Biomasse** wird primär stofflich verwertet und meist nur als Reststoff energetisch z.B. in KWK-Anlagen oder als Kraftstoff genutzt
- **Solare Wärme** liefert einen wichtigen Beitrag zur Wärmebereitstellung
- 100% Erneuerbare Energienkonzept ist **volkswirtschaftlich nicht teurer** als das heutige Energiesystem

Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

Effizienzsprung in der Stromerzeugung

Abbildung 4
 Effizienzgewinn im Stromsektor durch zunehmende direkte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – exemplarische Transformation.
 Die Grafik fußt auf dem Mengengerüst für das 100%-EE-Szenario 2050 (Kapitel 2.5.1) (* = CO₂-neutrale ungenutzte Abwärme)

Quelle: Fraunhofer IWES



Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

Effizienzgewinne in der Wärmebereitstellung

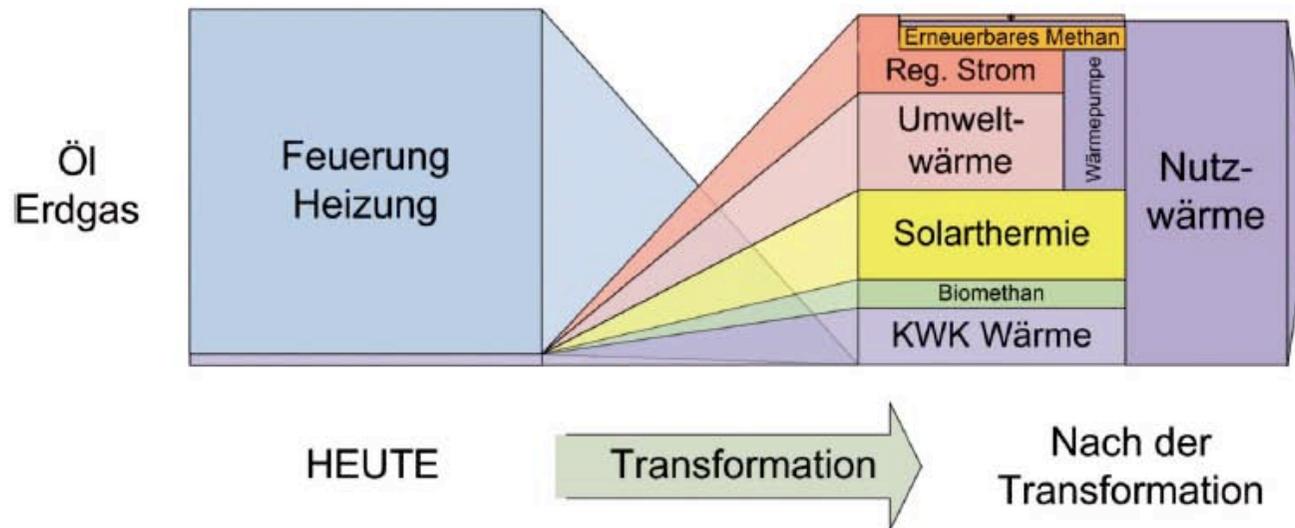


Abbildung 5
Transformation des Wärmesektors: durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, der Solarthermie und die verstärkte Nutzung von Elektrowärmepumpen, erneuerbarem Methan/Biomethan in Brennwertkesseln und Prozesswärme kann in Zukunft der durch

Quelle: Fraunhofer IWES

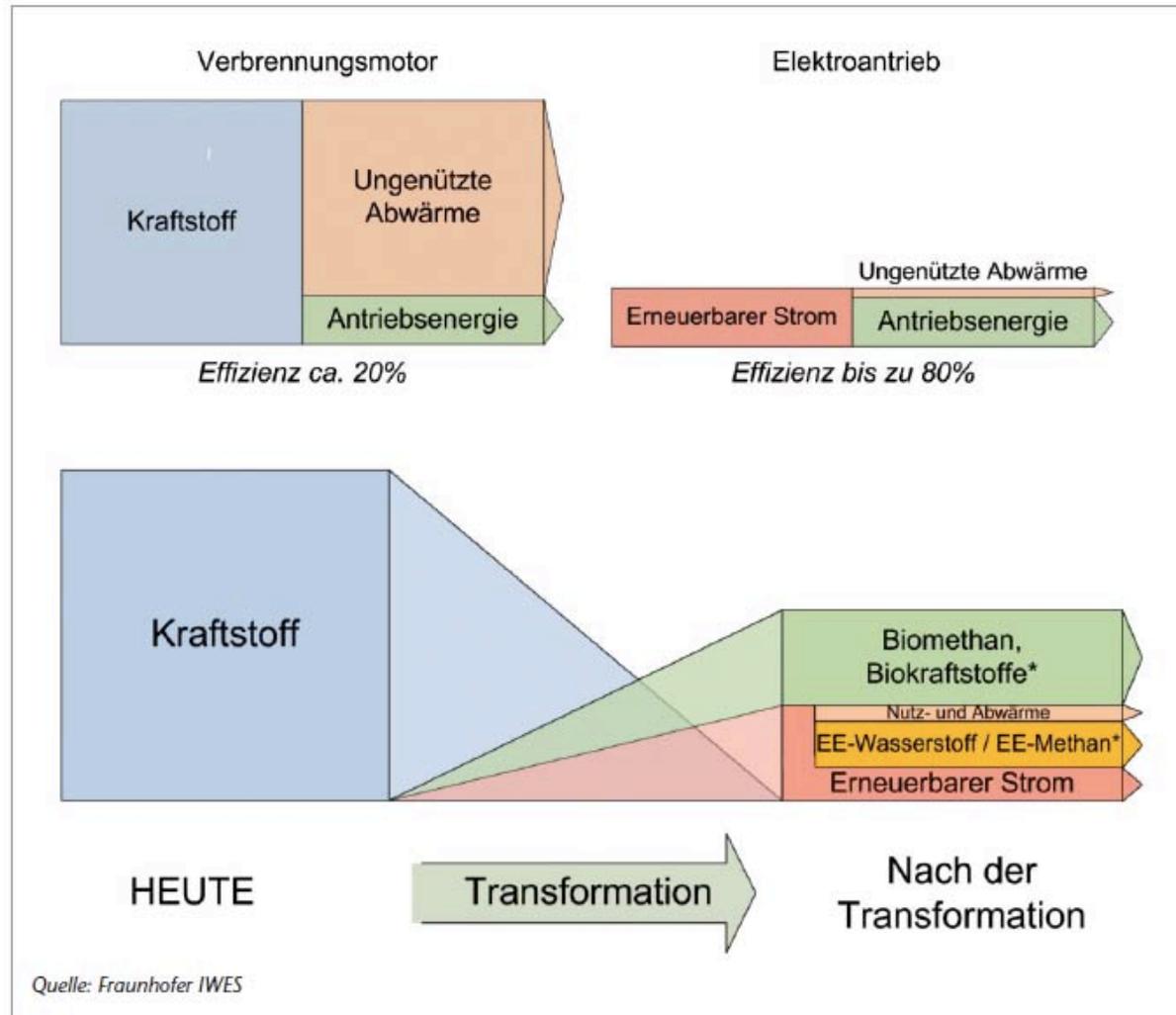
Energieeinsparmaßnahmen gesunkene Prozess- und Heizwärmebedarf vollständig erneuerbar gedeckt werden. Die Grafik fußt auf dem Mengengerüst für das 100%-EE-Szenario 2050 (* = CO₂-neutrale ungenutzte Abwärme)

Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

Transformation Mobilität

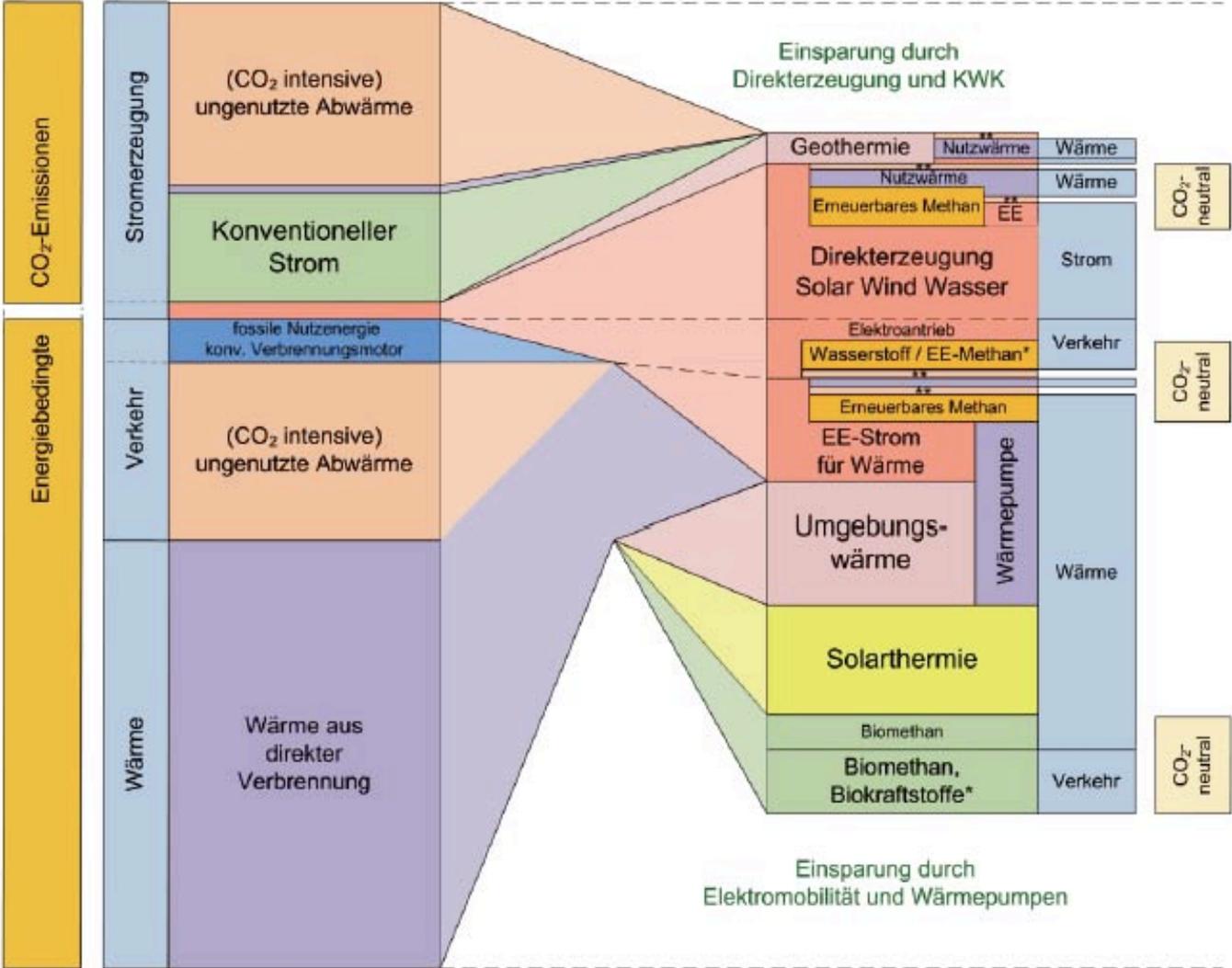
Abbildung 6

Oben: Effizienzgewinn im Verkehrssektor durch Elektromobilität. Vergleich von Energieaufwand und Effizienz: links herkömmliches Antriebskonzept mit fossilen und biogenen Kraftstoffen, rechts Elektroantrieb, der regenerativen, direkt erzeugten Strom aus Wasser-, Solar und Windenergie nutzt. (siehe auch [17])
Unten: Exemplarische Transformation: Baustein regenerative Elektromobilität, erneuerbares Methan/erneuerbarer Wasserstoff (erneuerbare Kraftstoffe) und Biokraftstoffe (Biodiesel, Biokerosin).



Energiekonzept 2050 von 7 FVEE-Instituten: 100% Erneuerbare Energien

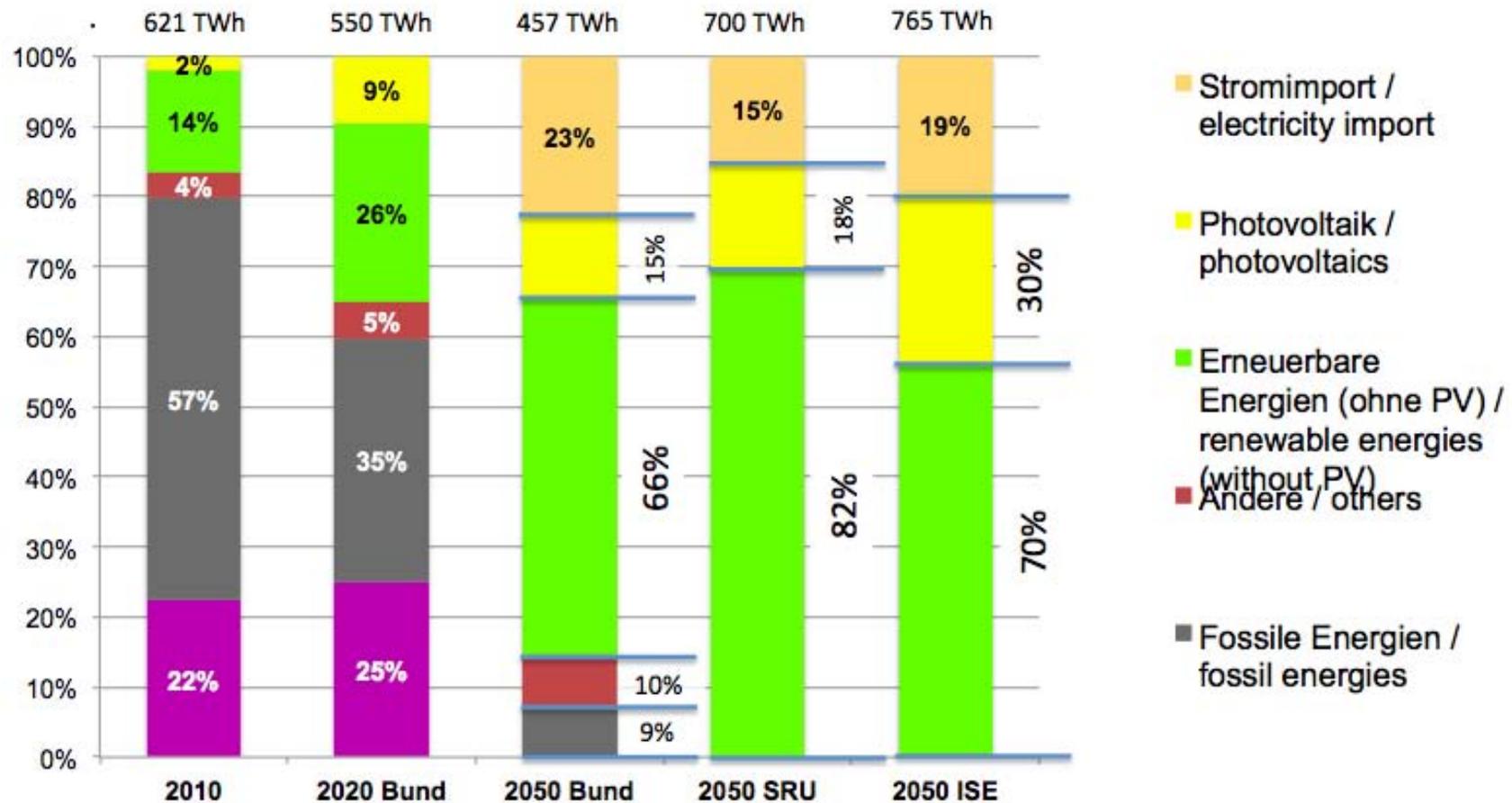
Transformation des Gesamtsystems



Randbedingungen für den Umbau des Energiesystems

- Es besteht weitgehend Konsens, dass ein Energiesystem mit (fast) **100% Erneuerbaren Energien in Deutschland möglich** ist
- **Unklar ist: bis wann soll und bis wann kann der Umbau erfolgen**
 - Bundesregierung: 50% EE bis 2050
 - FVEE: 100% bis 2050
- Die **Geschwindigkeit der Transformation des Energiesystems** hängt ab von:
 - Erforderlichen Investitionskosten
 - Kosten und Verfügbarkeit konventioneller Energieträger
 - Technologien (z.B. Speicher)
 - Dauer Aufbau der Infrastruktur (z.B. HGÜ-Netz, Smart Grid,...)
 - Steuerung der Transformation (national und international)
 - Verhalten Energiewirtschaft
 - Verhalten Verbraucher/sonstige Investoren

Szenarien Strommix 2020 - 2050 – Übersicht



Konsens und Dissens der Energiekonzepte

Einigkeit besteht bei:

Ausbau Speicher

Strom, Gas, Wärme

Europäischer Stromverbund

Elektromobilität

Wind wichtigste Stromquelle

Netzausbau

National, europäisches Netz, Smart Grid
auch Wärmenetze

Mix aus allen EE

Wind, Wasser, Biomasse, Geothermie
PV, Solarwärme, Wärmepumpe

Energieeffizienz

Uneinigkeit besteht bei:

Investoren

Wer investiert in welche Technologie?

Organisation Transformation

Wer steuert den Prozess,
Mitsprache Verbraucher/Bürger?

Kostenentwicklung EE

Sind hohe Anteile PV bezahlbar?

Kernkraft als Brücke?

Notwendig oder schädlich?

Rolle Biomasse

Wieviel Biomasse steht zur Verfügung,
für Strom, Wärme, Mobilität?

Anteil fluktuierend?

PV + Wind, wieviel ist beherrschbar?

Bewertung des Energiekonzepts der Bundesregierung

- **Das Energiekonzept der Bundesregierung ist grundsätzlich zu begrüßen,**
 - da es erstmals einen umfassenden und **langfristigen Ansatz** für den Umbau des Energiesystems beschreibt
 - da es erstmals deutlich macht, dass langfristig die Energieversorgung auf **Erneuerbaren Energien** aufbaut
- **Es ist jedoch auch zu kritisieren,** da
 - es mit der **Kernenergie** den Umbau eher erschwert als erleichtert
 - die bislang vorgeschlagenen **Maßnahmen bislang nicht ausreichen**, den Umbau voranzubringen
 - die **Fokussierung auf die Biomasse und die Unterschätzung der Photovoltaik unter den erneuerbaren Energien problematisch** ist

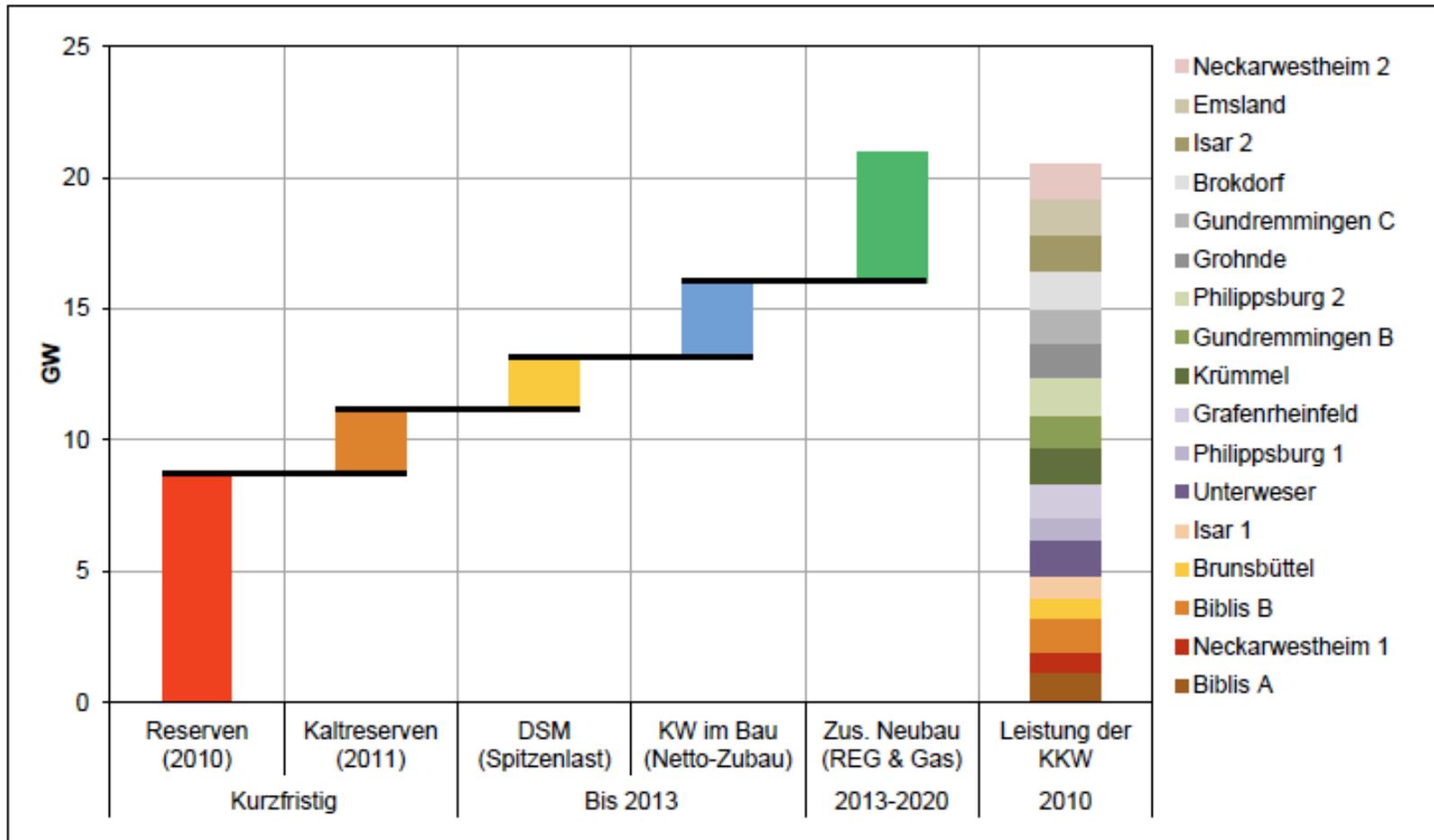


Wie schnell ist der Kernkraftausstieg möglich?

- **Studie Öko-Institut** (März 2011): Ausstieg ist in Deutschland zwischen 2015 und 2020 möglich
- Umweltbundesamt bestätigt: bis 2017 möglich
- **ISE: Ausstieg Deutschland ist bis 2017 möglich** ohne Versorgungsengpässe und hohe Stromimporte
- Fraunhofer ISE (Dez 2010): Ausstieg ist in Baden-Württemberg bis 2020 möglich unter den Bedingungen des rot-grünen Ausstiegsbeschlusses
 - Rahmenbedingung: Kernkraftanteil in Ba-Wü bei ca. 50%



Abbildung Z1 Zusammenstellung der Beiträge zum kurzfristigen Ersatz der deutschen Kernkraftwerke, 2011-2020

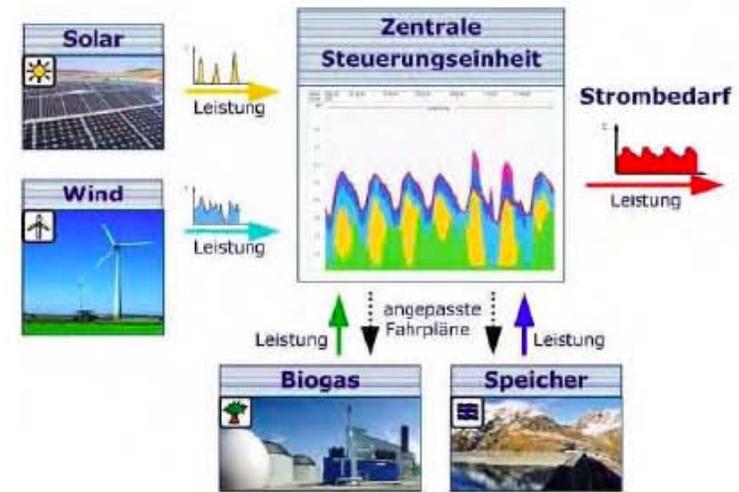


Quelle: Öko-Institut März 2011, Studie: "Schneller Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland"

Systemanalyse und Transformationsforschung

Herausforderungen

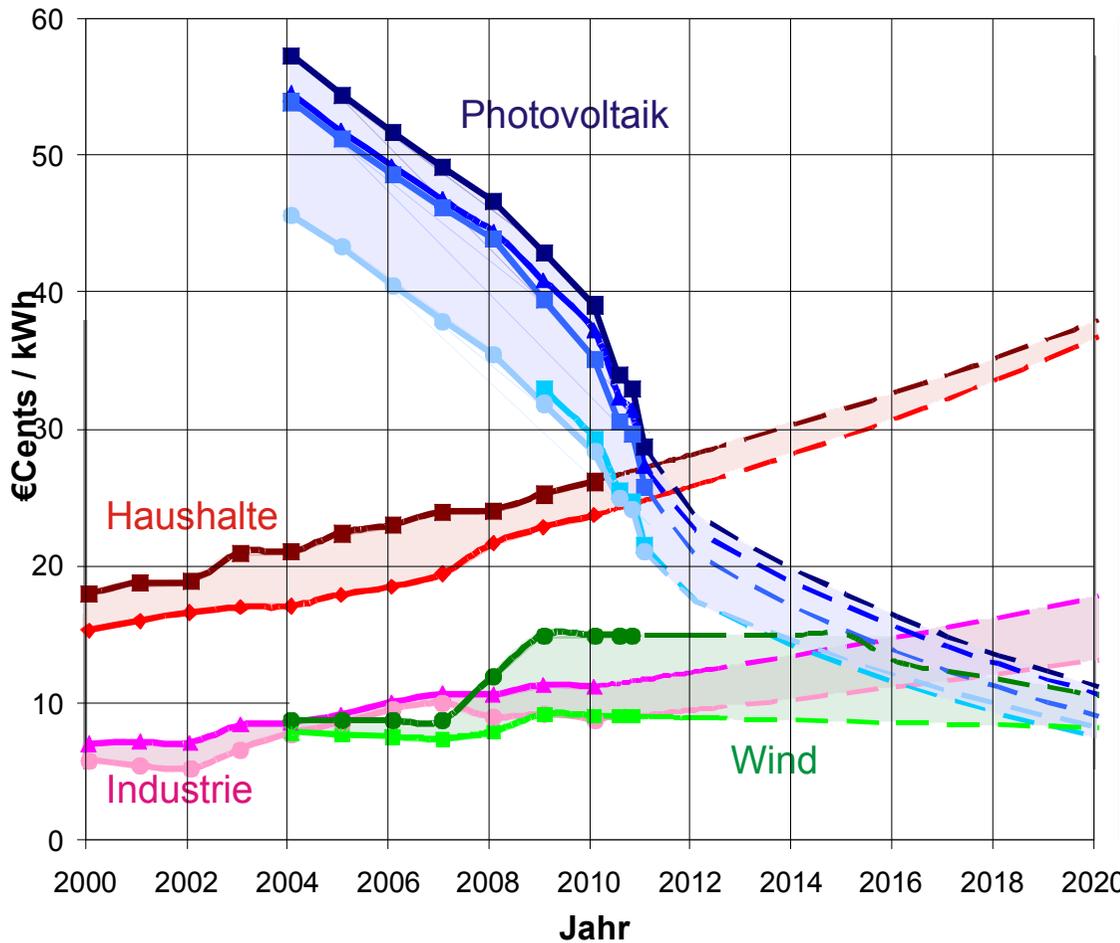
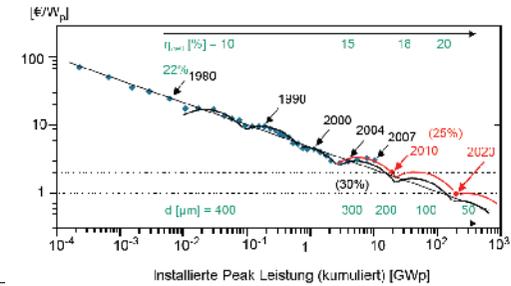
- ◆ Die Transformation des Energiesystems zu einer weitestgehenden Versorgung auf der Basis Erneuerbarer Energien hat weitreichende Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft.
- ◆ Damit sind erhebliche Chancen, aber auch Risiken verbunden.
- ◆ Um den Prozess optimal zu gestalten und Fehlentwicklungen rechtzeitig vorzubeugen, ist eine regelmäßige Evaluation von Maßnahmen erforderlich.
- ◆ Dazu bedarf es teilweise auch neuer Methoden.



Quelle: Prof. Staiß, ZSW

Strom aus Erneuerbaren Energien wird billiger als fossil erzeugter Strom

Preis-Lernkurve von PV-Modulen aus kristallinem Si



- Stromkosten**
- Haushalte 1.000 kWh/a bis 2.500 kWh/a (+3,8%/a)
 - ◆ Haushalte 2.500 kWh/a bis 5.000 kWh/a (+4,5%/a)
 - ▲ Industrie 500 MWh/a bis 2 GWh/a (+4,8%/a)
 - Industrie 20 GWh/a bis 70 GWh/a (+4,1%/a)
- EEG Vergütung**
- PV Dachanlage bis 30 kW (-9%/a)
 - ▲ PV Dachanlage 30 kW bis 100 kW (-9%/a)
 - PV Dachanlage 100 kW bis 1000 kW (-10%/a)
 - PV Dachanlage größer 1000 kW (-10%/a)
 - PV Freiflächenanlage (-10%/a)
 - Wind auf dem Meer (-5%/a)
 - Wind an Land (-1%/a)

Quelle: B. Burger, "Energiekonzept 2050", Juni 2010, FVEE, www.fvee.de, Update vom 22.04.2011

Handlungsempfehlungen für den schnellen Ausstieg aus der Atomkraft

■ Kernenergie

- schneller Ausstieg bis 2017

■ Erdgas

- Ausbau, bevorzugt in KWK

■ Windenergie

- Ausbau Onshore und Offshore

■ Biogas

- Ausbau, vor allem in KWK

■ Photovoltaik

- Ausbau um 6-8 GW_p pro Jahr auf ca. 80 GW_p (Ende 2020), ca. 12% des Stromverbrauchs

■ Maßnahmen zur PV-Integration

- Netzstabilisierung durch Wechsell.
- Regional gleichmäßiger PV-Anlagenbau (EEG-Umlage?)
- Gezielte Nutzung unterschiedlich orientierter Gebäudeflächen
- Netzausbau zum räumlichen Ausgleich PV-Strom (DE und EU)
- Eigenverbrauchsförderung
- Speicherung
- Smart Grid und Lastmanagement

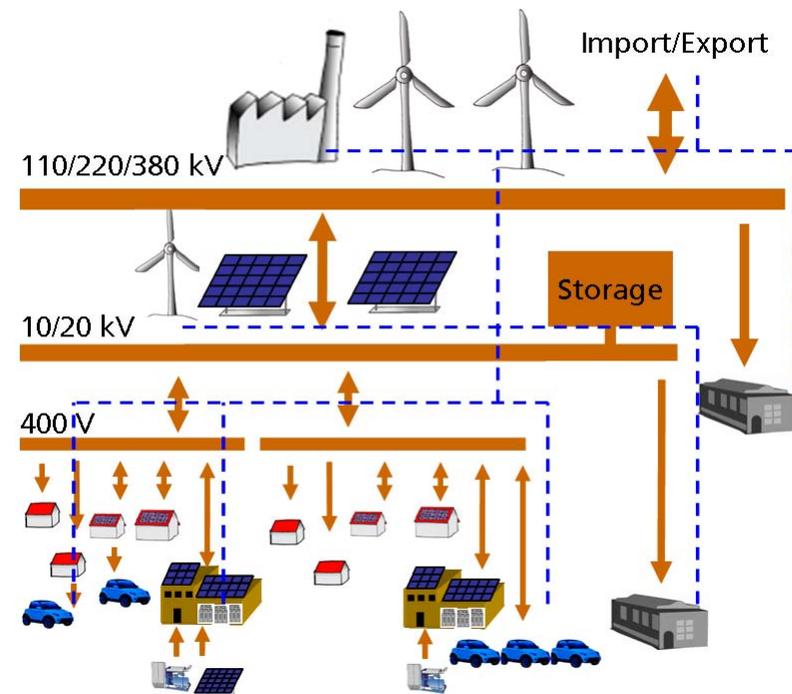
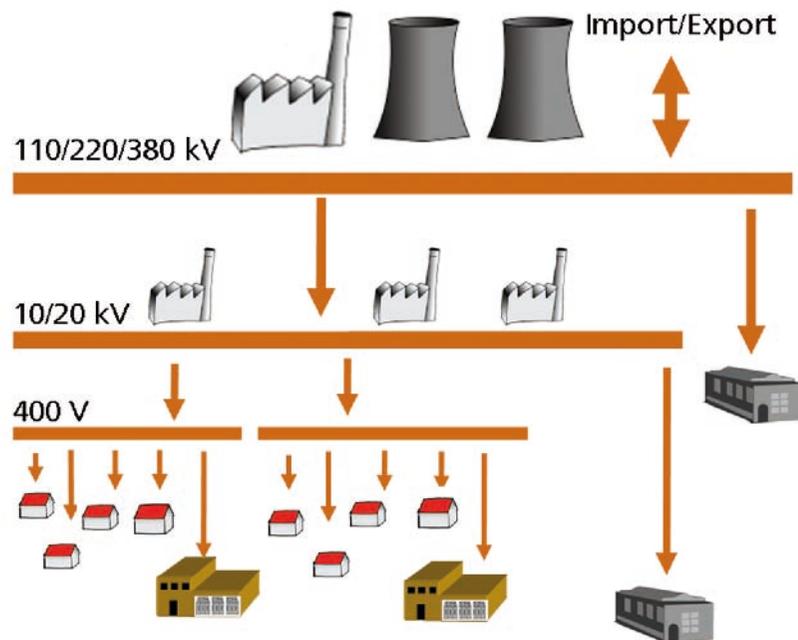
PV schnell ausbauen + hierfür Rahmenbedingungen schaffen

Maßnahme: Umbau des Stromsystems

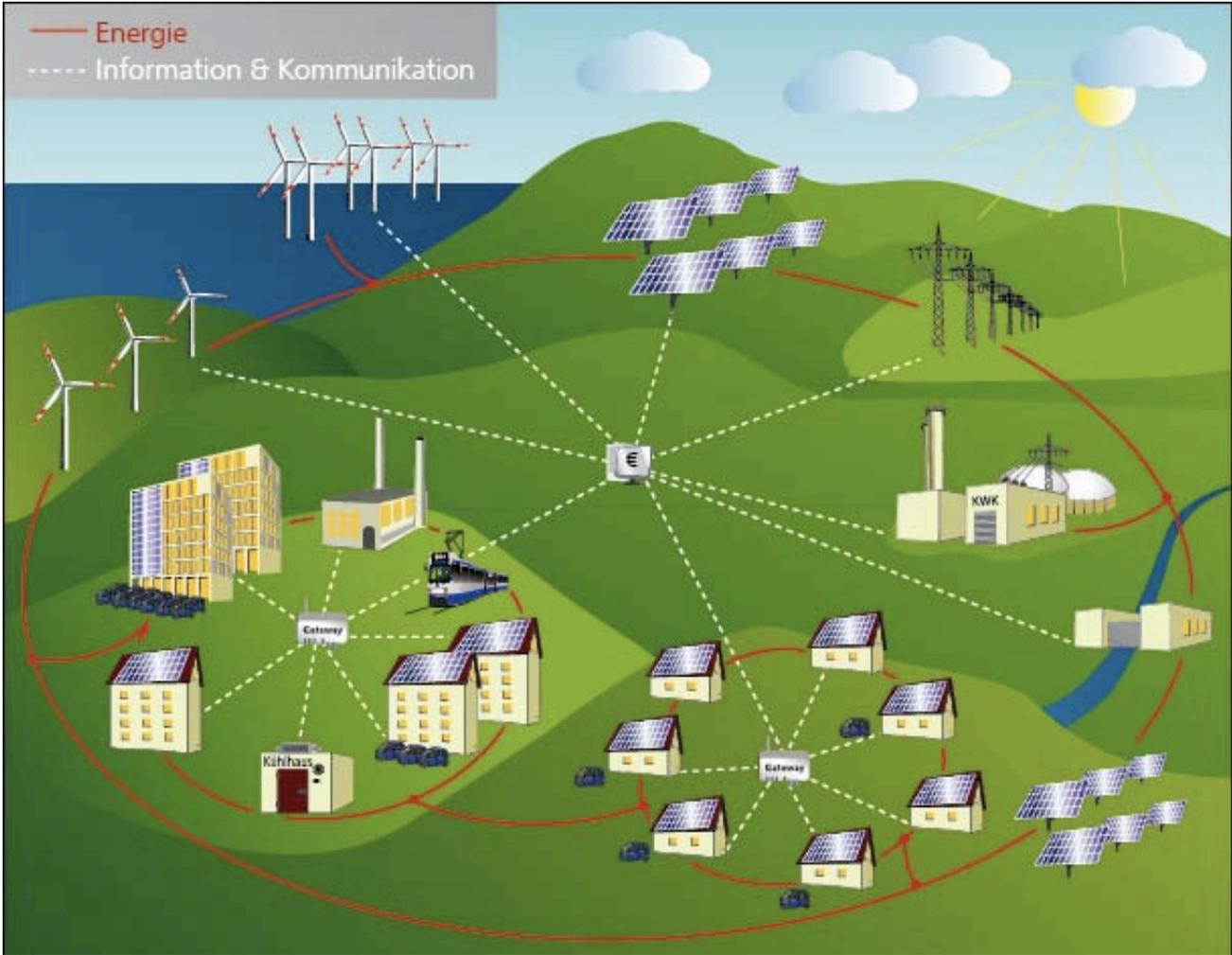
Altes Stromsystem
Zentrale Erzeugung/
Dezentraler Verbrauch



Künftiges Stromsystem
Dezentrale Erzeugung/Verbrauch
Smart Grid/Lastmanagement



Maßnahme: Smart Grid

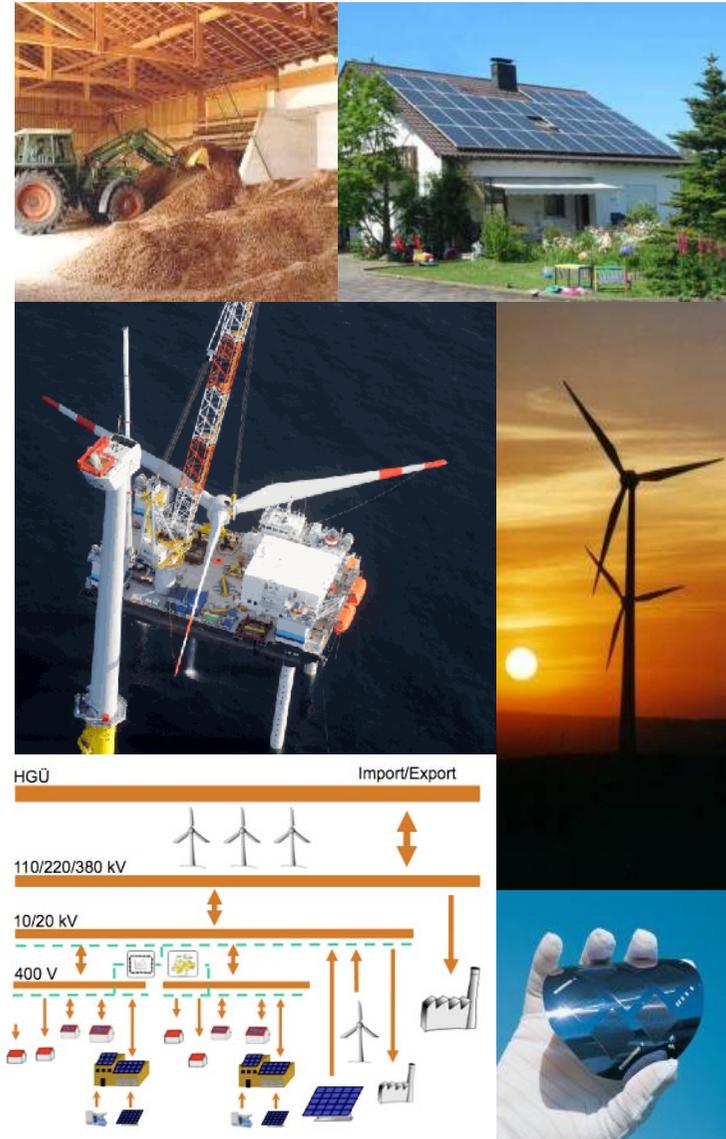


Maßnahme: Europäisches Höchstspannungsnetz

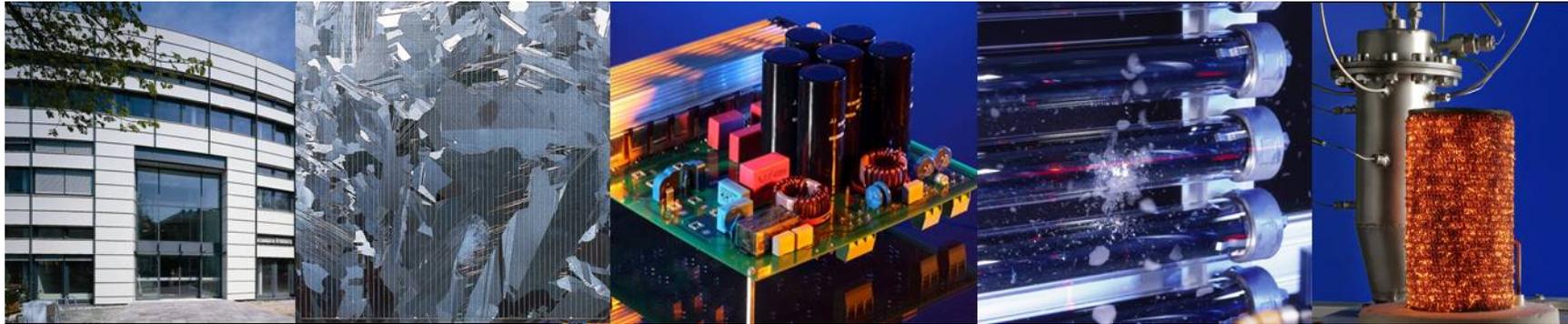


Zusammenfassung

- Energiekonzept (Langfriststrategie 2050) ist prinzipiell der richtige Ansatz
- Das Energiekonzept der Bundesregierung muss überarbeitet und der Umbau des Energiesystems beschleunigt werden
- Ausstieg Atomkraft ist bis 2017 möglich
- 100% Erneuerbare Energien sind bis 2050 möglich
- Umbau erfordert eine Vielzahl von Maßnahmen : Aufbau Erneuerbare, Netzausbau, Smart Grid, Effizienz, europäisches Netz,...
- Die Transformation des Energiesystems muss aktiv begleitet werden und braucht die Akzeptanz der Bevölkerung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Gerhard Stryi-Hipp

www.ise.fraunhofer.de

gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de