
DIE ENERGIEWENDE – BEWERTUNG AUS SICHT DER NATURWISSENSCHAFT

Joachim Luther

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS)

DBU Symposium “Energiewende in aller Munde – aber in wessen Händen?”

Osnabrück, 26. Oktober 2013



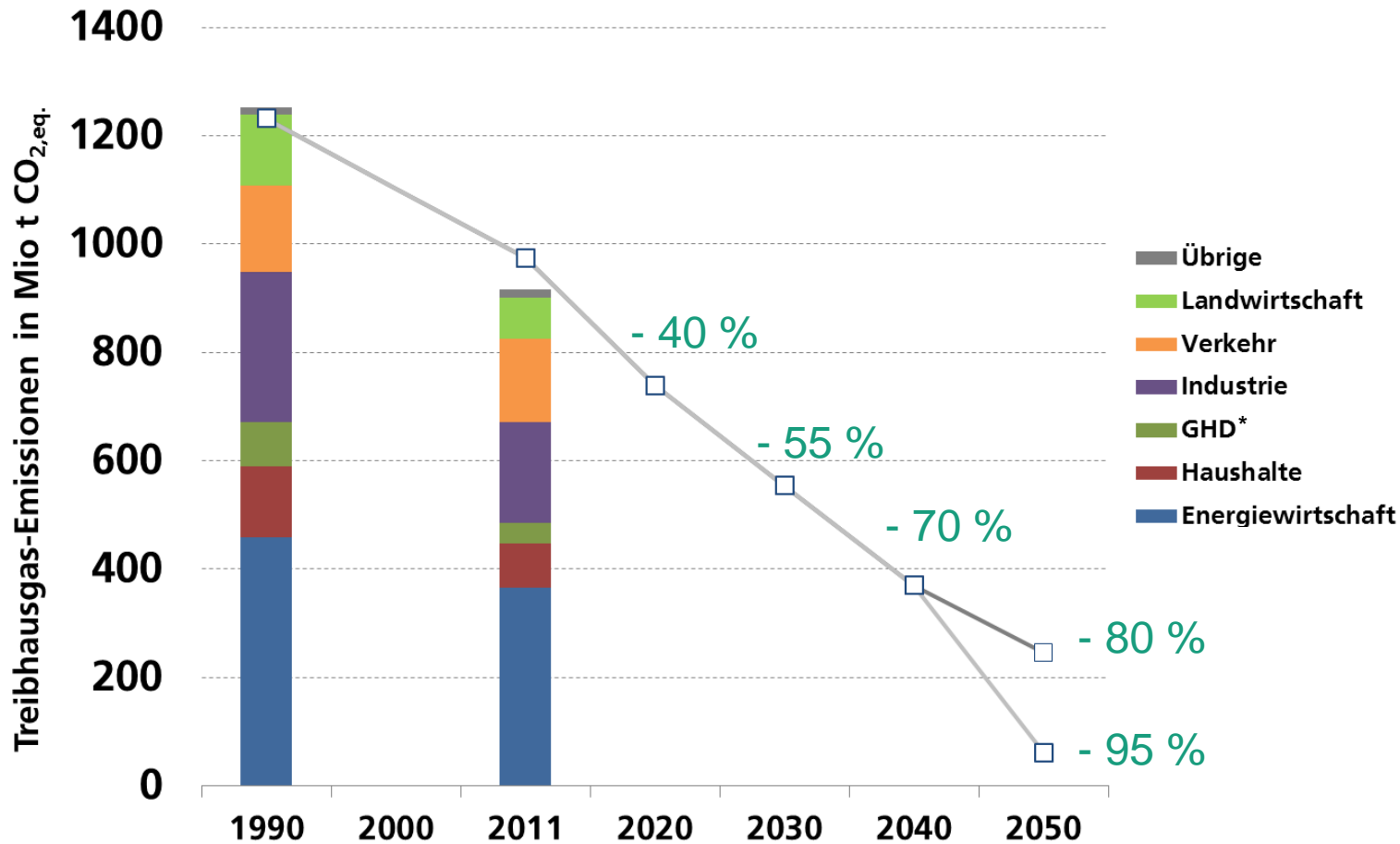
■ **Energiewende**

Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität

■ **Hauptziele**

- Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen (Begrenzung des anthropogenen Klimawandels)
- Realisierung einer sozialverträglichen Energieversorgung
- Sicherung der Energieversorgung

(Soll-) Entwicklung Treibhausgas-Emissionen Deutschland



Daten UBA Januar 2013

* Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Energiewende: Weitere quantitative Ziele der Bundesregierung für 2050, eine Auswahl, Bezug 2008

■ Energiesystem Deutschland

- Halbierung des Primärenergieverbrauchs
- Anteil erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch 60 %
- Zunahme der Energieeffizienz 50 %

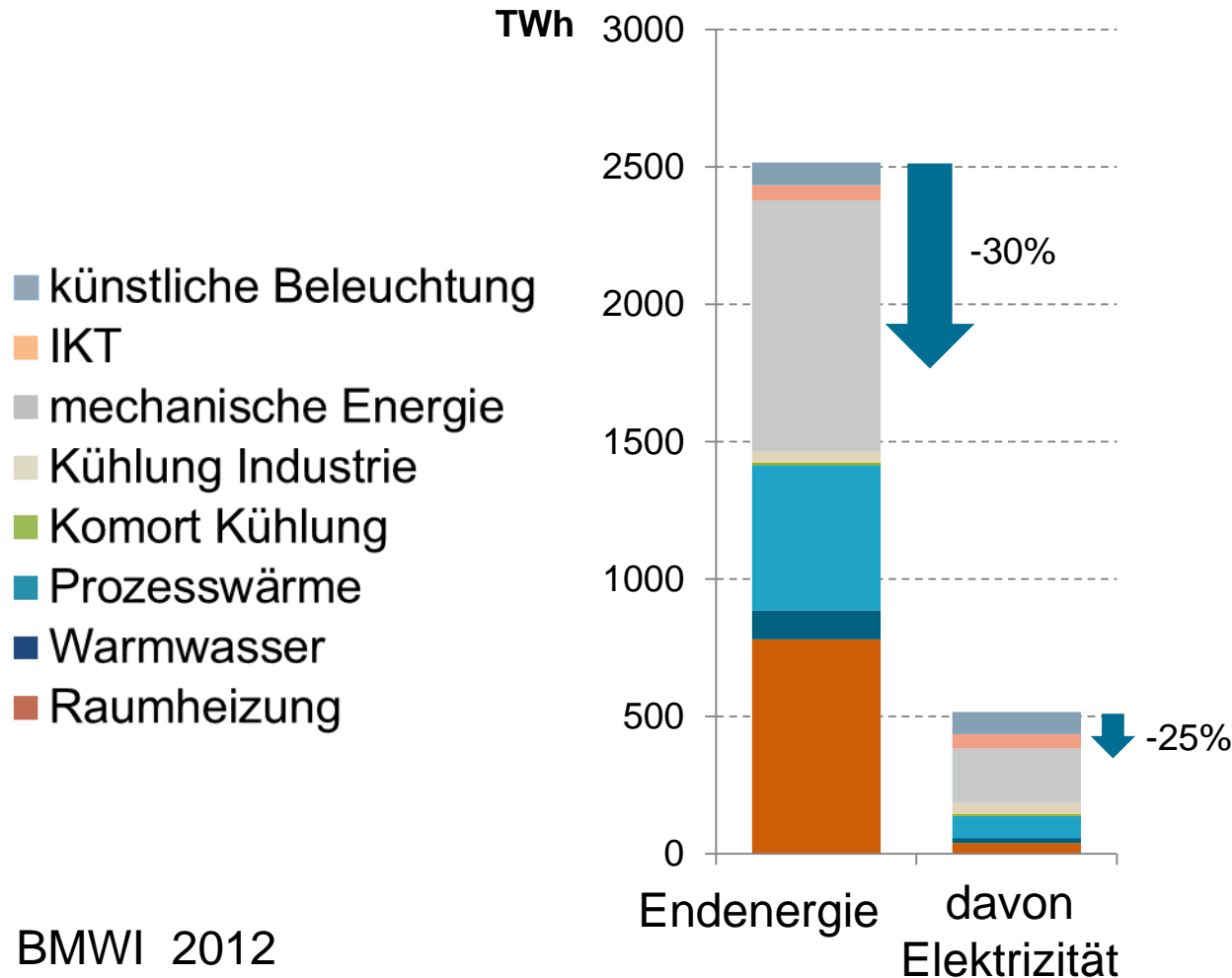
■ Strom

- Reduktion des Verbrauchs um 25 %
- Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 80%

■ Gebäudesektor

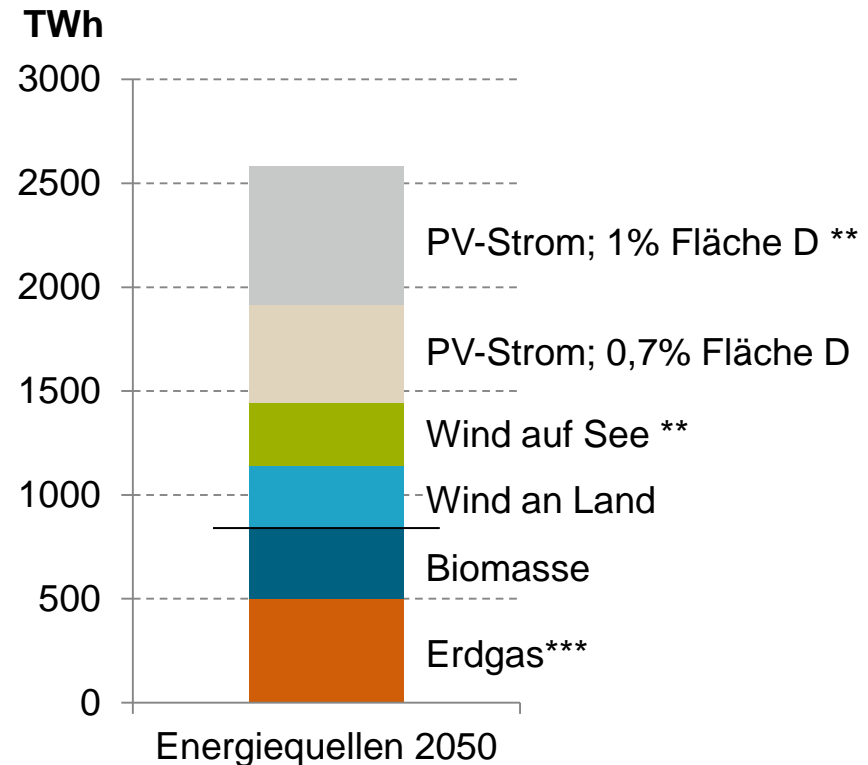
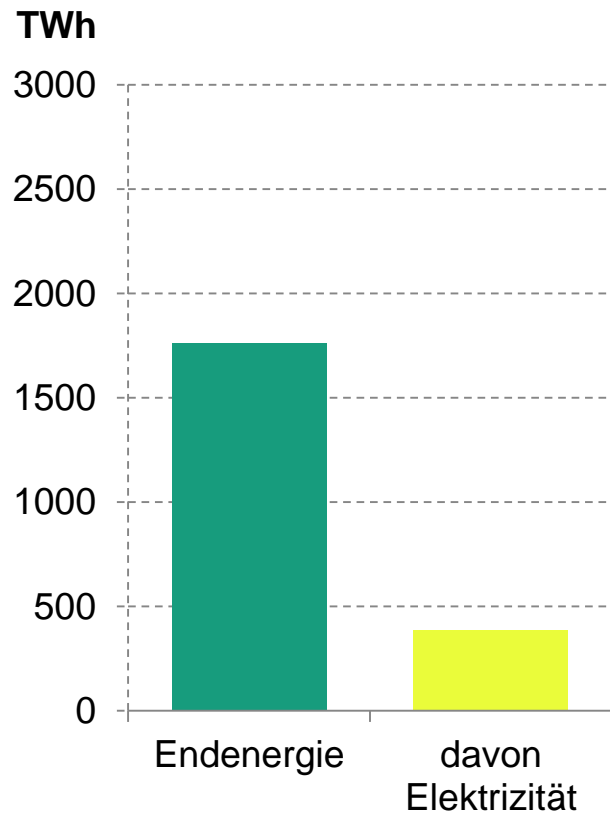
- Nahezu "klimaneutraler Gebäudesektor"
- Reduktion des Primärenergieeinsatzes um 80 %

Energiebedarf Deutschland 2010 und angenommene Reduktion des Bedarfs bis 2050



BMWI 2012

Angenommener Energiebedarf Deutschland 2050 und mögliche Energiequellen (Auswahl*)

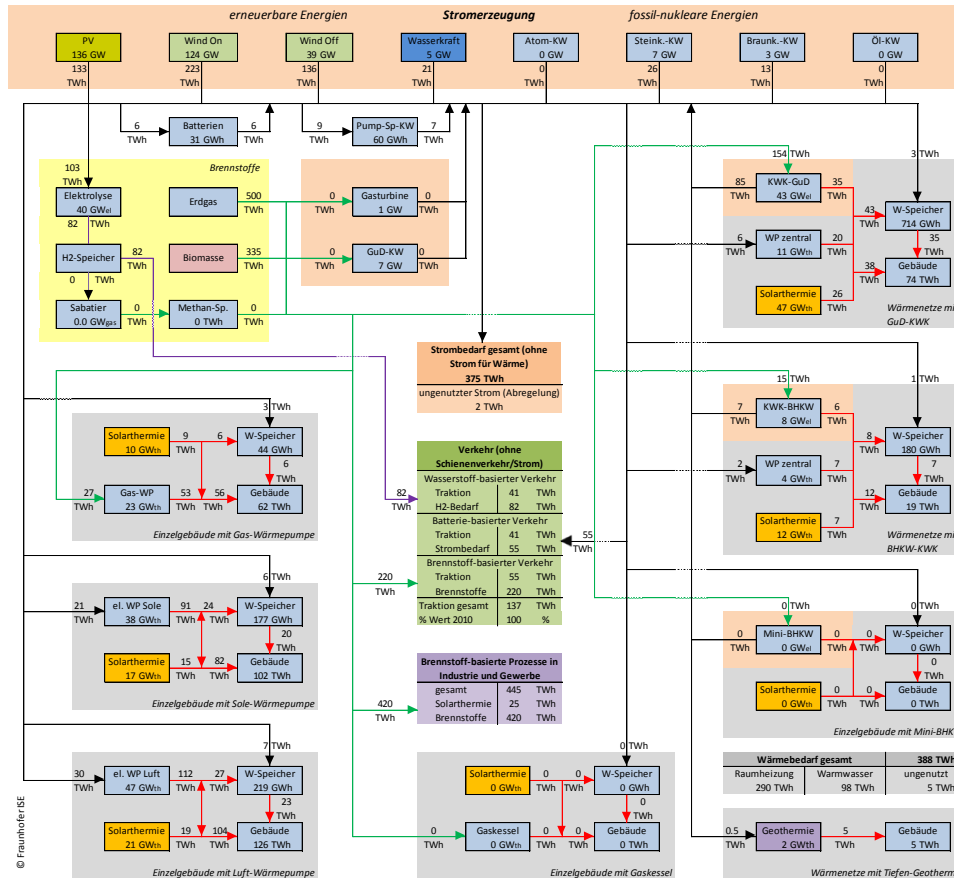


* Ohne tiefe Geothermie, Umweltwärme und Import

** deutlich höhere Potenziale prinzipiell realisierbar

*** entspricht -86% CO2 Emission

Modellierung eines zukünftigen Energiesystems



Hans-Martin Henning und Andreas Palzer, ISE 2013

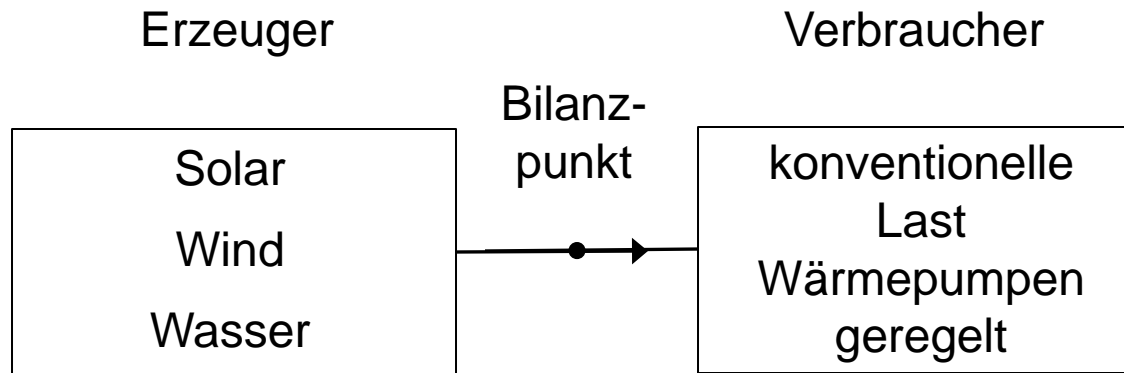
Ein exemplarisches Szenario für 2050

zeitaufgelöste Computersimulation, Ergebnisse Strom

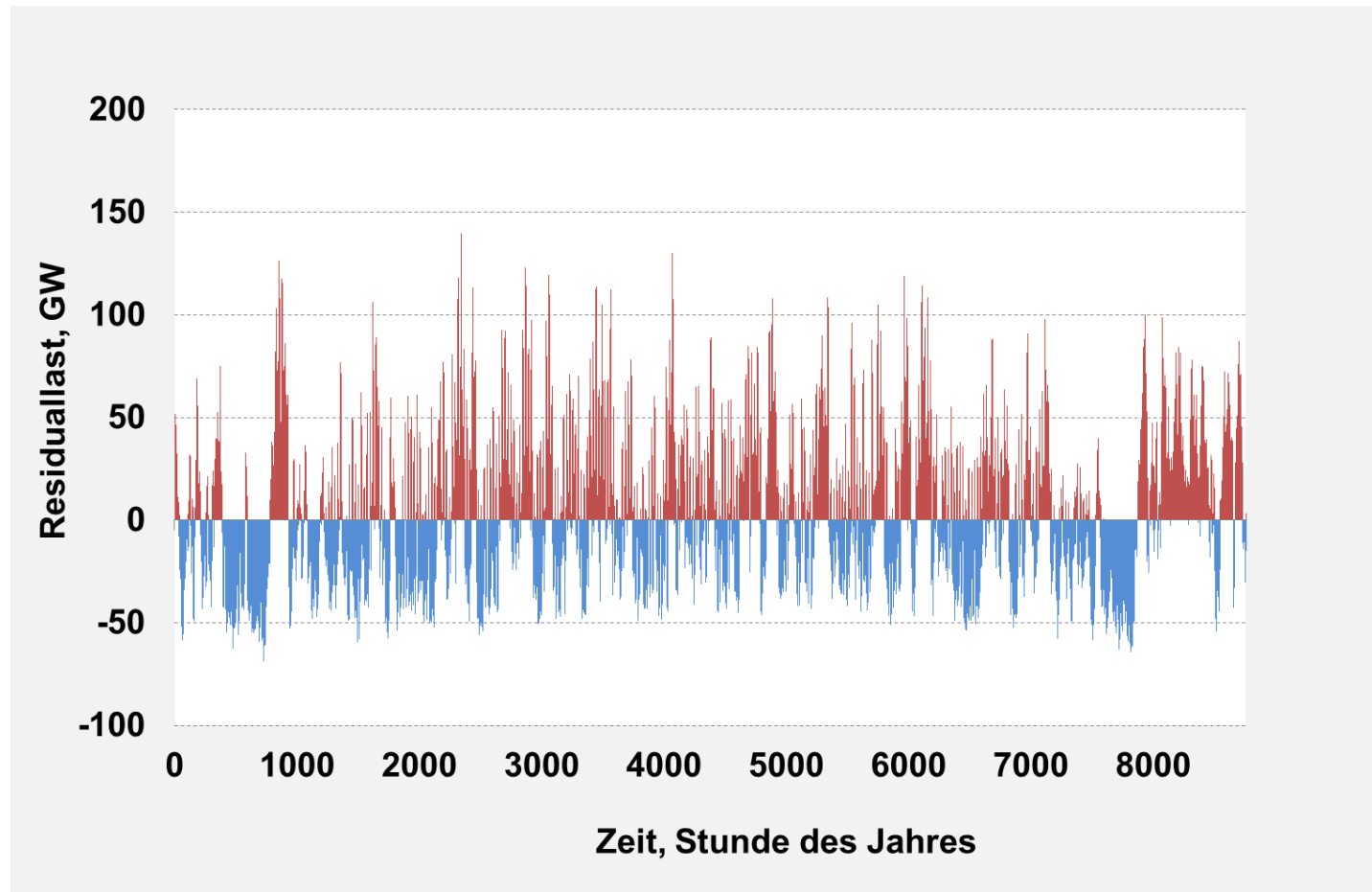
Maximale Last (Bedarf)	75 GW	
Minimale Last	31 GW	
PV installiert	136 GW	4 x Leistung 2012
Wind an Land installiert	124 GW	4 x Leistung 2012
Wind auf See installiert	39 GW	
Maximale Ensemble Erzeugung	202 GW	
Minimale Ensemble Erzeugung	3 GW	

25 % weniger Strombedarf, 60 % weniger Raumwärmebedarf, 25 % der Gebäude werden über große Wärmenetze mit großen Speichern versorgt, 500 TWh Erdgas, 335 TWh aus Biomasse; -86 % CO₂-Emissionen

Virtuelles Strom-Erzeuger-/Verbrauchssystem

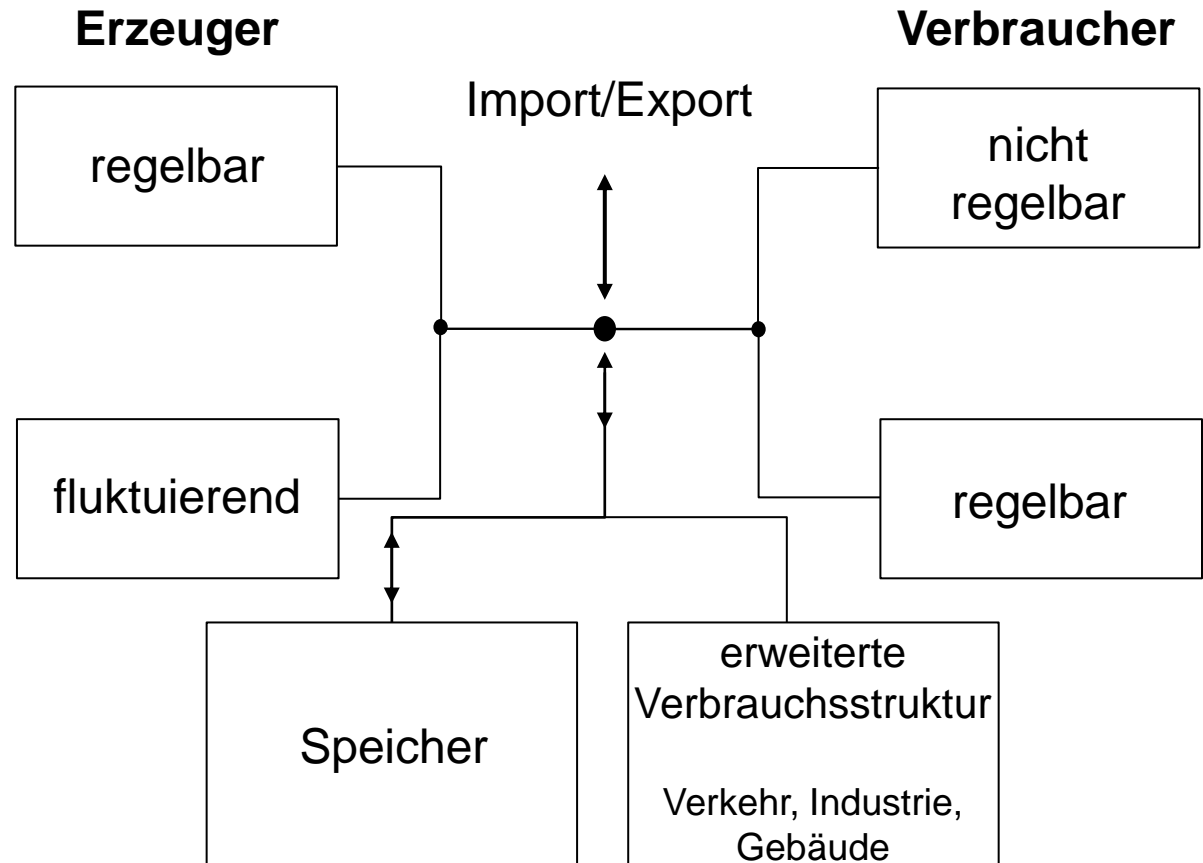


Modellierte Zeitreihe der Erzeugungs- Bedarfsbilanz, Strom



Beherrschung der zeitlichen und räumlichen Variationen von Solar- und Windenergieflüssen

- Restnutzung fossiler Energieträger
- Nutzung biogener Energiequellen
- Speicher
- Lastmanagement
- großflächige Netze
- Import/Export



Realisierung einer zu jedem Zeitpunkt gesicherten Stromversorgung

- Lastmanagement
- Deckung Residuallast
 - Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen* (Gasturbinen, GuD)
 - Stromimport
- Sekundäre Regelenergie: Pumpspeicher, Gas-KWK
- Primäre Regelenergie: Batterien, Wasserkraft
- Netzstabilität
 - Elektrische Umrichter („virtuelle Synchronmaschinen“)
 - Kombination Umrichter + Batterien
 - Mitlaufende rotierende Massen

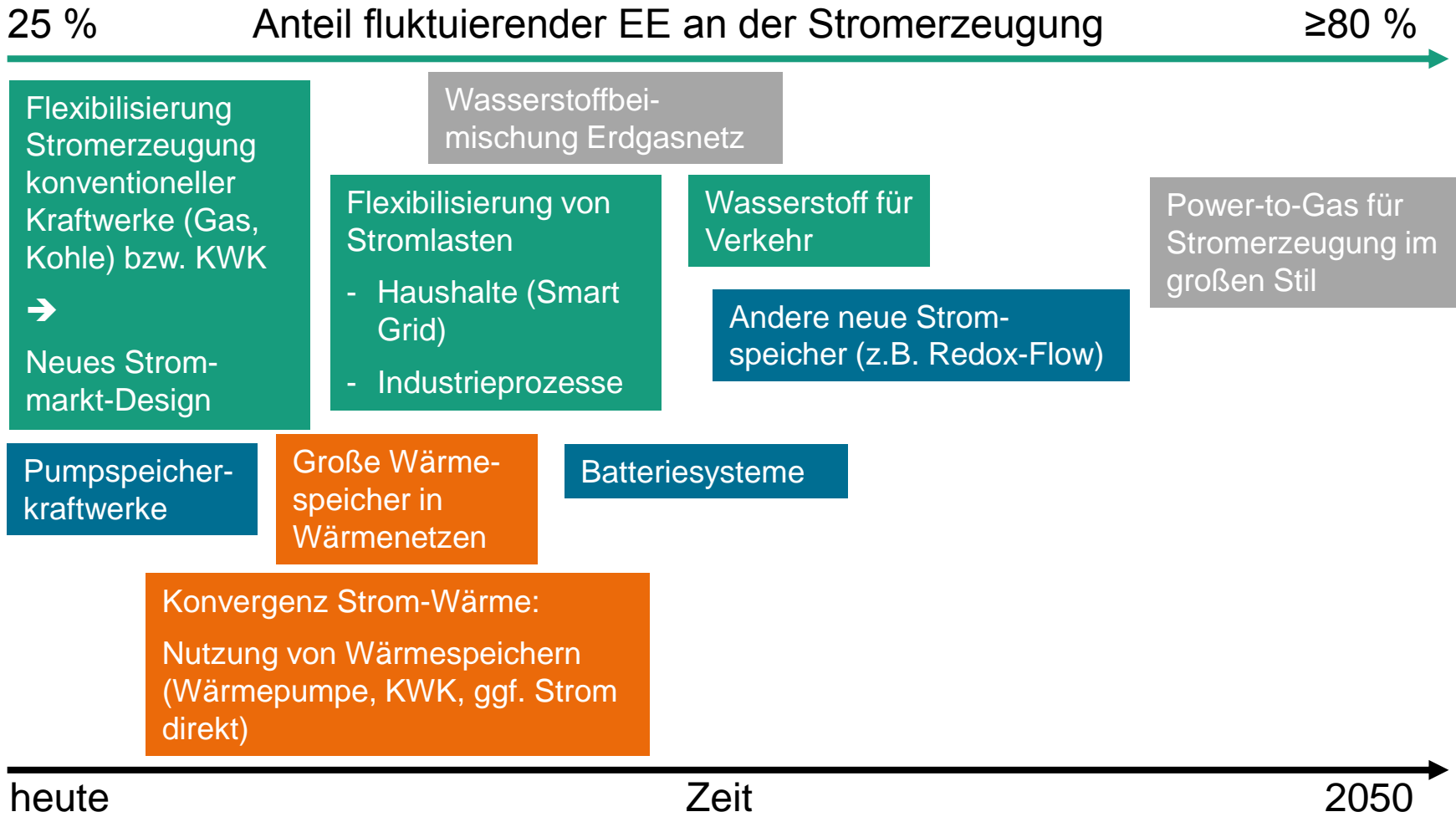
* betrieben mit Erdgas und biogenen Energieträgern, gekoppelt mit Wärmenetzen und großen Wärmespeichern

Nutzbringende Verwendung von Überschussstrom – Nutzungen, die alle Verbrauchssektoren einbeziehen

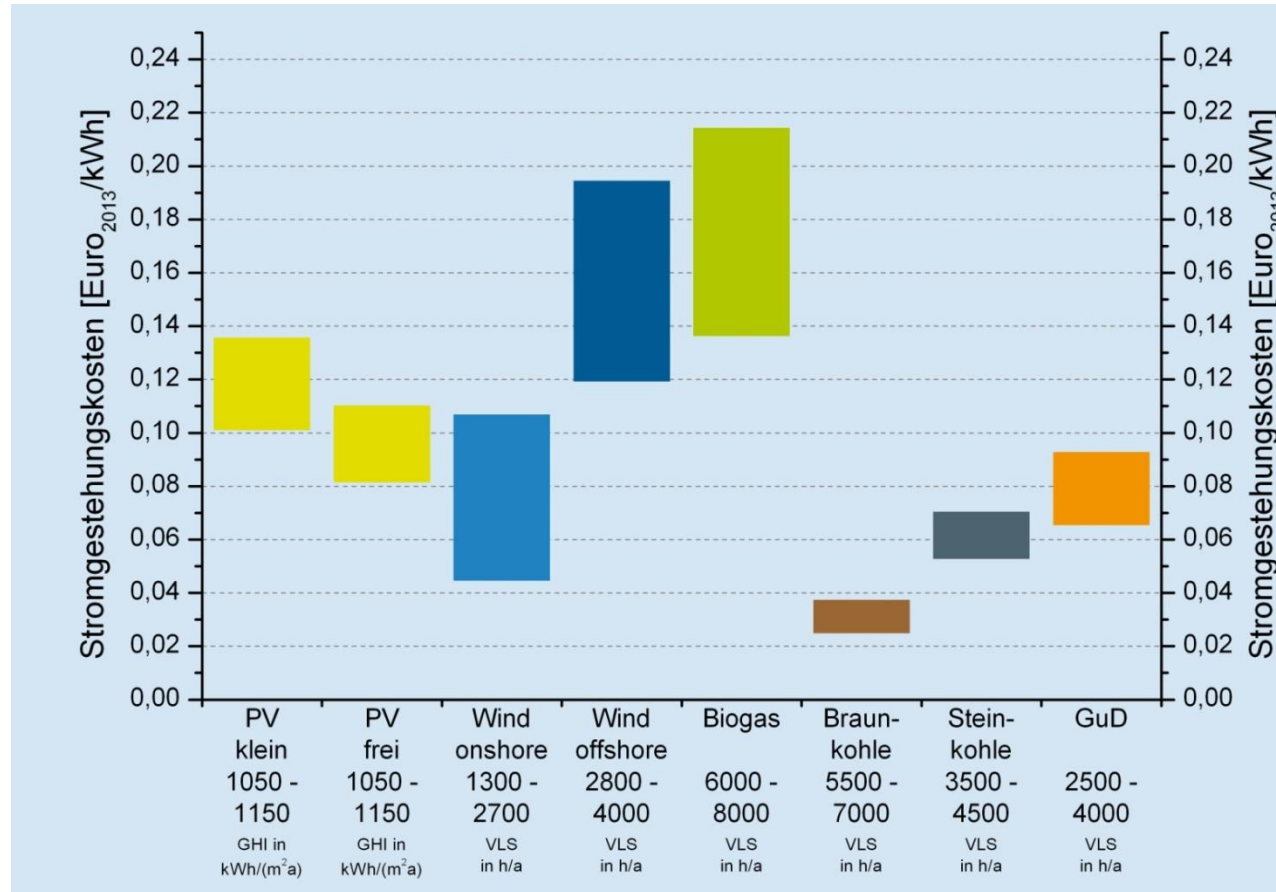
- Effiziente Strom-Kurzzeitspeicher (Pumpspeicherkraftwerke, Batterien stationär und mobil)
- Wasserstoffherzeugung (für Verkehr, für Einspeisung Gasnetz, für Weiterkonversion in synthetisches Methan oder Methanol)
- Ladung Wärmespeicher mit Wärmepumpen
- Ggf. Stromexport (je nach Vermarktungsoptionen im Ausland)
- Ladung von Wärmespeichern mit Heizstäben
- Abregelung der Erzeugung



Transformation des Stromerzeugungs- und Nutzungssystems – eine Möglichkeit

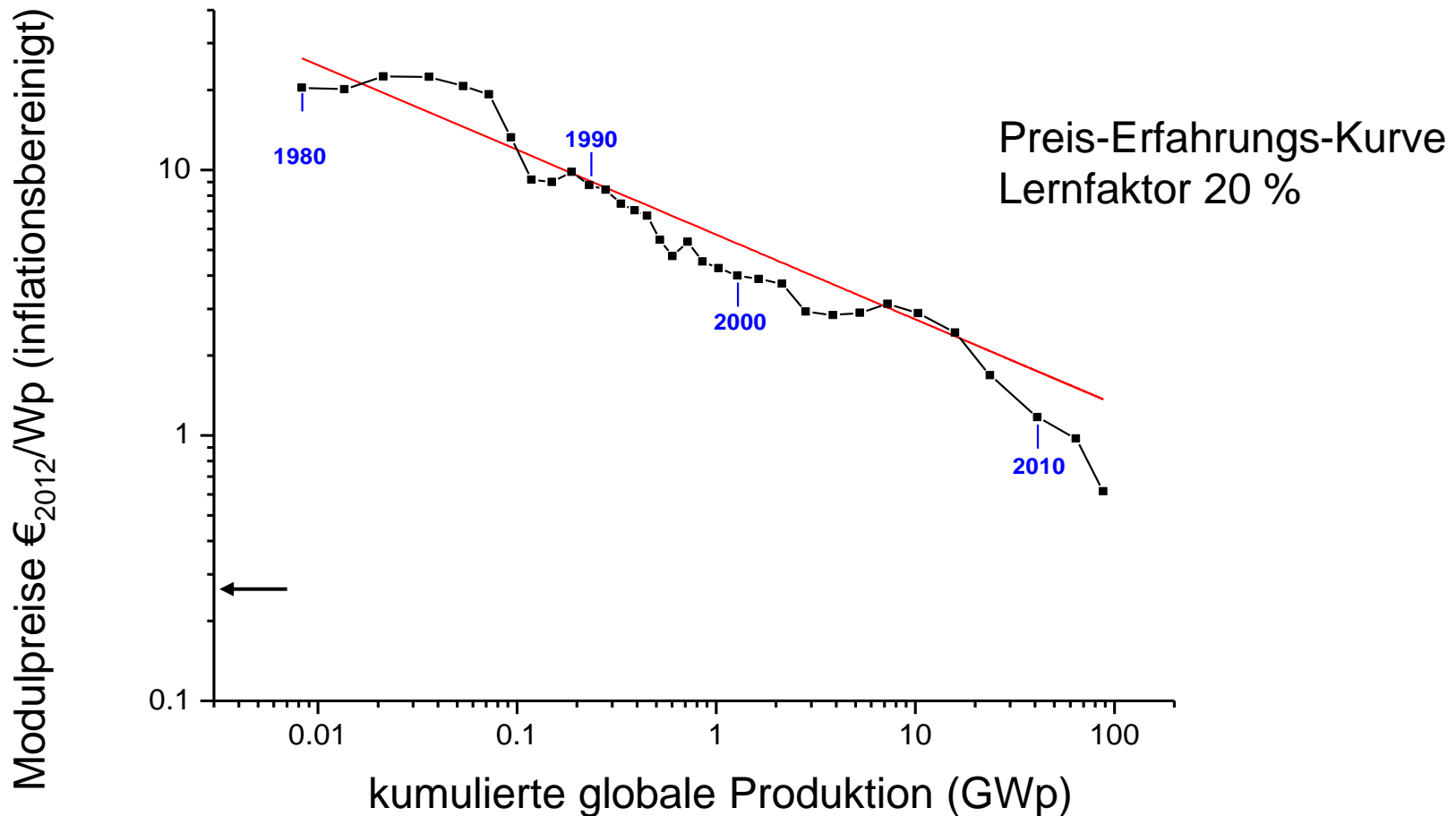


Stromgestehungskosten, Deutschland September 2013



C. Kost, T. Schlegl et al, Fraunhofer ISE, 2013

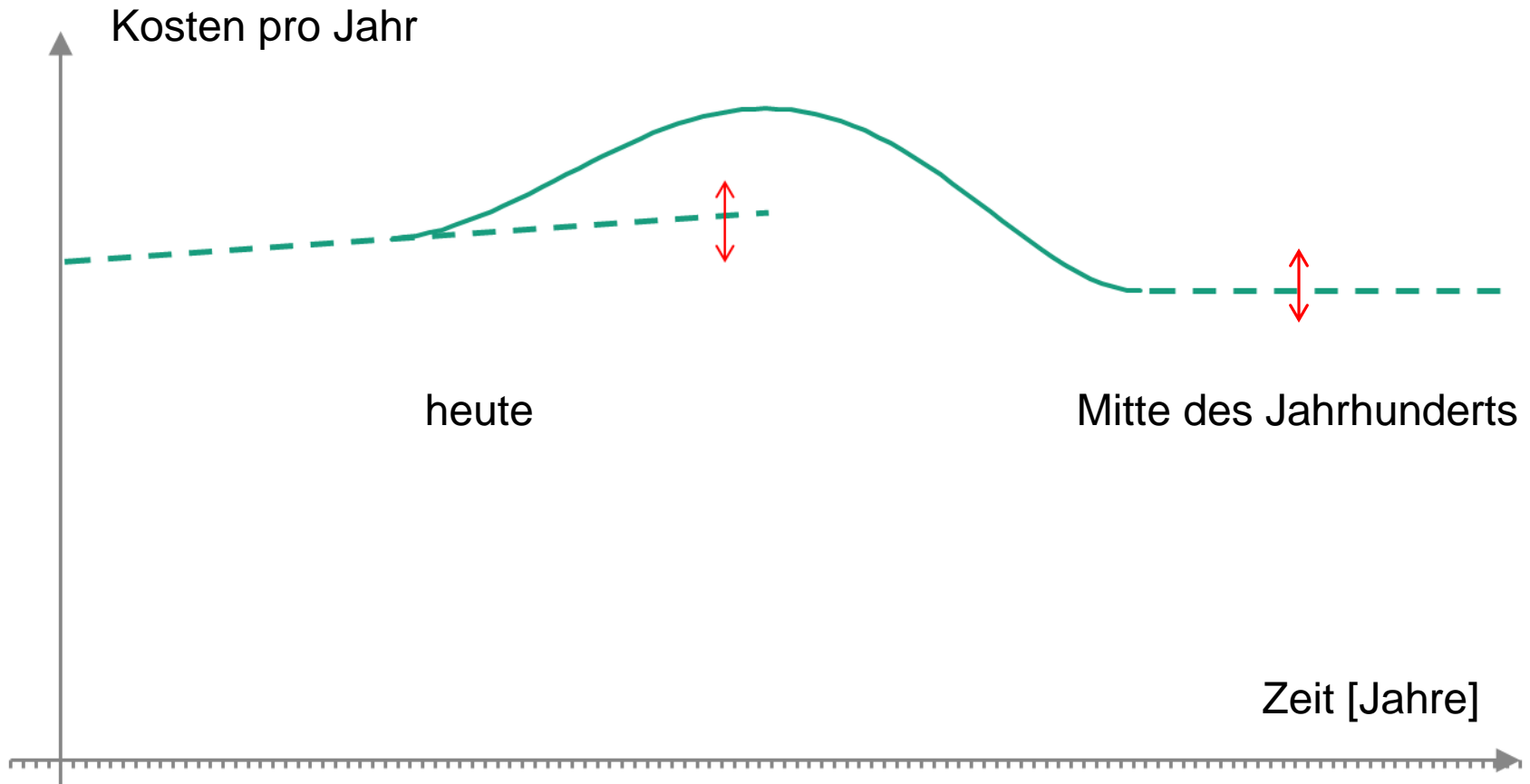
Kostenreduktion bei Konvertern erneuerbarer Energiequellen – Beispiel Photovoltaik



Daten: Navigant Consulting, Graph: PSE AG 2013

Energiewende zur Nachhaltigkeit

Kosten eines kompletten Energiesystems



Die Phasen der Energiewende

Anteil erneuerbarer Energien

Phase 1 (abgeschlossen)

- Installation erneuerbarer Energien vor allem für die Strombereitstellung (Wind, PV)
- keine wesentliche Änderung der Systemstruktur

Phase 2 (laufend)

- Transformation des gesamten Energiesystems
- Flexibilisierung
- Forcierung von Effizienz und Einsparung
- Infrastruktur-Weichenstellungen (z. B. Wärmenetze)
- Erdgas wichtig, vor allem für komplementäre Strom-Erzeugung
- zunehmende Bedeutung von Speichern (vor allem Wärme)
- Geschäftsmodelle für Speicherbetrieb und komplementäre Strombereitstellung

Phase 3

- „Die letzten 15-20 Prozent“
- Langzeitspeicher (z. B. Power-to-Gas)
- Verdrängung von Erdgas (Power-to-Gas, Biomasse)
- Internationale Vernetzung

Zeit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ich danke Hans-Martin Henning und Andreas Palzer für wertvolle Diskussionen und die Bereitstellung der Modellrechnungsergebnisse.