
Systemkonflikte und –lösungen auf dem Weg in das regenerative Zeitalter

Dr.-Ing. Michael Sterner, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid

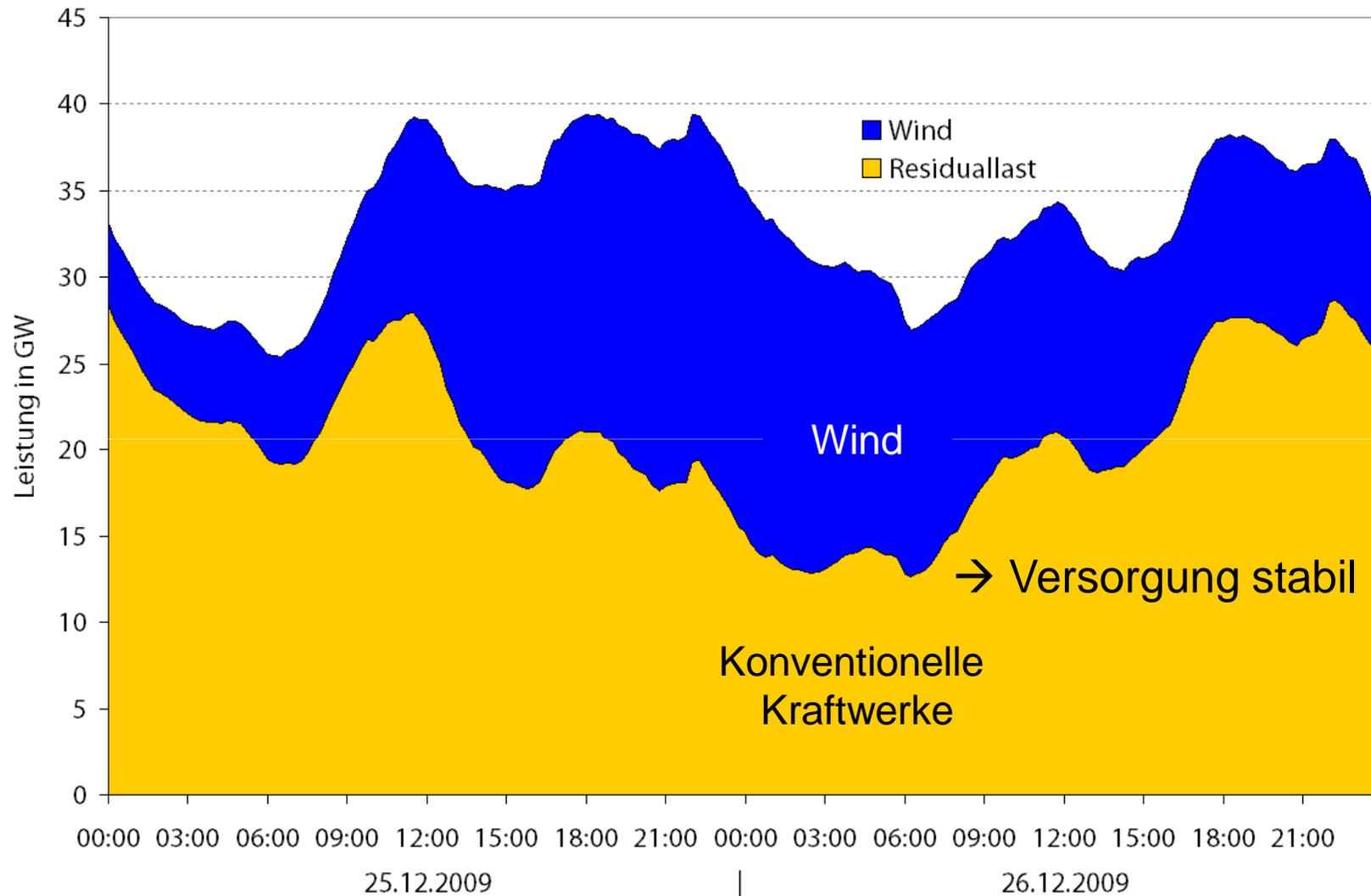


Parlamentarischer
Abend in der
Parlamentarischen
Gesellschaft

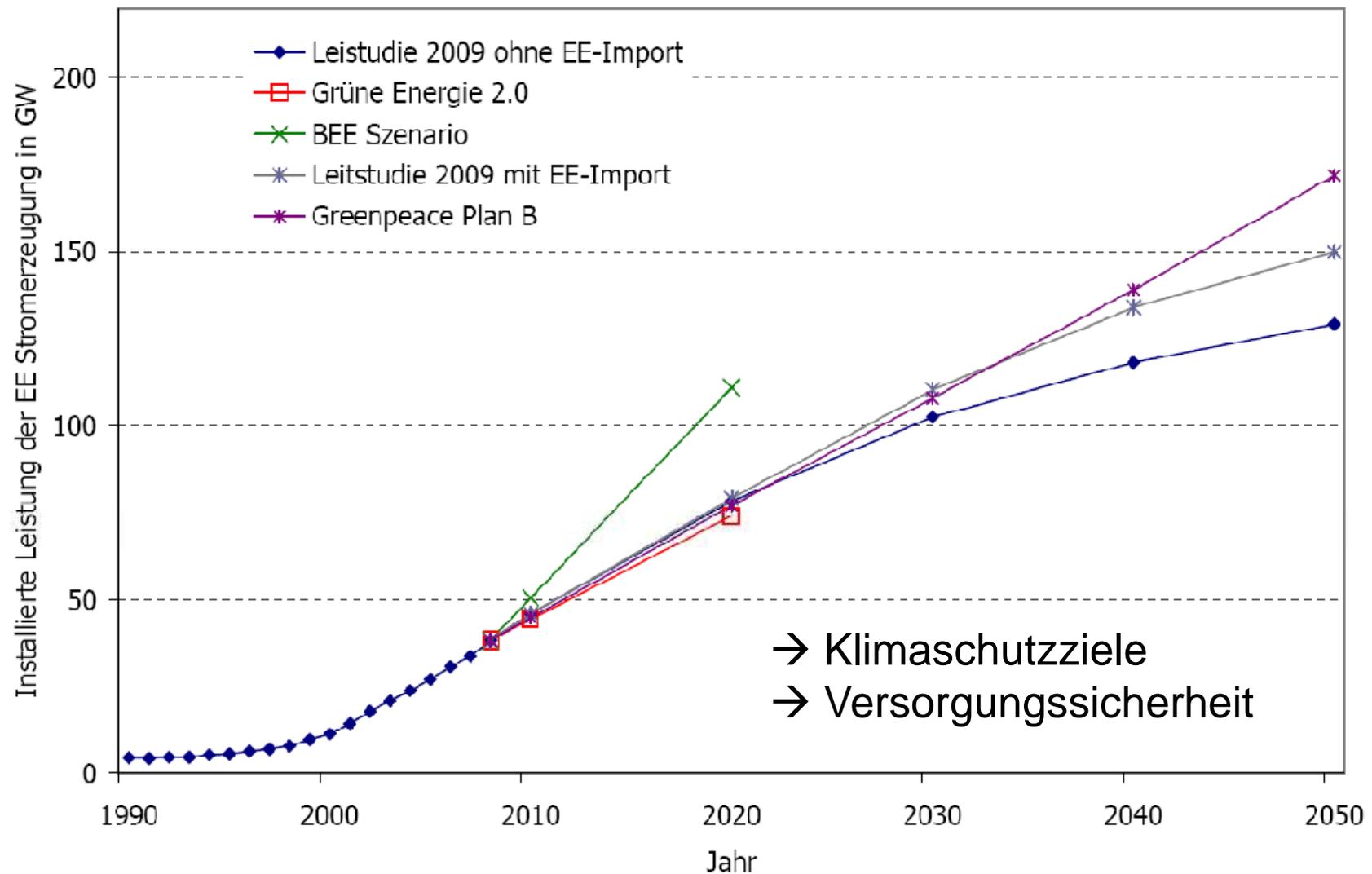
Berlin, 27.09.2010



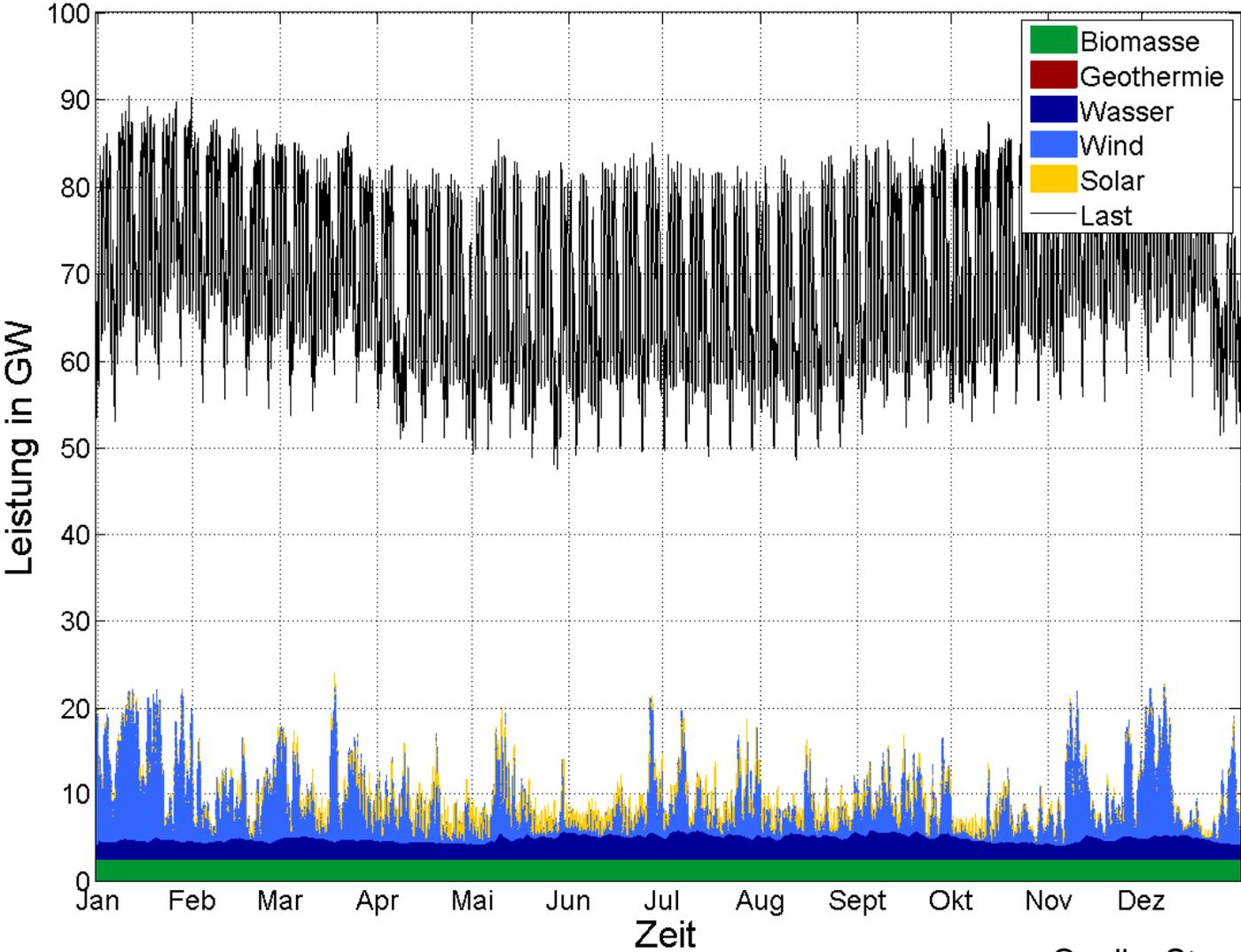
Die Situation heute – Einspeisung Weihnachten 2009



Die Situation in Zukunft? - Szenarienvergleich

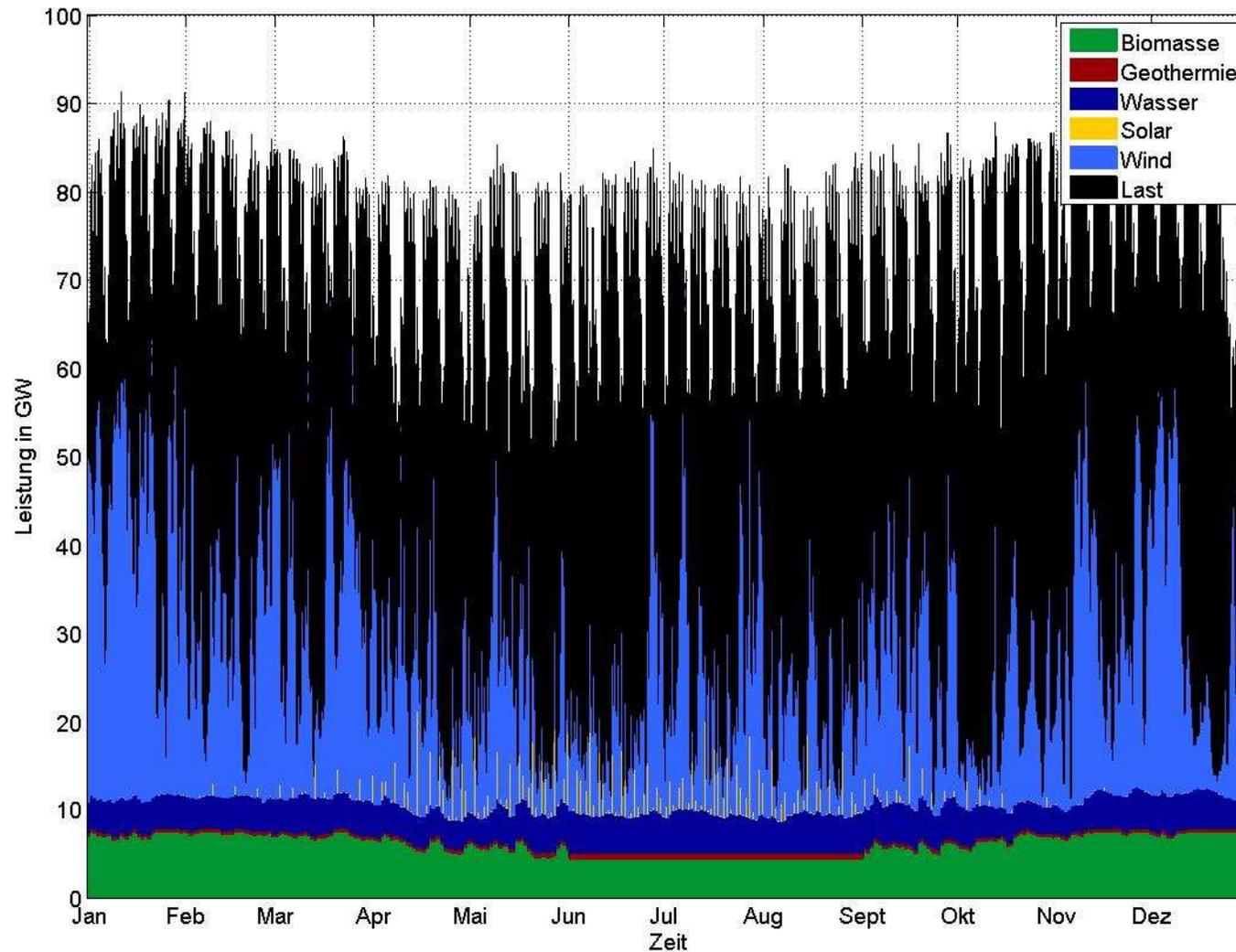


Simulation von 2007: 15% EE - ein Jahr – stündliche Auflösung



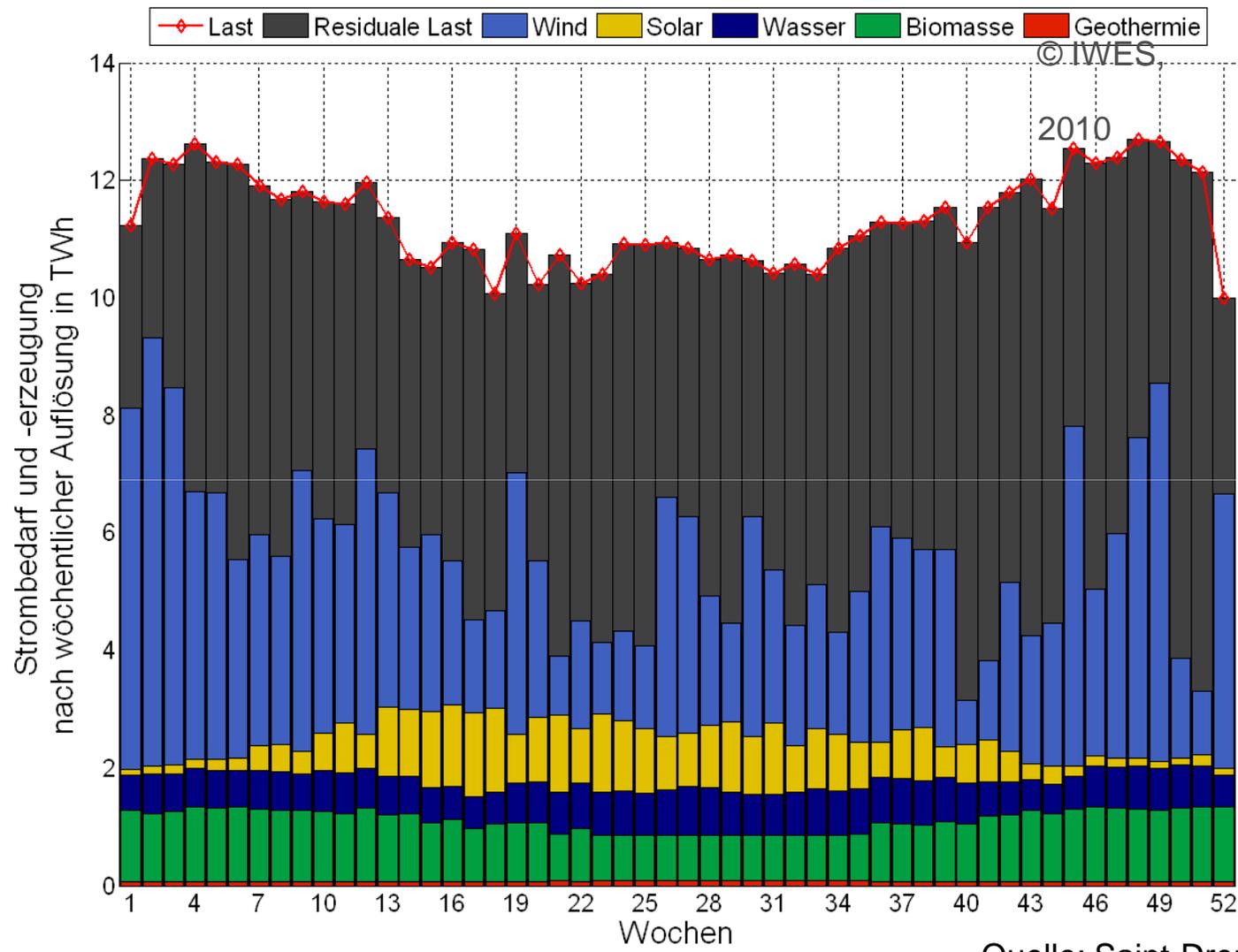
Quelle: Sterner et al., 2010

BEE-Szenario 2020: 47% EE - ein Jahr – stündliche Auflösung



Quelle: Saint-Drenan et al., 2009

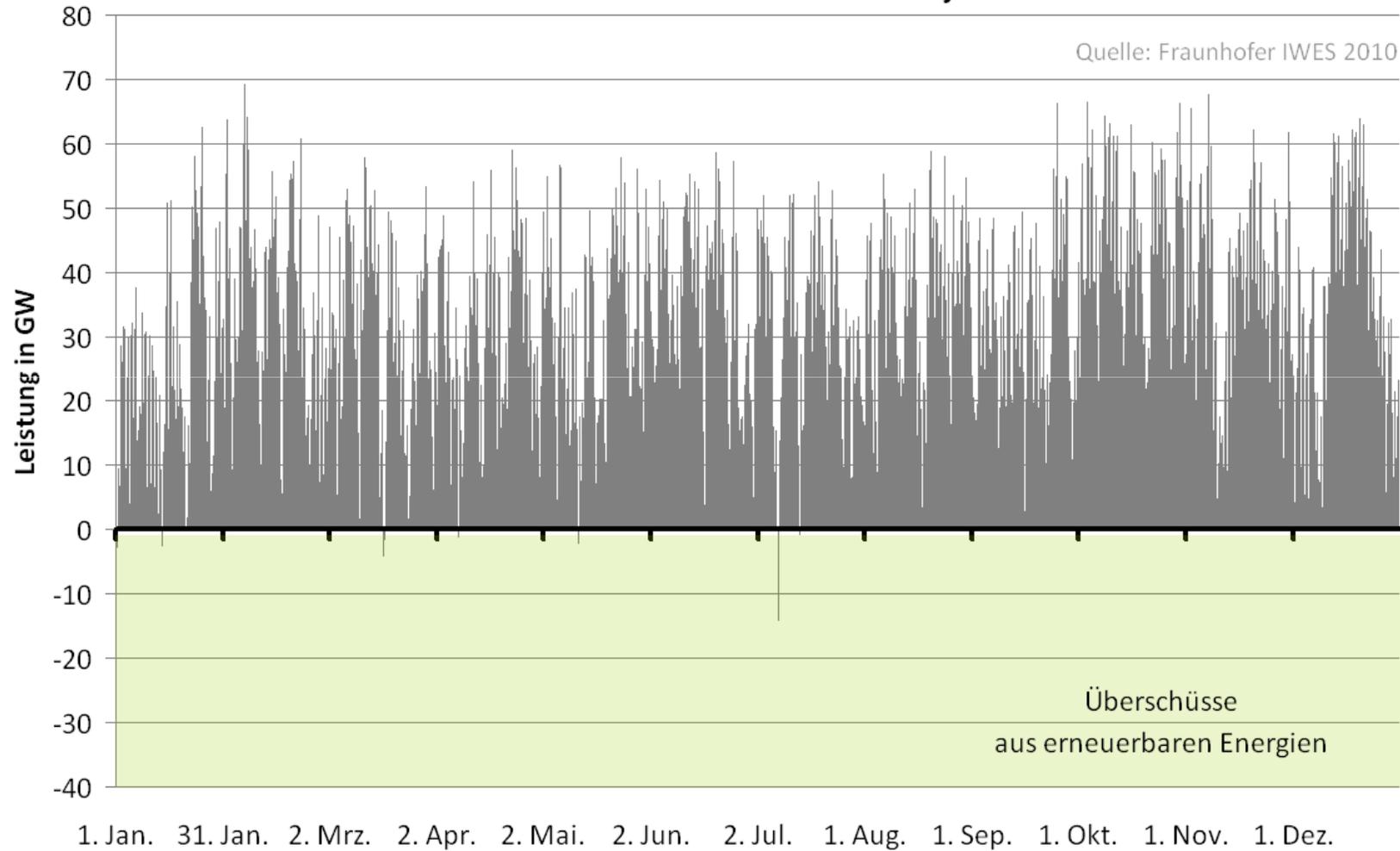
BEE-Szenario 2020: 47% EE - ein Jahr – wöchentliche Auflösung



Quelle: Saint-Drenan et al., 2009

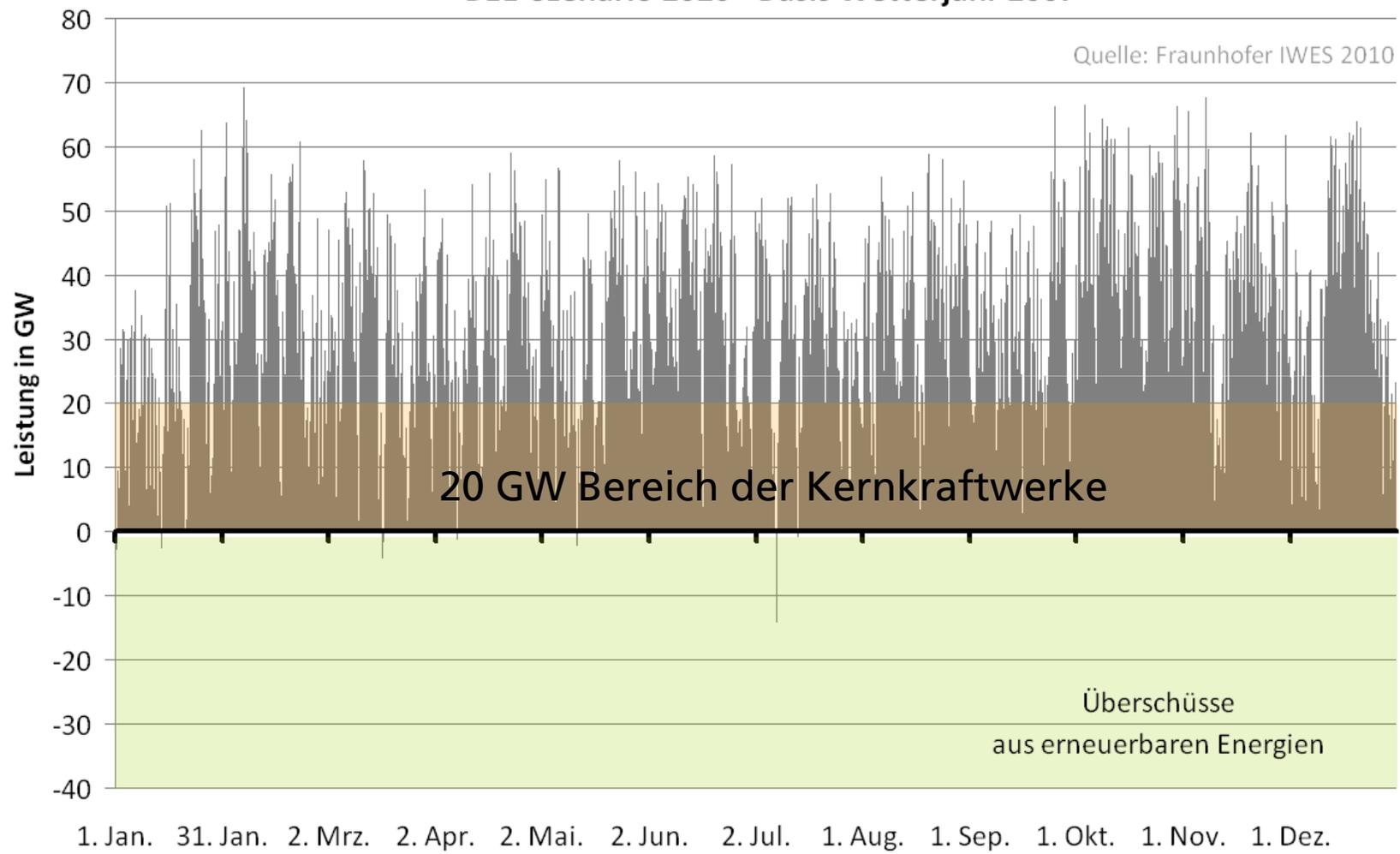
BEE-Szenario: Residuale Last für 2020 – EE-Anteil: 47%

Residuale Last (Last minus ungesteuerte EE-Einspeigung)
BEE-Szenario 2020 - Basis Wetterjahr 2007

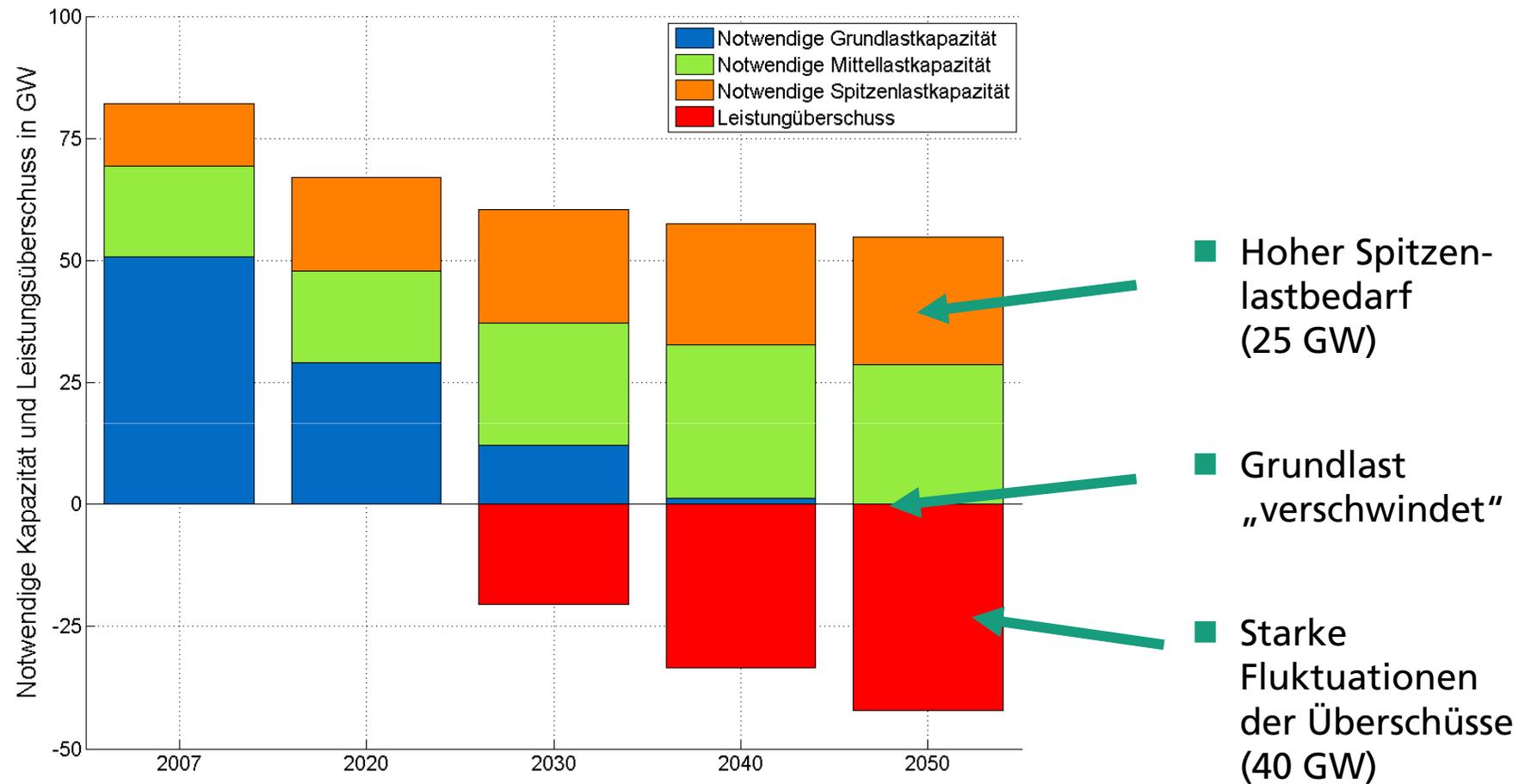


BEE-Szenario: Residuale Last für 2020 – EE-Anteil: 47%

Residuale Last (Last minus ungesteuerte EE-Einspeigung)
BEE-Szenario 2020 - Basis Wetterjahr 2007



Benötigter Bedarf an konventioneller Leistung und EE-Überschüsse in der BMU Leitstudie 2010



Herausforderung: Überschüsse mit Spitzenbedarf übereinbringen

Quelle: Sterner et al., 2010

Generelle Tendenzen

- Erneuerbare Energien reduzieren den Grundlastbedarf drastisch

- Dauerbetrieb von konventionellen Kraftwerken nimmt ab
 - „klassischer Grundlastbereich“ löst sich auf – Überkapazitäten
 - höherer Mittel- und Spitzenlastbedarf – Unterkapazitäten

- Konventionelle Kraftwerke müssen flexibler werden
 - häufiger Teillastbetrieb
 - häufige An- und Abfahrvorgänge notwendig
 - Wirtschaftlichkeit unsicher durch geringe Auslastung, v.a. für Zubau

Systemkonflikt

- technisch:
 - Abregelung von konvention. vs. erneuerbare Energien
 - Ausbau von allen Erzeugungsarten (Überkapazitäten)

- Wirtschaftlich:
 - Kein Zubau von flexiblen (Gas)Kraftwerken und KWK
 - Hemmnis für 100% EE Ziel, da diese Kapazitäten fehlen
 - Druck: AKW → Kohle- und Gas → EE

- Konsequenz:
 - Damit die im Energiekonzept beschlossenen Ziele erreicht werden
→ Vorrangregelung für EE muss aufrecht erhalten werden

Reihenfolge der Ausgleichsmaßnahmen für Fluktuationen

technisch

ökonomisch

■ Transport

■ Netzausbau

■ Europäisches Supergrid für Strom und Gas

1

?

Lokal unterschiedlich

■ Energiemanagement

■ Gest. Erzeugung: Kombi-KW mit EE-Prognosen, Gas-KW mit EE-Gasen

■ Gesteuerter Verbrauch: E-KFZ, Wärmepumpen, Smart Grids

2

?

■ Speicher

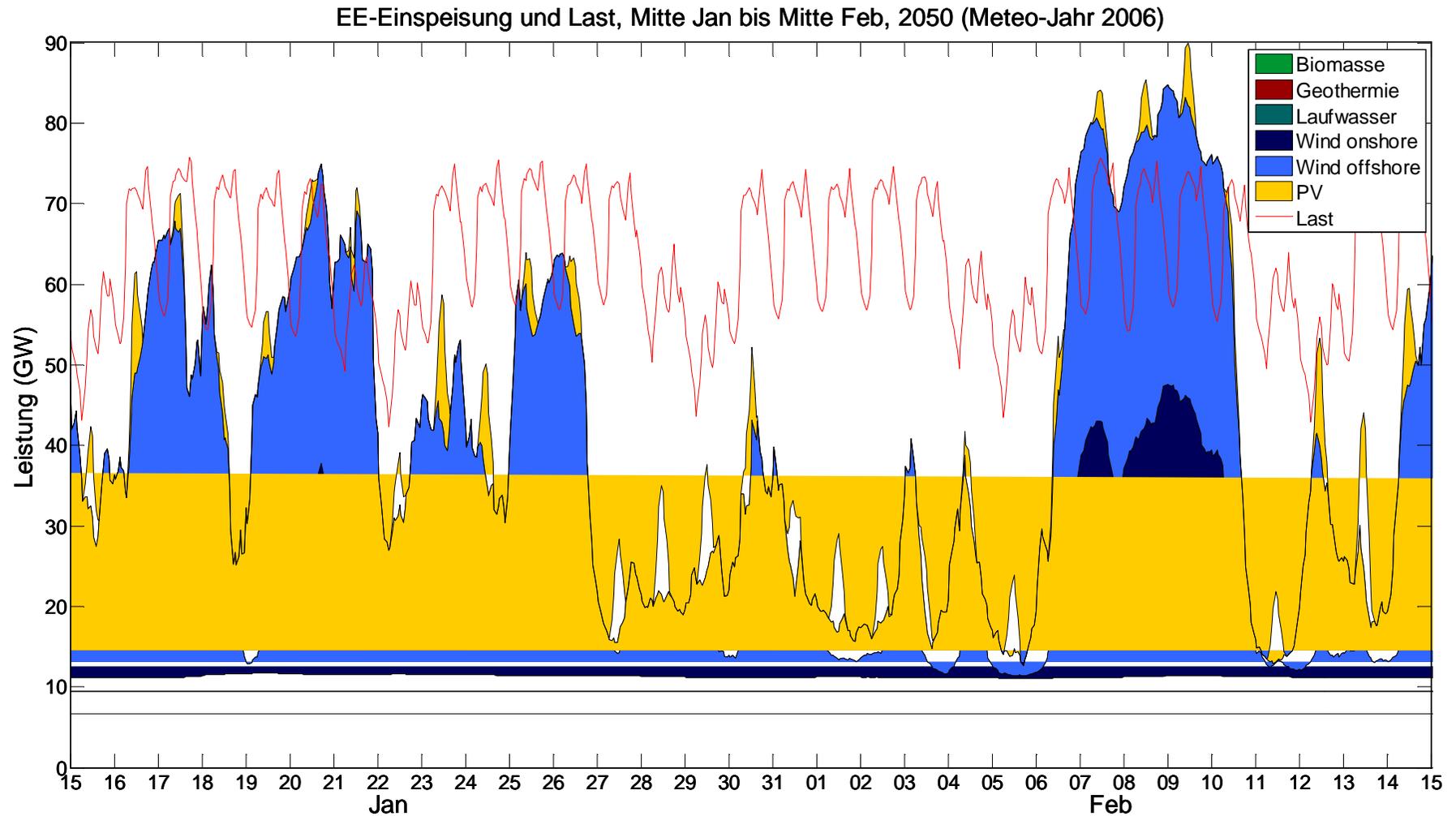
■ Kurzzeit (Tage): Pumpspeicher, Druckluft, Batterien

■ Langzeit (Saisonal): 1. (Pump)Speicher in Skandinavien,
2. Wind / Solarstrom im Gasnetz als EE-Methan
3. als EE-Wasserstoff

3

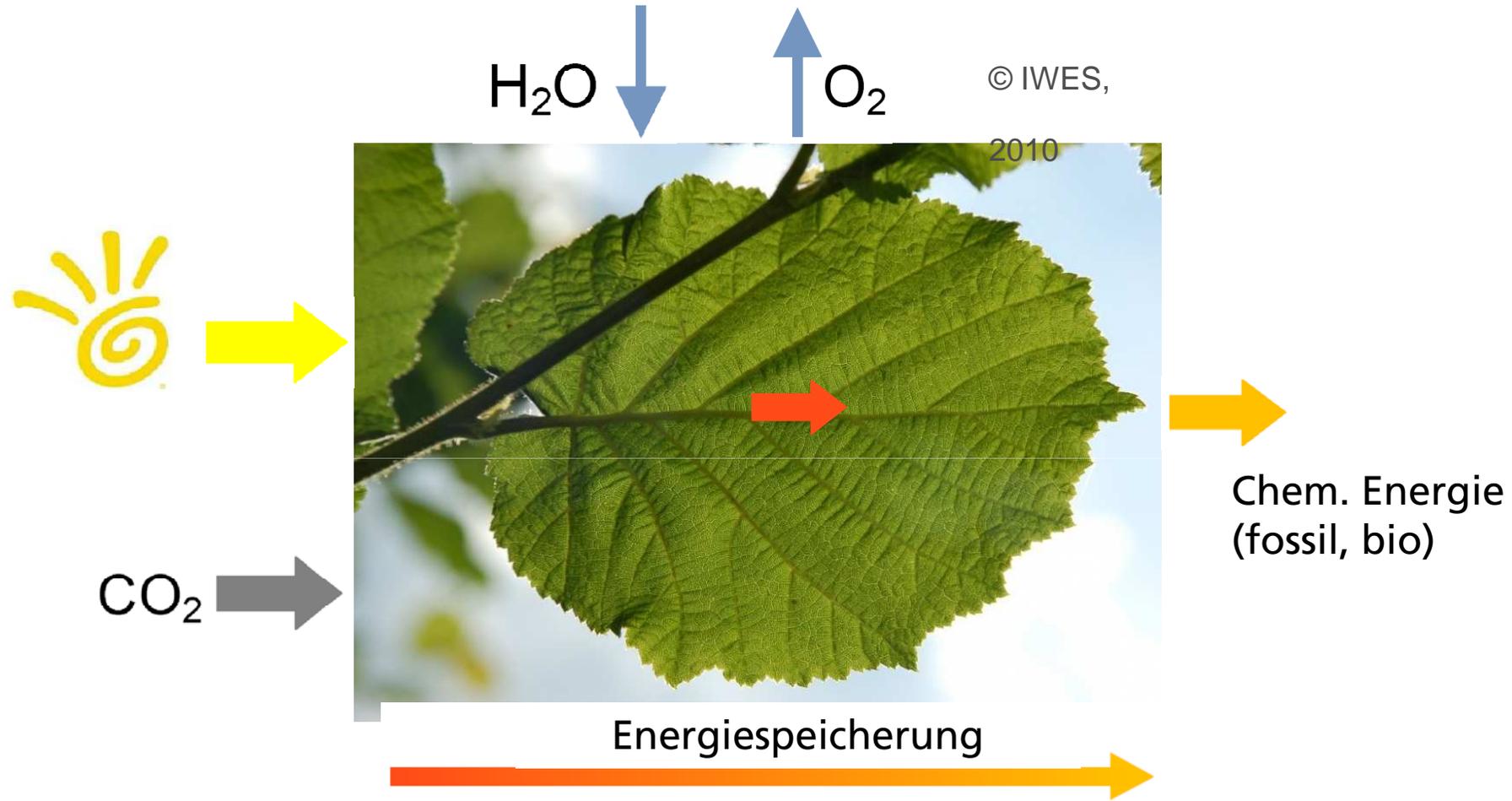
?

Speicherbedarf Leitszenarien - Basisszenario 2050 – 85% EE – ca. 30 TWh_{el}



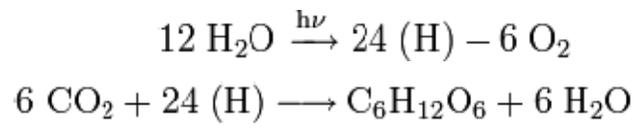
Quelle: BMU Leitszenarien, Herbst 2010

Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?

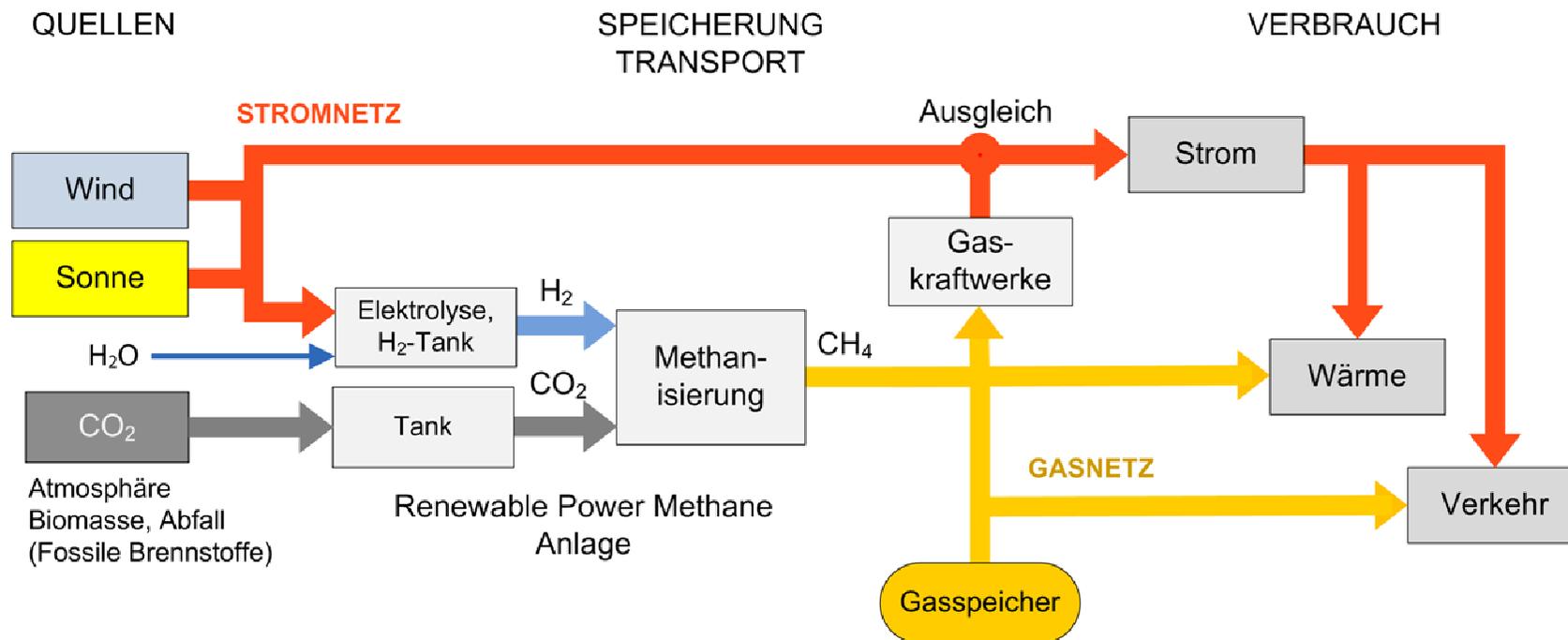


© IWES,
2010

Kernprozess: 1) Spalten von Wasser
2) H₂ reagiert mit CO₂



Renewable Power (to) Methane – erneuerbares Methan Energievektor für Wind und Solar in den Verkehrssektor



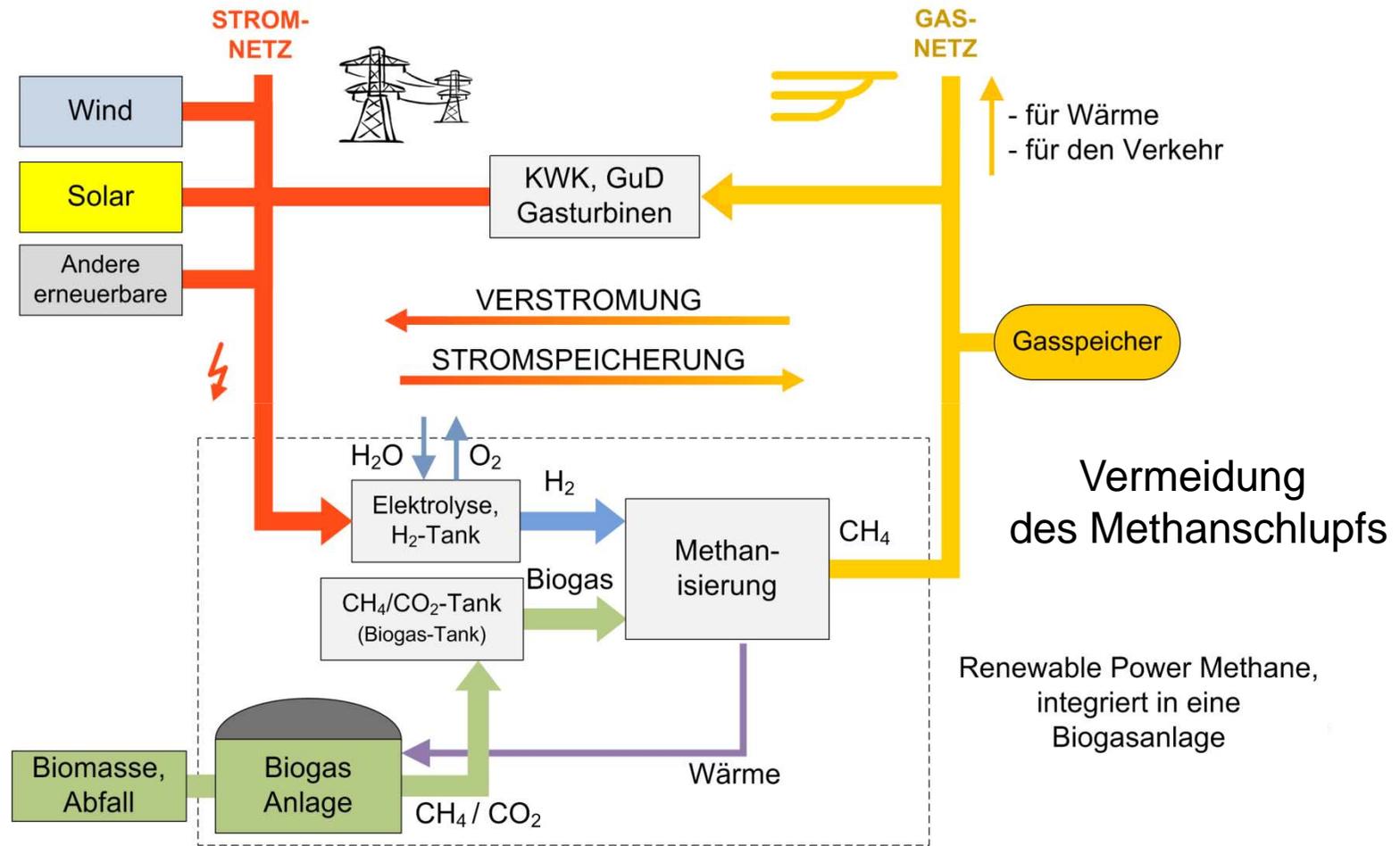
Vorteile:

- nationale Langzeitspeicherung mit vorhandener Infrastruktur (Speicher, Pipelines, Gas-Kraftwerke + BHKW)
- „Grundlast“ mit EE – stabile Stromversorgung möglich

Quelle: Specht et al, 2010
Sternier, 2009

Renewable Power (to) Methane – erneuerbares Methan

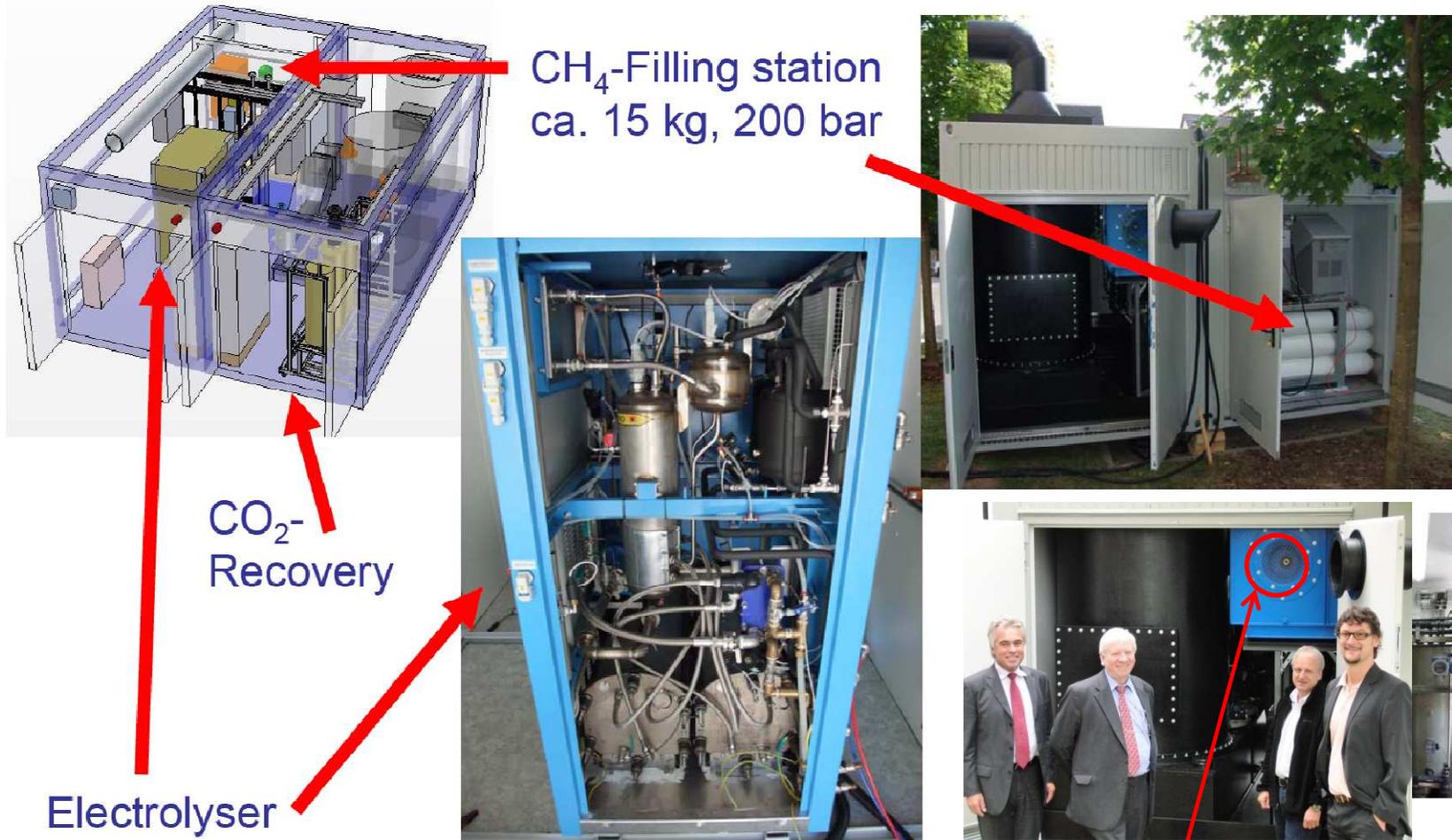
Kopplung mit einer Biogasanlage – Verdopplung des Ertrages



Quelle: Specht et al, 2009
Sternier, 2009

Renewable Power (to) Methane – Wind-to-SNG

Erste Pilotanlage am ZSW Stuttgart von Solar Fuel Technology GmbH



CH₄-Filling station
ca. 15 kg, 200 bar

CO₂-
Recovery

Electrolyser

Quellen: Solar-fuel 2009,
Specht, Waldstein, Sterner et al., 2009

CO₂ Absorptionsleistung = 1,5 ha Mais / a

Renewable power (to) methane - erneuerbares Methan

Wirkungsgrade, Kapazitäten, Kosten (2)

Deutscher Stromverbrauch: ca. 600 TWh_{el} - exemplarisch bei 70 GW_{el}

Deutsche Speicherkapazitäten

- Pumpspeicher, Batterien: ca. 0,07 TWh_{el} – Reichweite: wenige Stunden
- E-mobility: max. 45 Mio. Autos @ 10 kWh_{el} → 0,45 TWh_{el} – Reichweite: 6 Stunden
- Gasnetz: 200 TWh_{th} ~ ca. 100 TWh_{el} – Reichweite: 60 Tage bzw. 2 Monate

Übertragungskapazitäten der Leitungen

- Stromnetz: einstellige GW_{el}
- Gasnetz: zweistellige GW_{th} → eine Größenordnung mehr

Kosten

- Invest (Kompressor, Elektrolyser, Methanisierung, etc.) – ca. 1000-2000 EUR / kW_{el}
- Stromeinkauf für 2-4 EURcent / kWh_{el} für 8 EURcent / kWh_{th} Methan (abhängig von Betriebs- und Regelkonzept)

Quelle: Sterner, 2009; Specht et al, 2010

Optionen für regenerative Mobilität im Vergleich

■ Biokraftstoffe

- + hohe Energiedichte → lange Reichweiten; + (meist) infrastrukturkompatibel
- - hohe Landnutzungskonkurrenzen; - „schwierige“ Treibhausgasbilanzen
- - begrenzttes Potential

■ Elektromobilität

- + effizient; + Feinstaub, Lärm
- + „unbegrenzttes“ nachhaltiges Energiepotential
- - Fahrzeugtechnologie noch zu entwickeln
- - begrenzte Reichweite

Erneuerbares Methan bzw. EE-Kraftstoffe aus EE-Strom + Wasser + CO₂

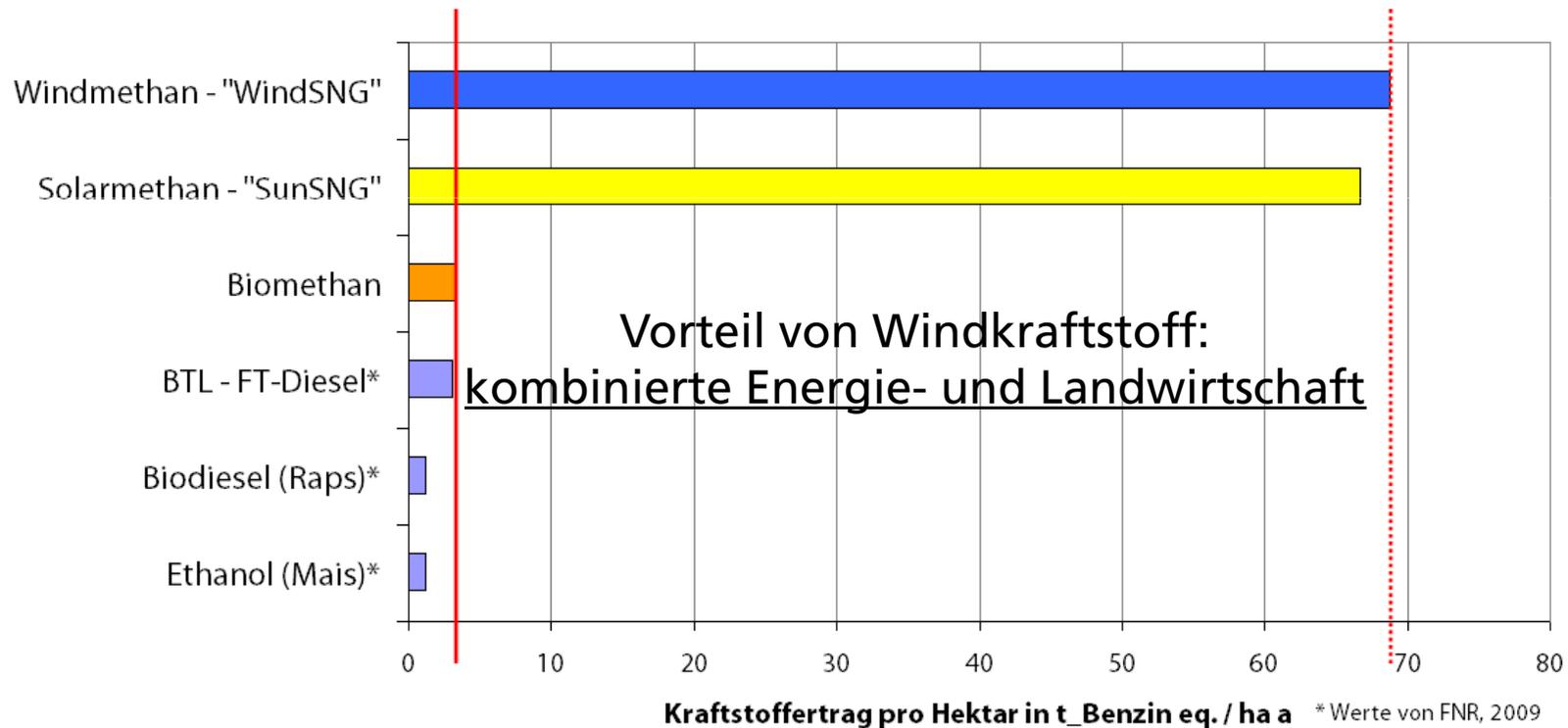
- + keine Begrenzung von Potential und Reichweite
- + infrastrukturkompatibel
- + Fahrzeugtechnologie / „Schwarmstrom“-KW vorhanden
- - noch am Anfang

Quelle: Sterner, 2009; WBGU, 2009

Optionen für regenerative Mobilität - erneuerbares Methan

Effiziente Landnutzung mit weniger Konkurrenz zu Nahrung

Pfad	Solare Einstrahlung	Wandlungseffizienz	Gespeicherte chemische Energie
Solar → Pflanze → Biokraftst.	100%	1%	0,5% (Biomethan)
Solar → PV → PV-SNG	100%	15%	10% (Solarmethan)

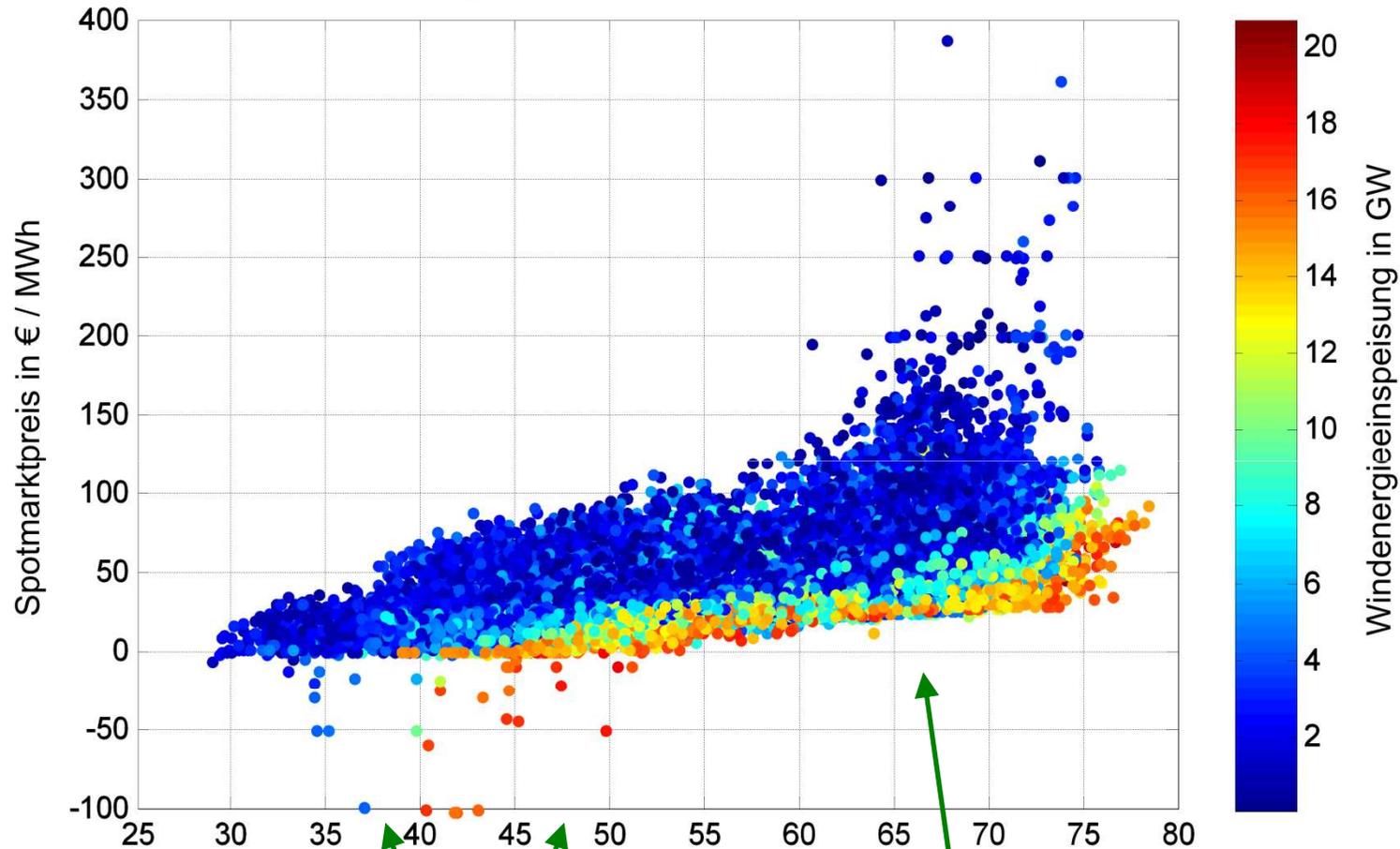


2. Erneuerbares Methan – Power-to-Gas - Vorteile

- Nutzung der vorhandenen Infrastruktur
 - Pipelines, Speicher, Kraftwerke, BHKW, Herde, Heizungen, Fahrzeuge
 - Immense Kostenersparnis; Austauschgas statt Zusatzgas
- Langzeitspeicherung von EE im Erdgasnetz – „ohne“ Begrenzung
 - CH₄ (Erdgas) Langzeitspeicherung technisch erprobt und vorhanden
 - Kombination mit Biogas / Bioethanol oder CO₂ recycling im Gaskraftwerk
- CO₂-neutraler kohlenstoff-basierter Energieträger für Verkehr (und Wärme)
 - hohe Energiedichte, keine Begrenzung der KFZ-Reichweite
 - weniger Konkurrenz zu Nahrung bzw. landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Minderung der Importabhängigkeit von Erdgas und Transportstaus
 - Übertragungskapazität von Gas vs. Strom: eine Größenordnung höher
 - „Gas“ aus der Sahara – Pipeline zw. Algerien und Spanien vorhanden

Korrelation Wind & Last & EEX – deutliche Zusammenhänge

stündliche aufgelöste Daten für 2007 und 2008

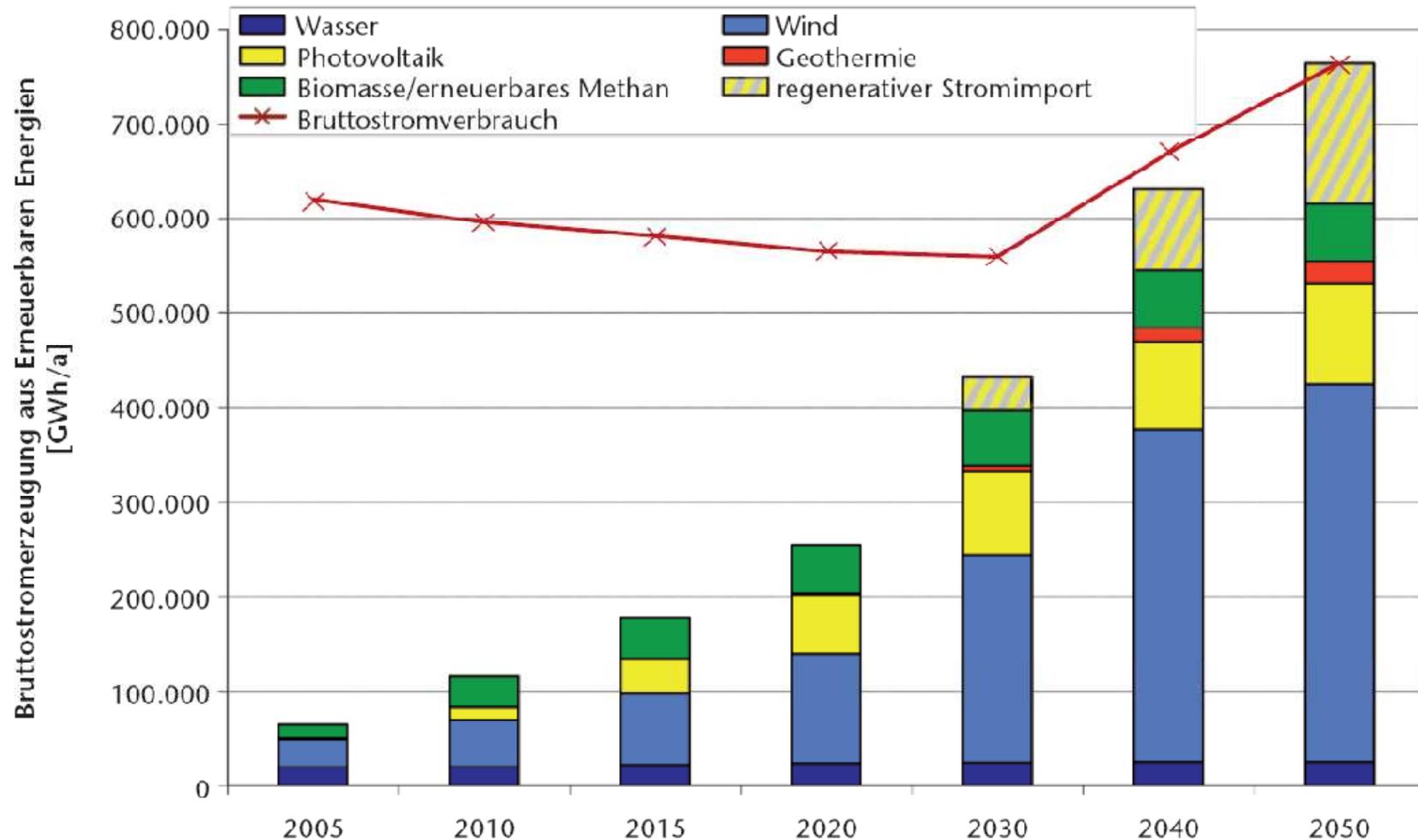


Negative Strompreise
zu Schwachlastzeiten bei wenig / viel Wind

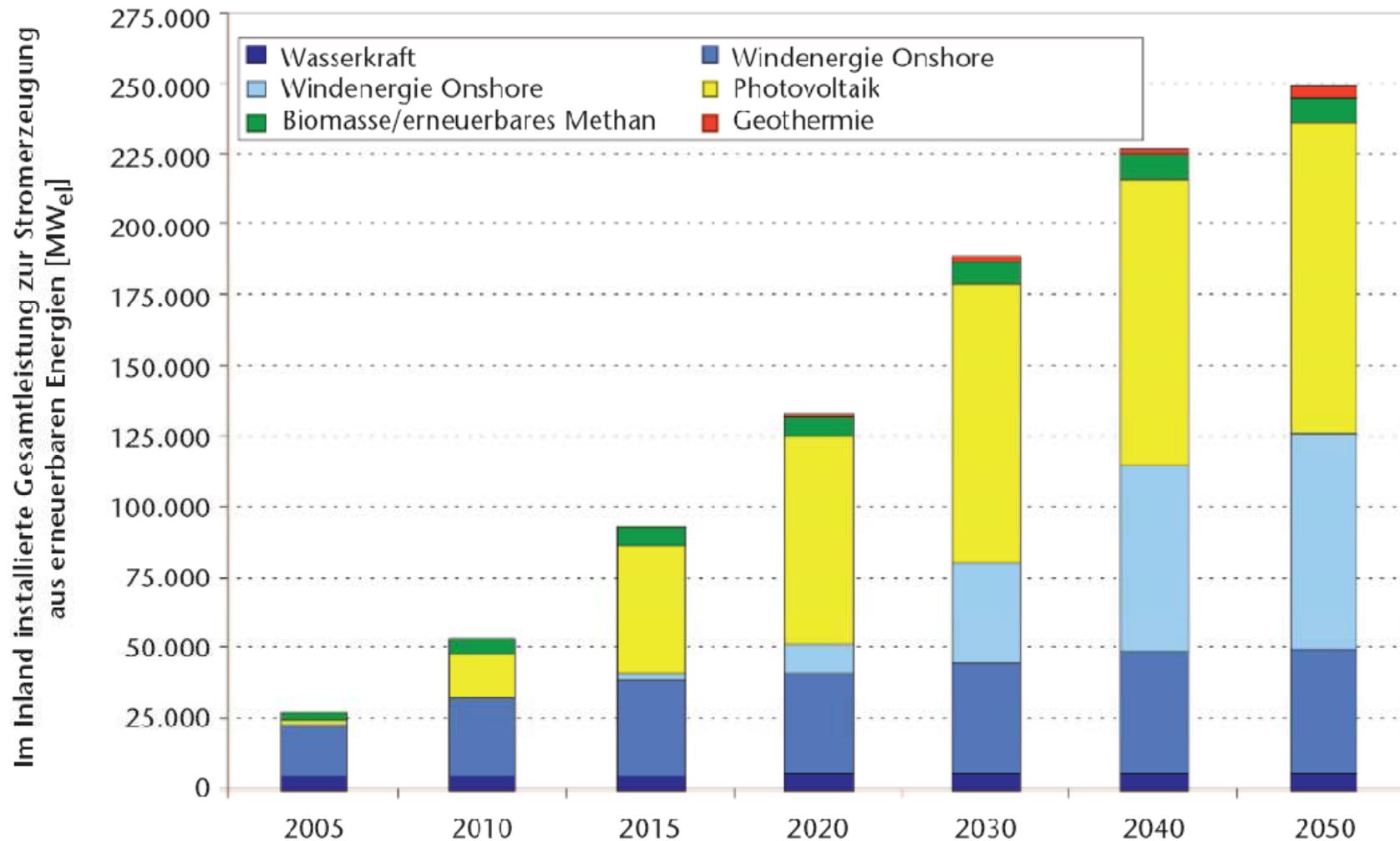
Wind senkt den Spotmarktpreis

Quelle: IWES - work in progress, 2010

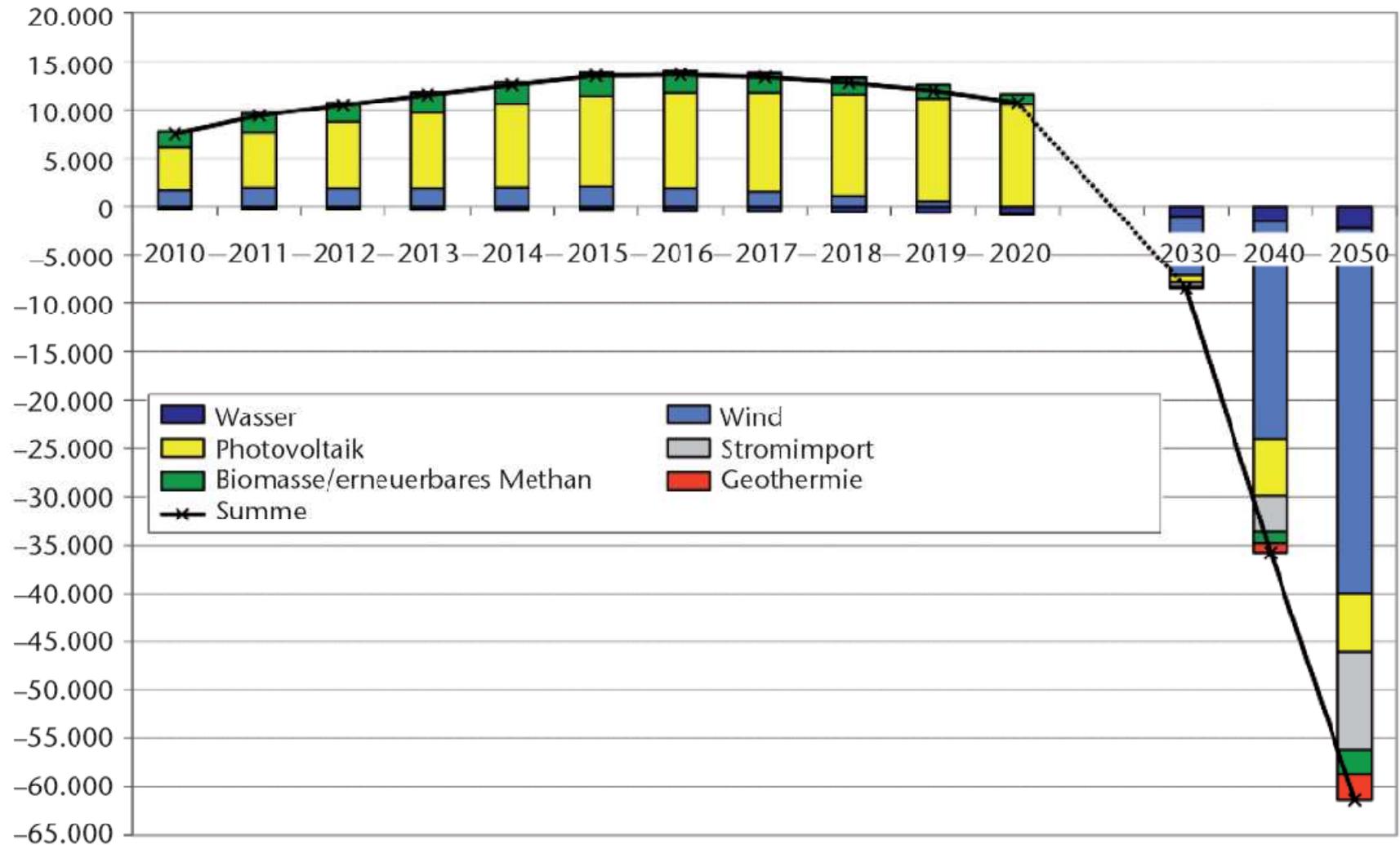
Das FVEE Szenario für 100% EE Deutschland: Stromerzeugung



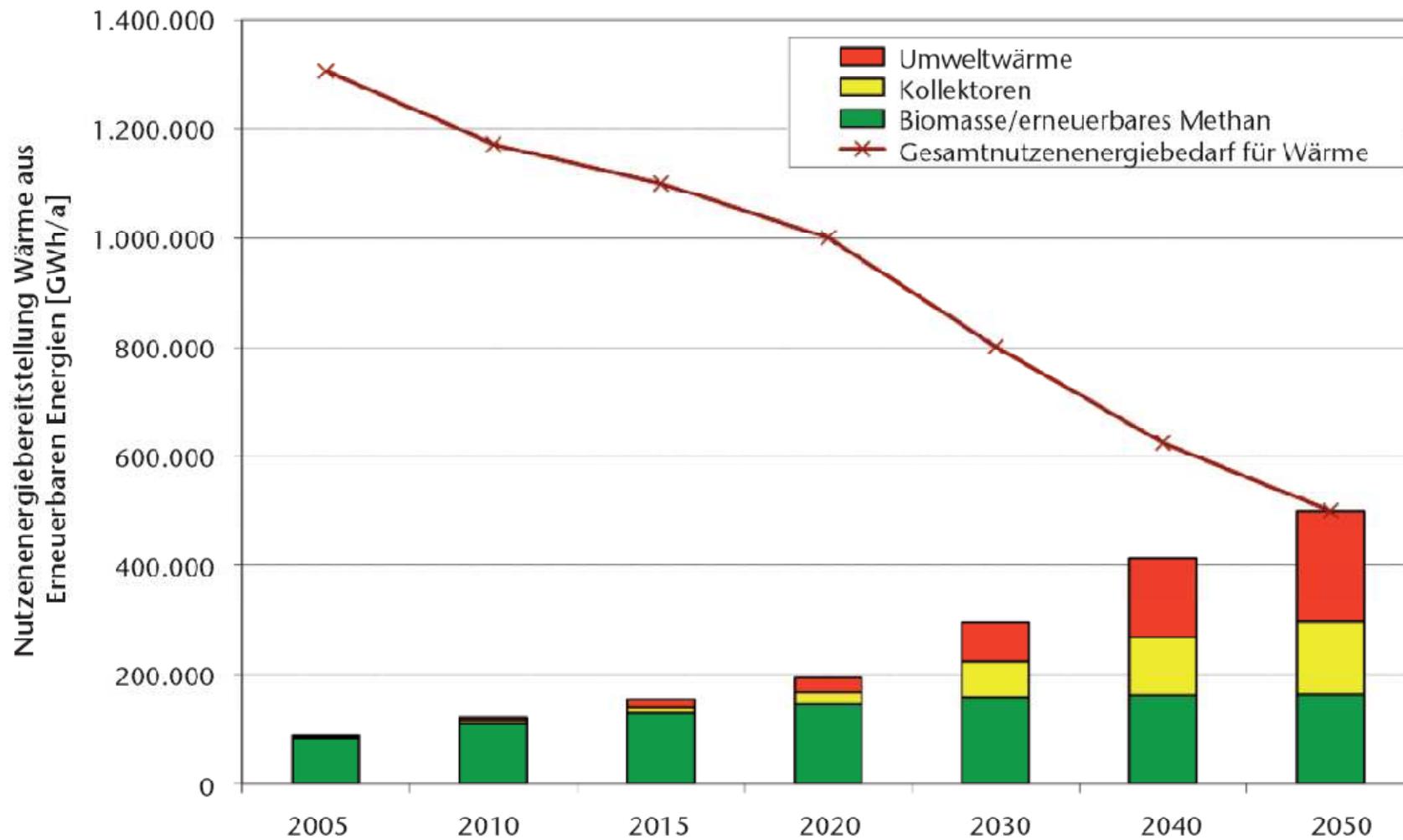
Das FVEE Szenario für 100% EE Deutschland: Installierte Leistung



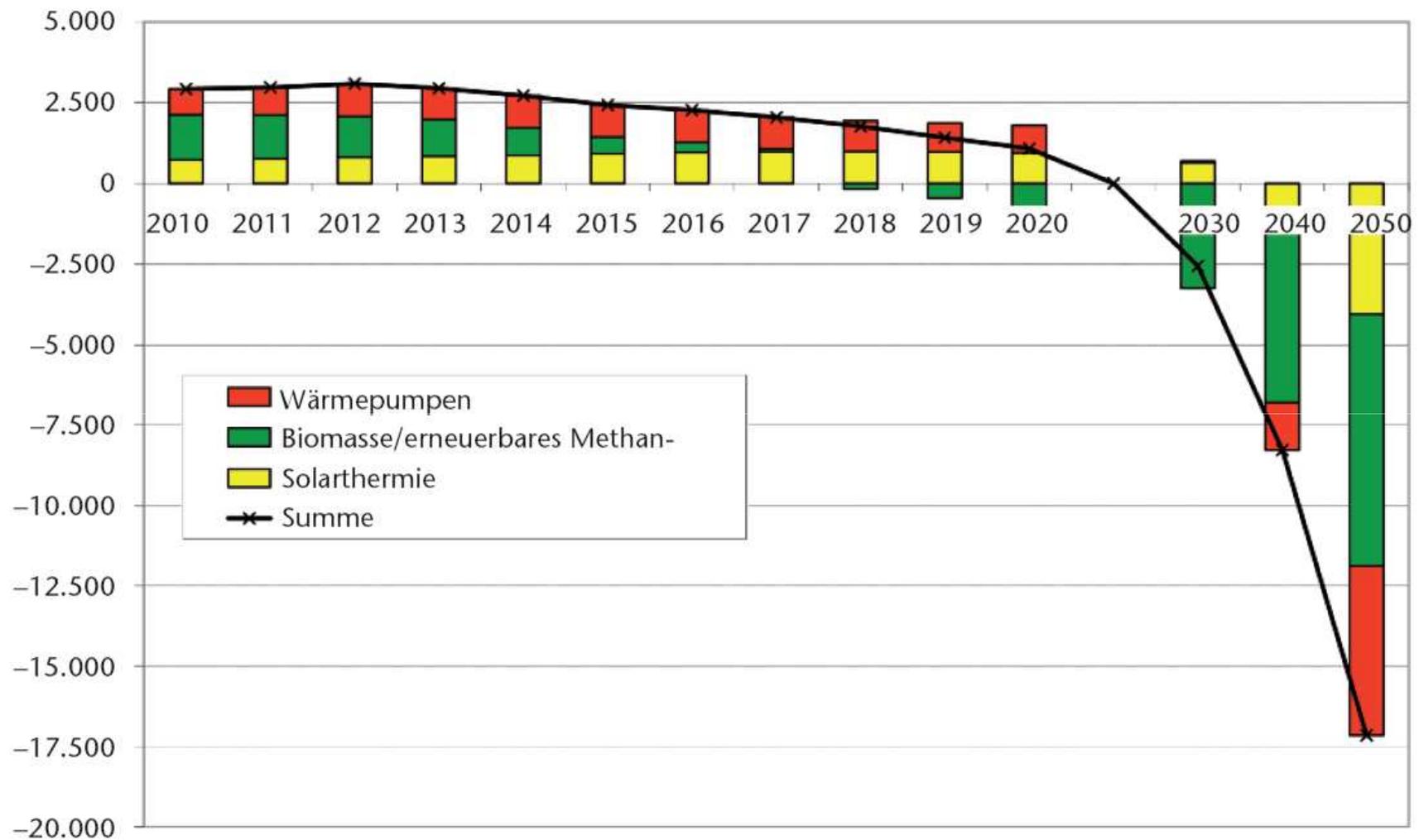
Differenzkosten der Stromerzeugung in Mio. EUR



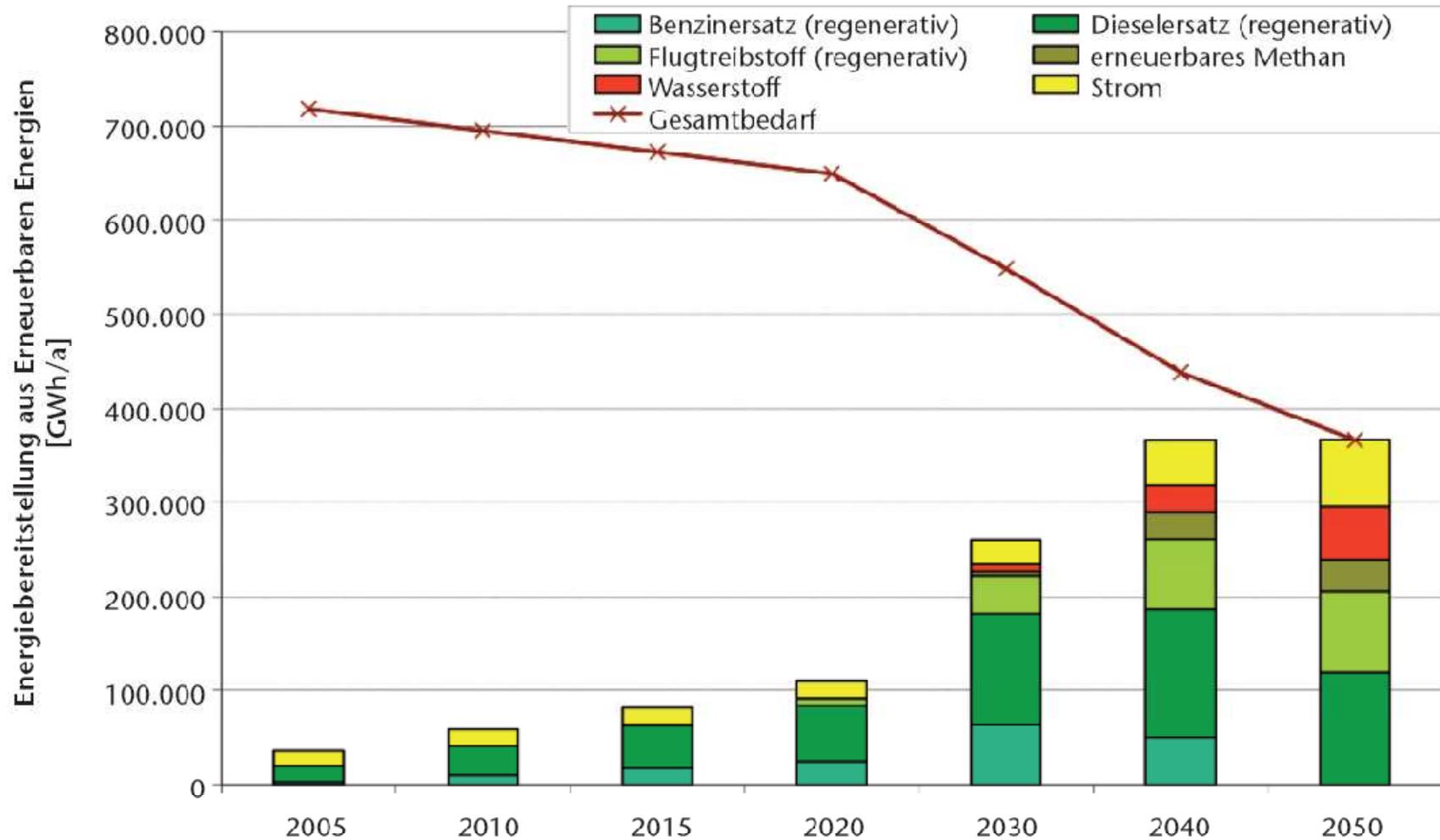
Das FVEE Szenario für 100% EE Deutschland: Wärmesektor



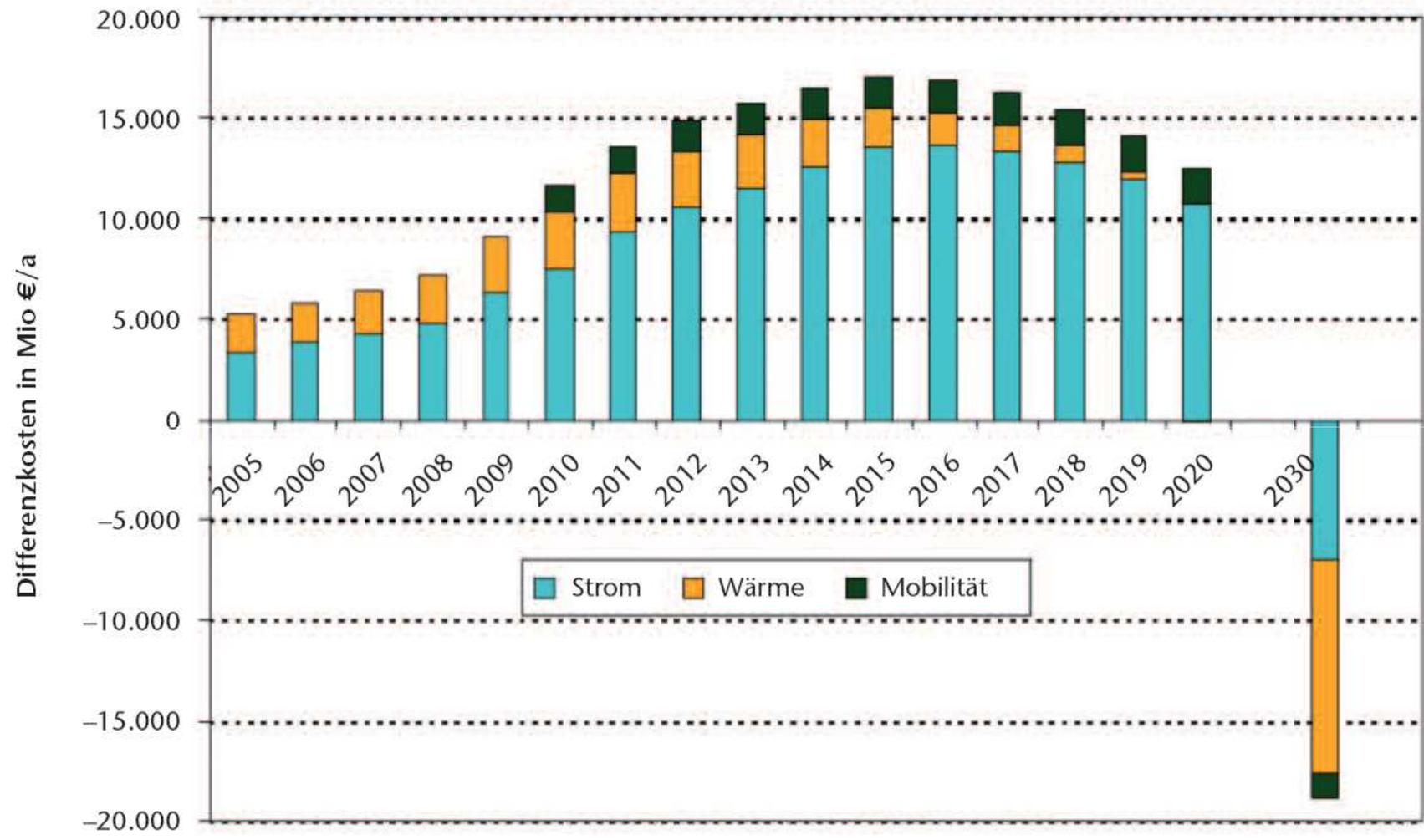
Differenzkosten in Mio. EUR der Wärmebereitstellung



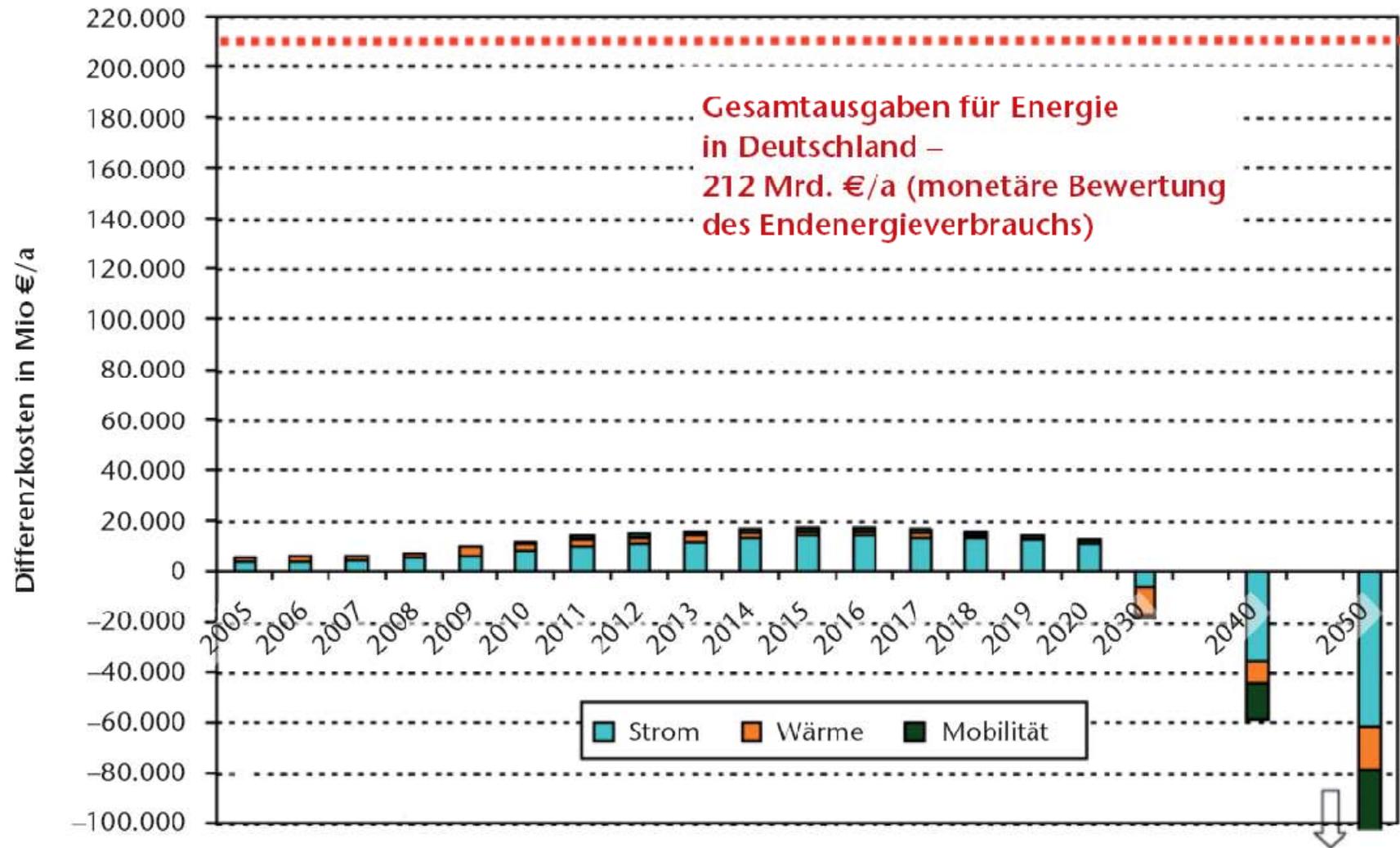
Das FVEE Szenario für 100% EE Deutschland: Verkehrssektor



FVEE Konzept - Differenzkosten in Mio. EUR – alle Bereiche



FVEE Konzept - Differenzkosten in Mio. EUR – in Relation



Zusammenfassung

- Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist
 - technisch möglich
 - ökonomisch vorteilhaft auf lange Sicht
 - ökologisch / klimatechnisch notwendig

- Herausforderungen
 - Umbau der Energieversorgungsstrukturen
 - Hoher Investitionsaufwand zu Beginn
 - Technologie- und Wissenstransfer
 - "Transformation" des Bewusstseins
(EE und konv. Energiewirtschaft zusammenbringen & Menschen mitnehmen)

- Entscheidend
 - politischer Wille und Bewusstseinswandel

Vielen Dank

Kontakt



Dr.-Ing. Michael Sterner

Fraunhofer Institut für Windenergie und
Energiesystemtechnik

Leiter Energiewirtschaft und Systemanalyse

+49 – 561 – 72 94 361

msterner_at_iset.uni-kassel.de



www.iwes.fraunhofer.de

www.wbgu.de (Gutachten frei verfügbar)