Fraunhofer IWES
Energiesystemtechnik

Norman Gerhardt

Berlin, 21. November 2016

Plattform Strommarkt

-

Die Rolle von Sektorkopplung und Flexibilisierung zur kosteneffizienten Zielerreichung

-

auf Basis der Studie Interaktion Strom, Wärme, Verkehr

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer
IWES

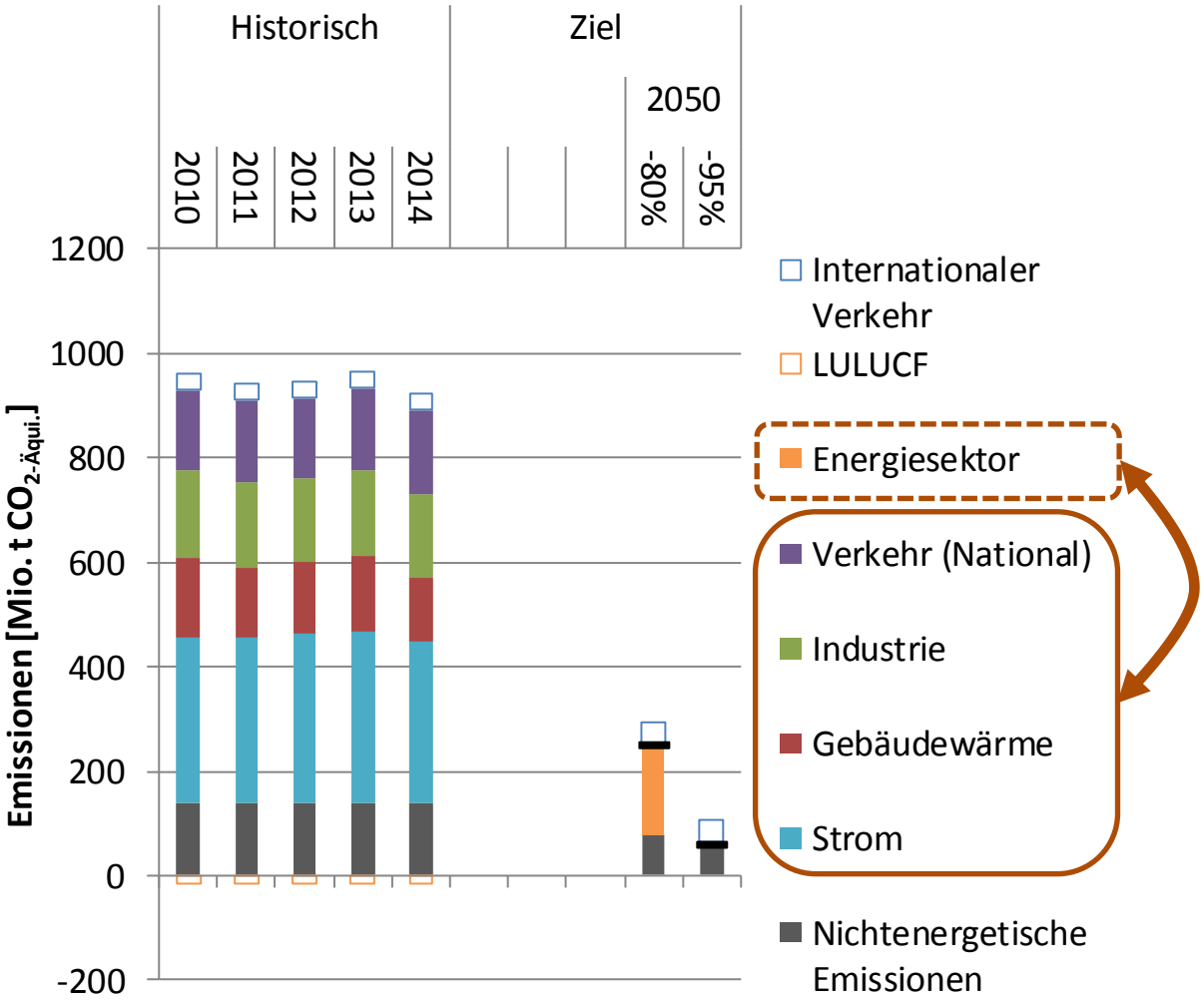
Gliederung

- Motivation
- Szenario für unteres Klimaziel 2050 kosteneffizient
  - Kosteneffiziente Sektorkopplung → direktelektrisch
  - Kosteneffiziente Flexibilisierung
    → Rangfolge: Netze und Import/Export, flexibler Kraftwerksbetrieb, flexibler Betrieb WP und EMobilität, Hybridsysteme, H_2/P2G
- Effizienz zentral um Kosten/Stromverbrauch zu begrenzen
- Lösungsraum 2050 – unteres/oberes Klimaziel
  - Rolle E-Mobilität
  - Rolle Wärmepumpen
- Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

© Fraunhofer IWES

Unsere langfristigen Klimaziele sind sehr ambitioniert

- Klimaziele 2050 Reduktion von -80% bis -95% der Treibhausgase
- COP21 Paris
- Konsequenzen für Energiesektor
  - Strom
  - Wärme/Industrie
  - Verkehr



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Motivation für Sektorkopplung

- Sektorkopplung geht nicht von Stromerzeugung aus

- Es geht nicht darum „überschüssigen Wind- und PV-Strom“ zu nutzen bzw. Flexibilitätsoptionen für den Strommarkt zu finden

→ **Sektorkopplung** dient der Dekarbonisierung und geht von den Sektoren aus, die Strom brauchen um CO_2-Ziele zu erreichen!

→ Für diese Sektoren muss zusätzlicher Wind- und PV-Strom ausgebaut werden!

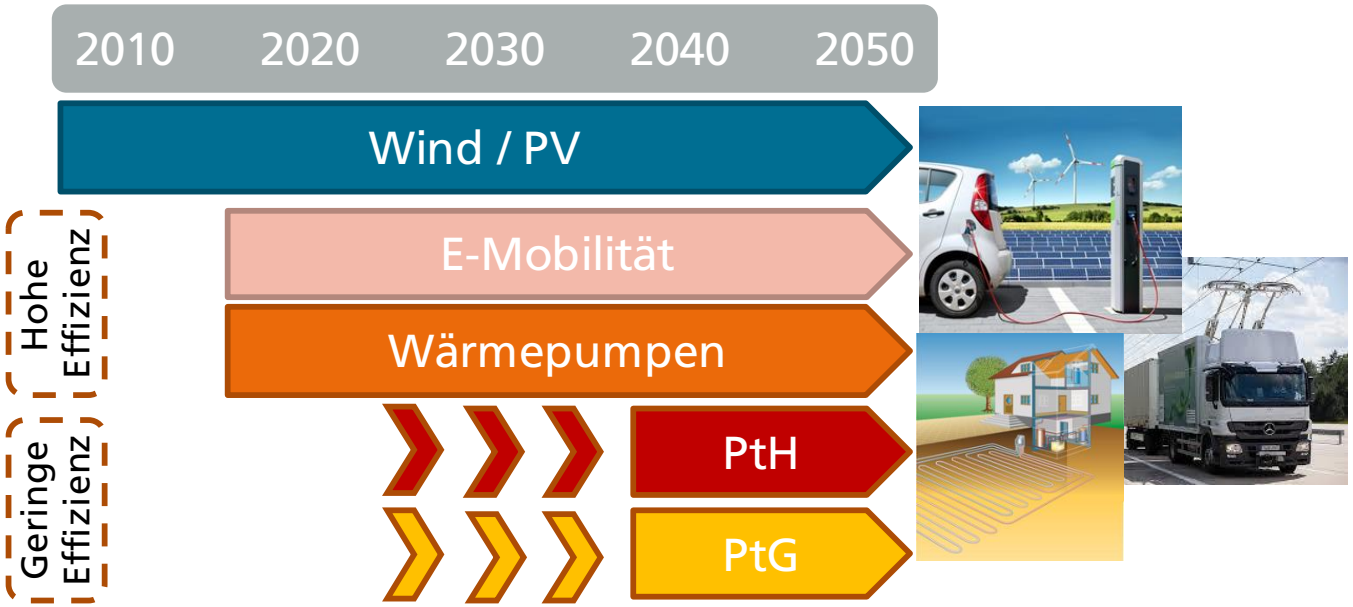
→ **Flexibilitä**t aus der Sektorenkopplung ist dabei eine zusätzliche Anforderung für ein effizientes Gesamtsystem!

© Fraunhofer IWES

Welche Schlüsseltechnologien sind erforderlich?

- Große Vielfallt an Technologien – aber zwei grundsätzliche Einteilungen:

1. E-Mobilität und Wärmepumpen:
   auch unter Graustrommix
2. Elektrodenkessel (PtH) und Elektrolyse (PtG):
   Verfügbarkeit von Stunden mit 100%EE-Strom



Innovationen:

- Pkw: BEV, PHEV, REEV; OH-Lkw, …
- Dezentral. Luft-WP, Sole-WP; Groß-WP in der Industrie und in Wärmenetzen, …
- Elektrodenkessel in der Industrie und in Wärmenetzen; dezentral Heizstäbe, …
- H_2, PtG, PtL, …
- Neue el. Verfahren in der Industrie

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

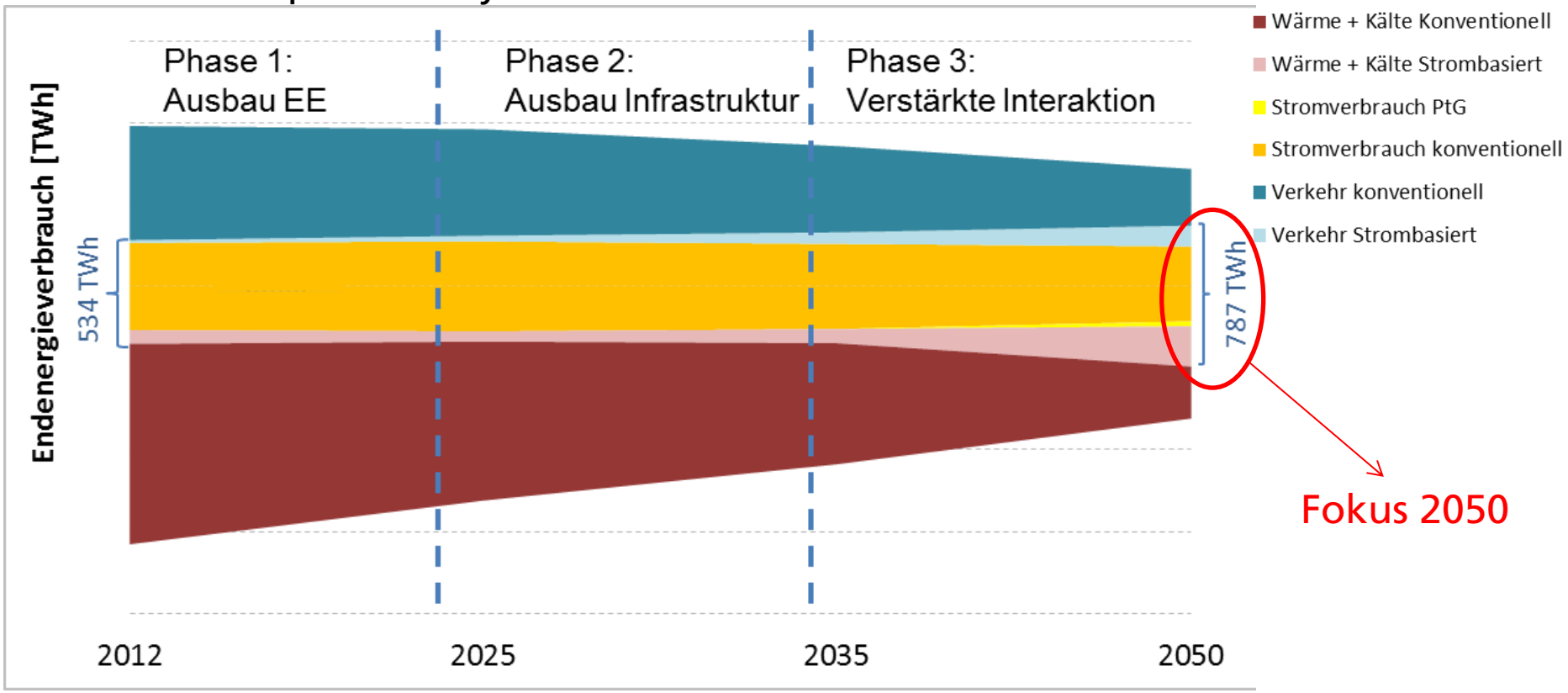
Gliederung

- Motivation
- Szenario für unteres Klimaziel 2050 kosteneffizient
  - Kosteneffiziente Sektorkopplung → direktelektrisch
  - Kosteneffiziente Flexibilisierung
    → Rangfolge: Netze und Import/Export, flexibler Kraftwerksbetrieb, flexibler Betrieb WP und EMobilität, Hybridsysteme, H_2/P2G
- Effizienz zentral um Kosten/Stromverbrauch zu begrenzen
- Lösungsraum 2050 – unteres/oberes Klimaziel
  - Rolle E-Mobilität
  - Rolle Wärmepumpen
- Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

© Fraunhofer IWES

Sektorkopplung in der Entwicklung bis 2050?

- Sektorkopplung = Effiziente Nutzung von EE-Strom zur Dekarbonisierung anderer Sektoren
- Roadmap Gesamtsystem:

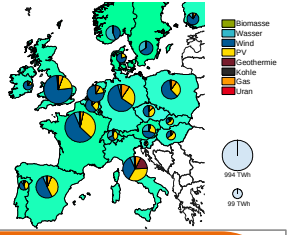


→ Effizienz als Kombination von Verbrauchsreduktion und Elektrifizierung

© Fraunhofer IWES

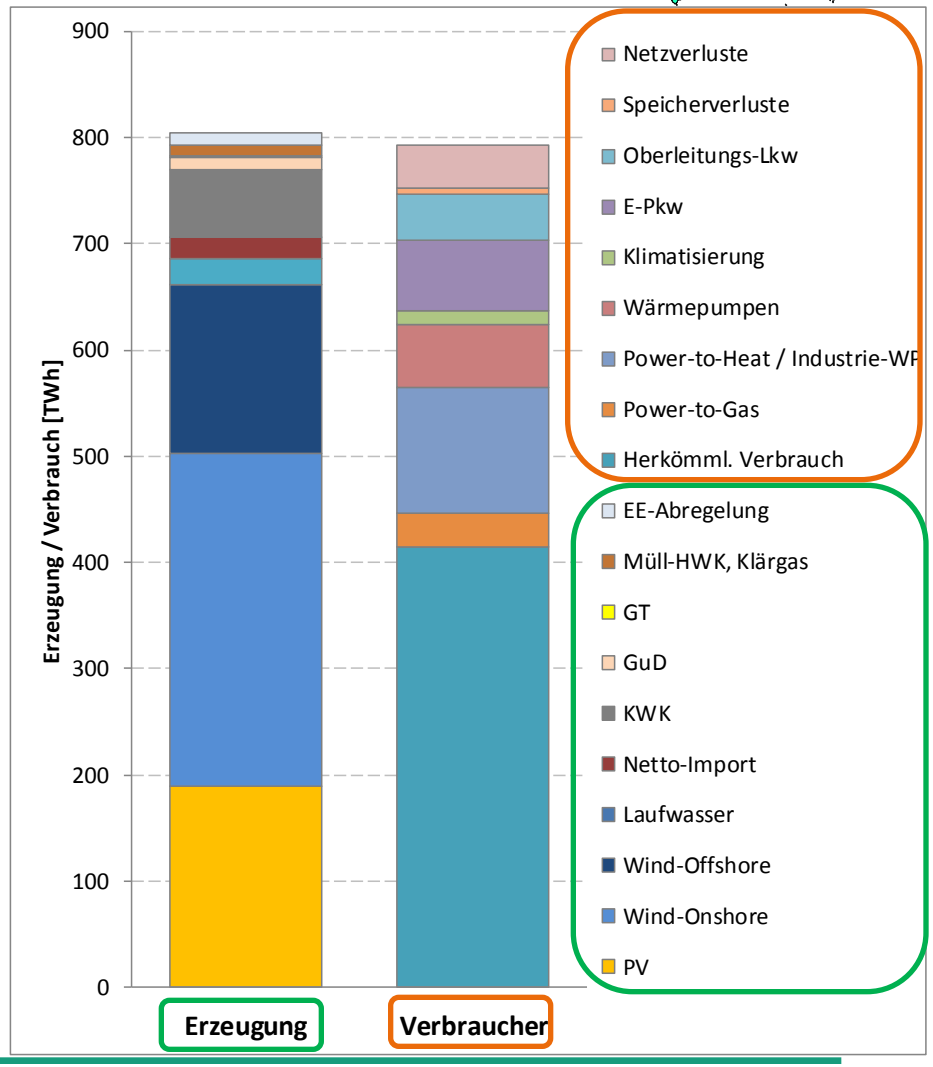
Fraunhofer IWES

Deutschland 2050 - Stromverbrauch und -erzeugung



- THG-Minderungsziel von -83% (europäischer Lastenausgleich)
- Begrenzte Biomasse
  2 Mio. ha NaWaRo unterstellt
- Inkl. internationaler Verkehr
- Optimale Strombilanz 2050: Steigerung Nettostromverbrauch von
  - Heute 560 TWh
  - auf 800 TWh in 2050
- Rückwirkungen auf den EE-Ausbau
  - Langfristig hoher PV-Anteil wirtschaftlich
  - Sehr hohe EE-Leistungen für eine flukt. EE-Stromerzeugung von 670 TWh

→ **Effizienz ist sehr wichtig um EE-Ausbaubedarf im Rahmen zu halten**



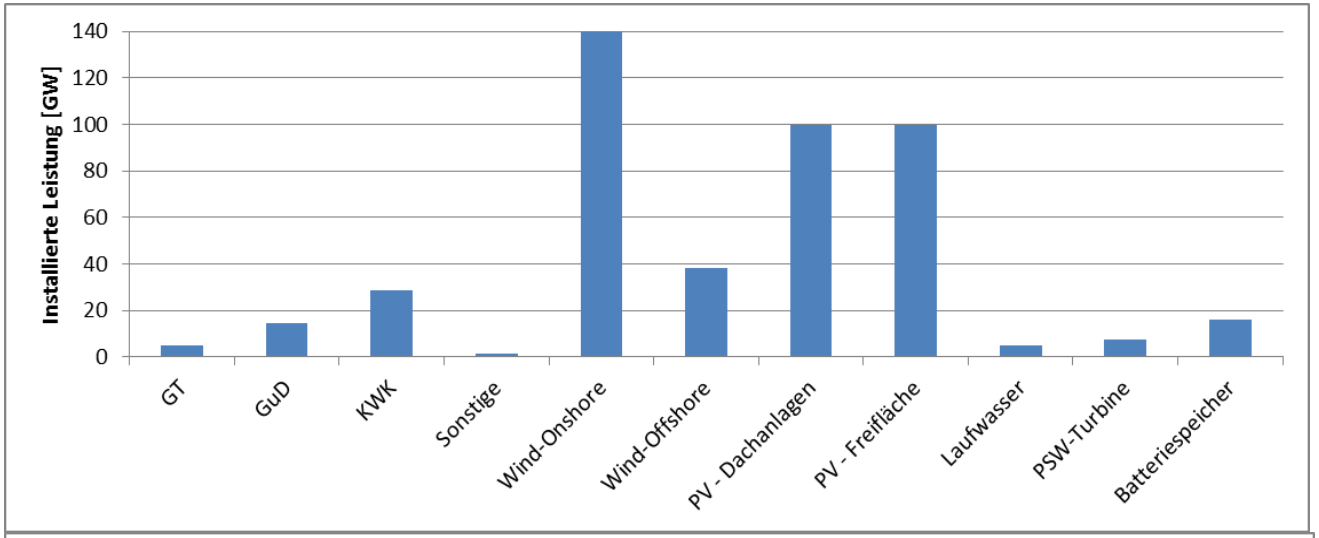
© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

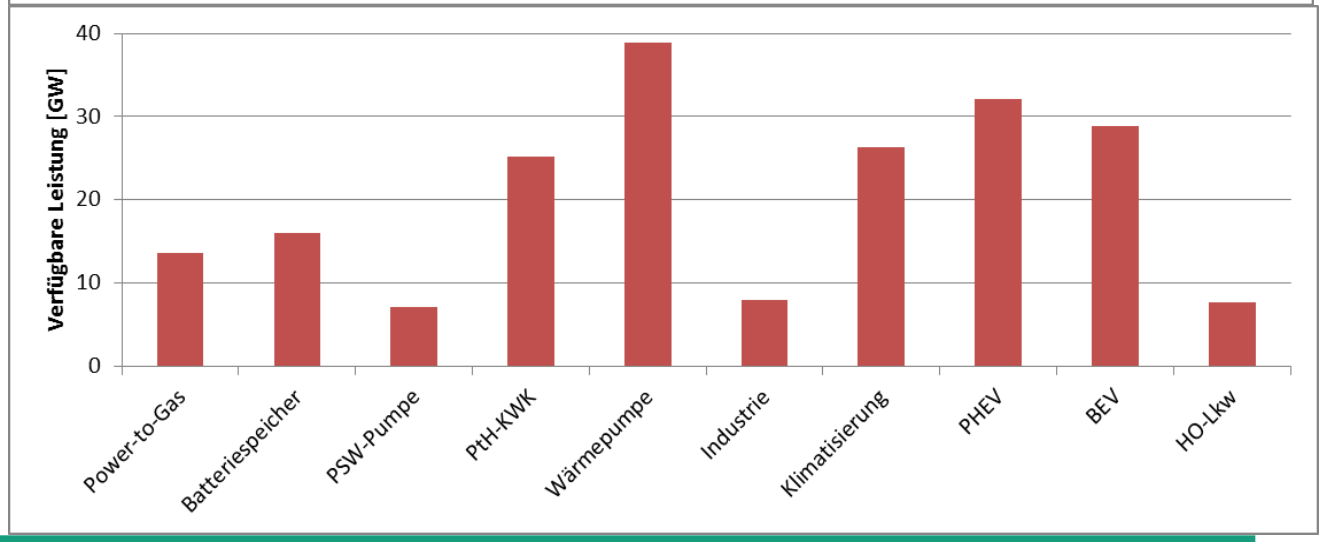
Insbesondere das Potenzial dezentraler Flexibilität muss gehoben werden!

Leistungen 2050:

- einer hohen fluktuierenden **Erzeugungs-leistung**



- steht ein flexibler **Stromverbrauch** gegenüber



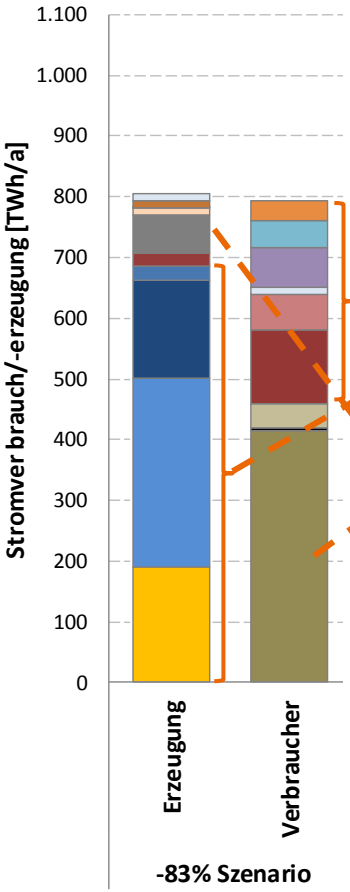
→ Wind- und PV können effizient ins System integriert werden

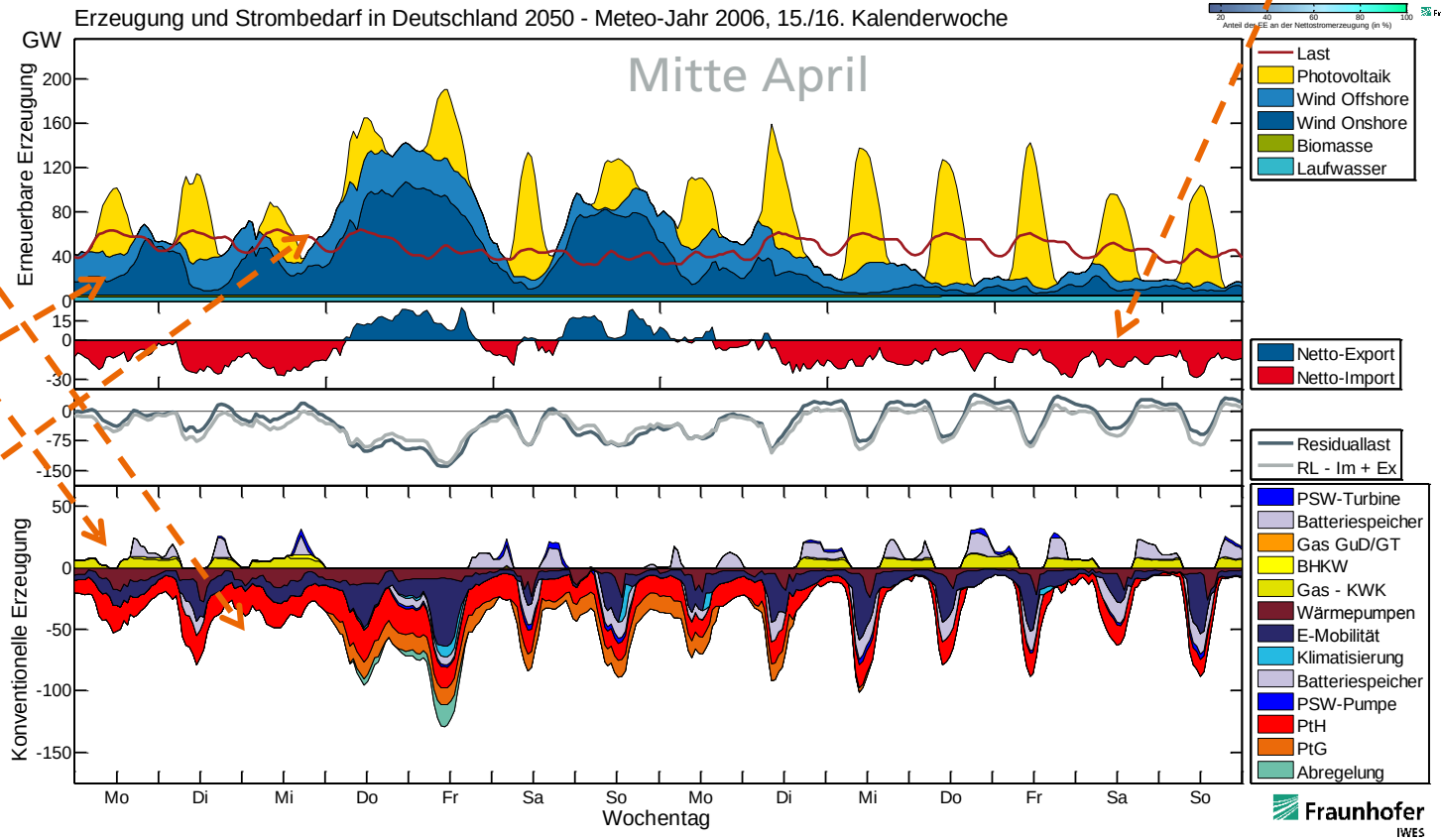
© Fraunhofer IWES

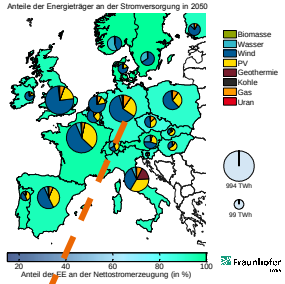
Fraunhofer IWES

Wie sieht eine von fluktuierender EE-Einspeisung dominierte Welt aus?

- 2 Wochen in 2050





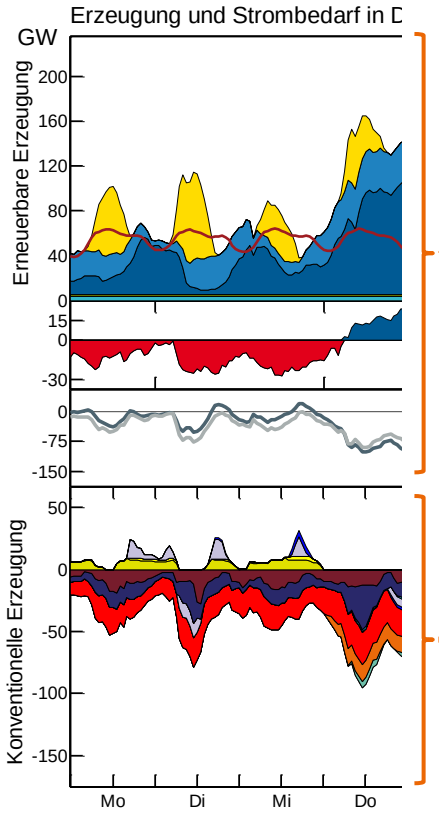


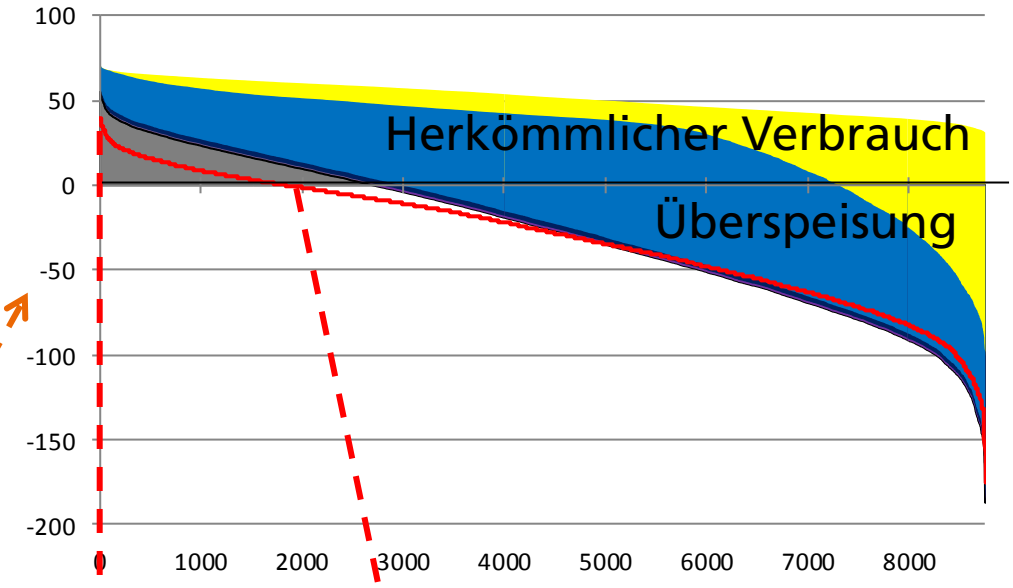
© Fraunhofer IWES

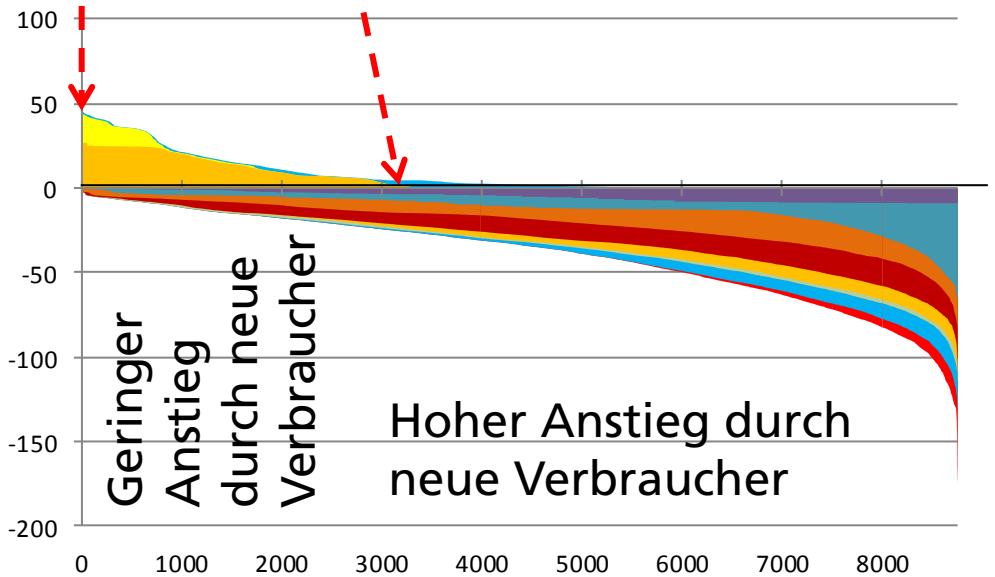
Fraunhofer IWES

Wirkung der Sektorkopplung

- Darstellung als Jahresdauerlinien







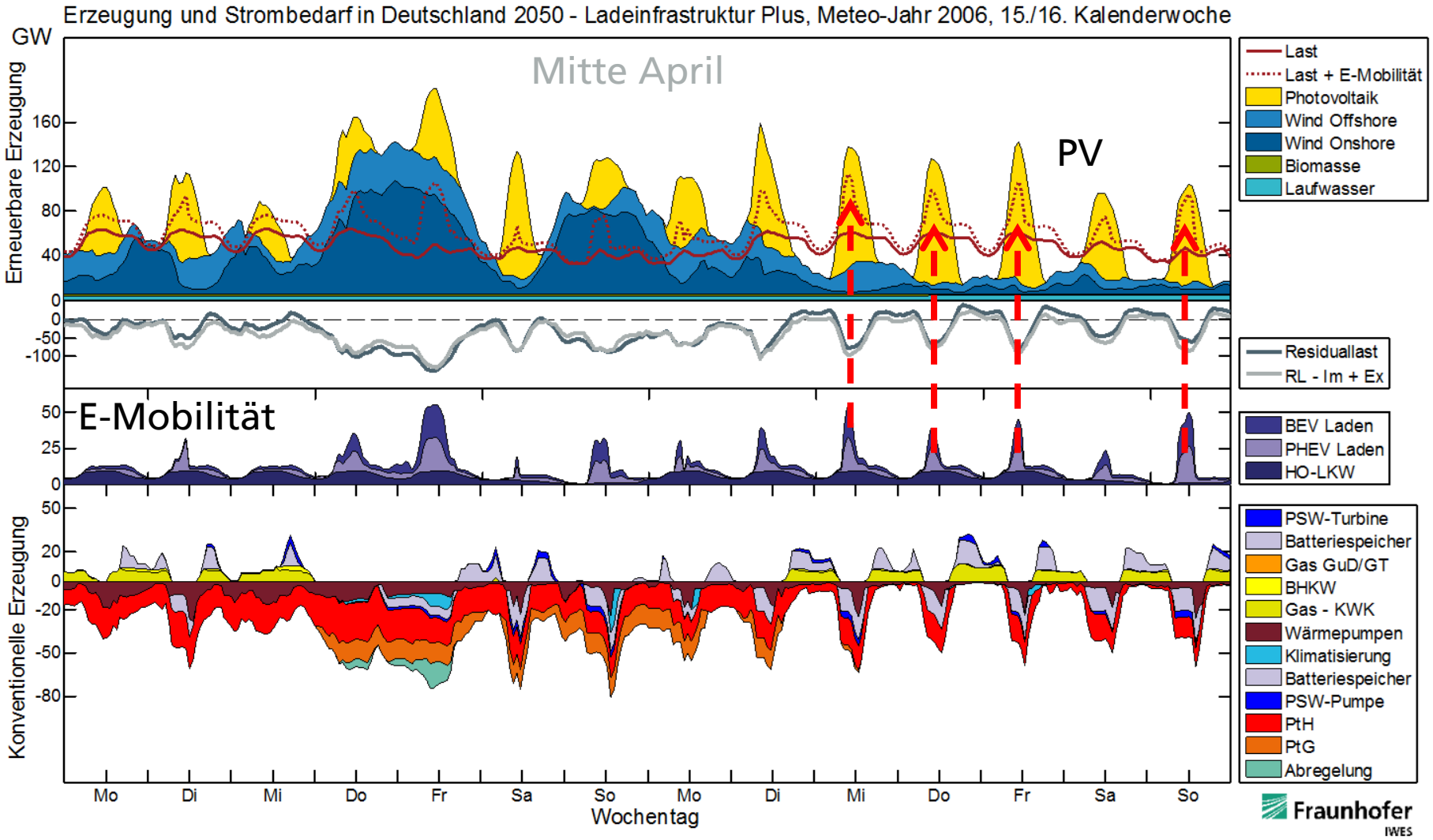
© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Hohe Bedeutung von neuen flexiblen Verbrauchern

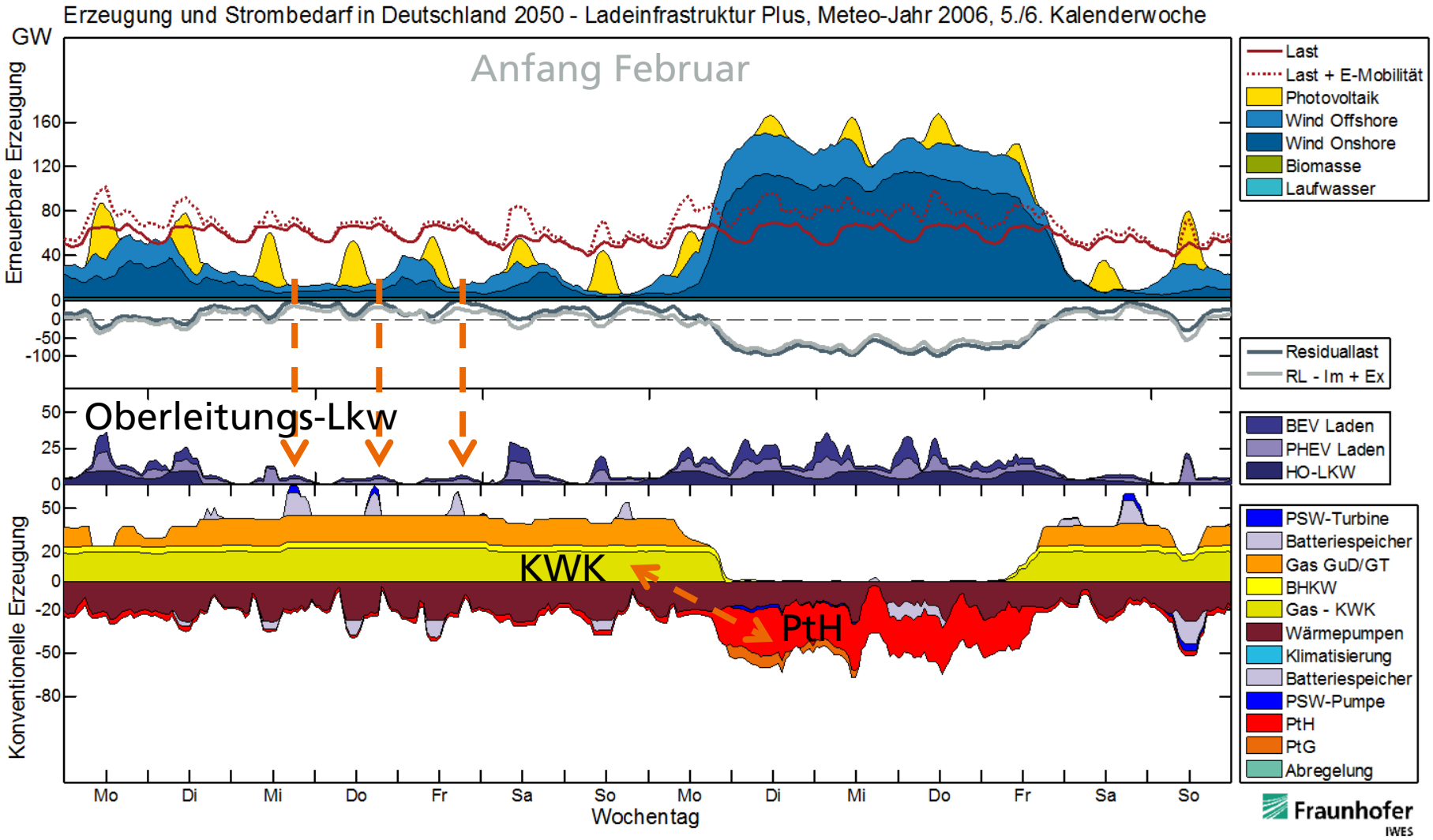
- Sommer/Übergangszeit – E-Mobilität integriert PV

www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/



Hohe Bedeutung von neuen hybriden Verbrauchern

- Winter – Oberleitungs-Lkw schaltet zur Höchstlast ab
  – Hybridsystem aus KWK + PtH



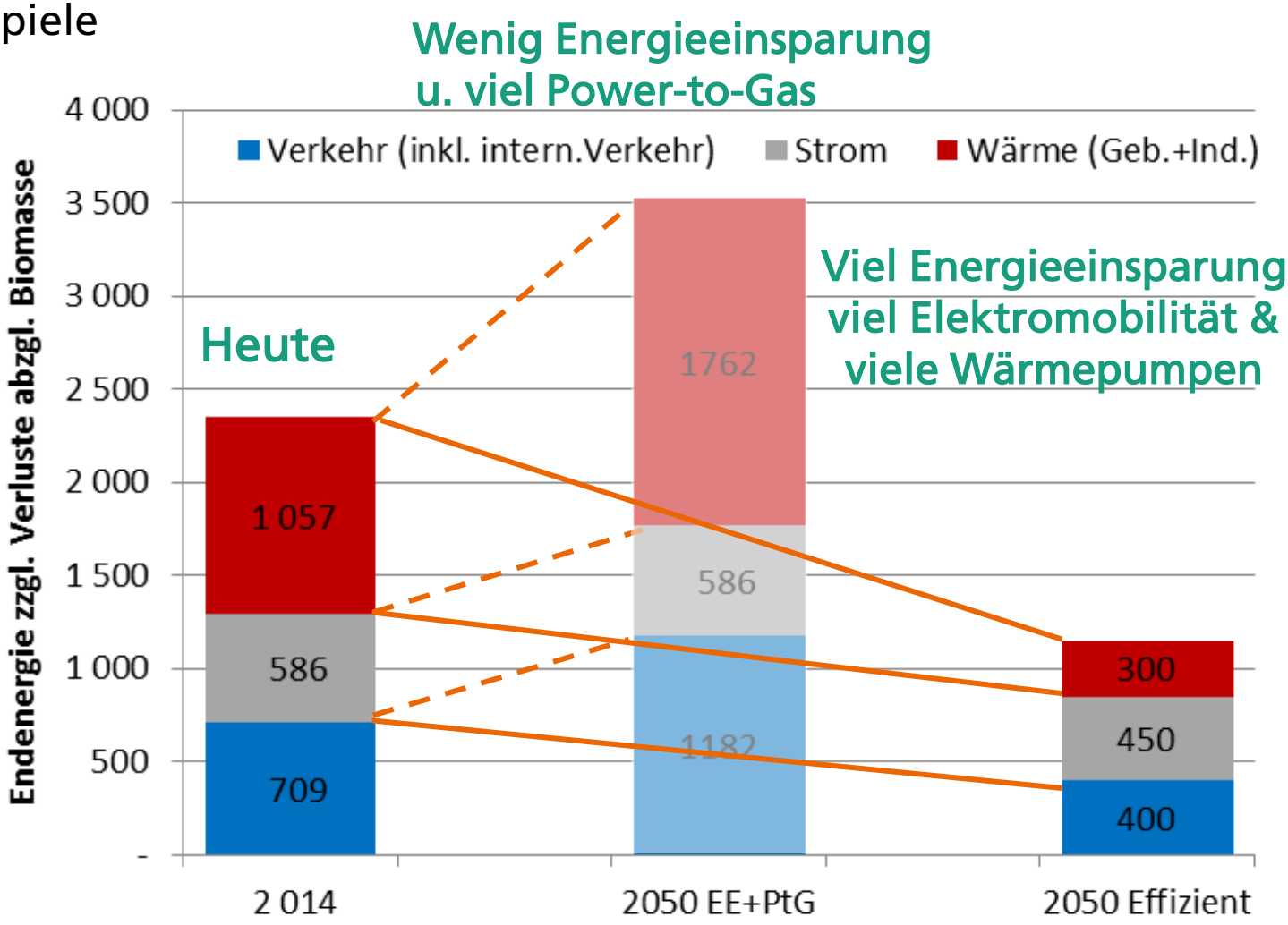
Gliederung

- Motivation
- Szenario für unteres Klimaziel 2050 kosteneffizient
  - Kosteneffiziente Sektorkopplung → direktelektrisch
  - Kosteneffiziente Flexibilisierung
    → Rangfolge: Netze und Import/Export, flexibler Kraftwerksbetrieb, flexibler Betrieb WP und EMobilität, Hybridsysteme, H_2/P2G
- Effizienz zentral um Kosten/Stromverbrauch zu begrenzen
- Lösungsraum 2050 – unteres/oberes Klimaziel
  - Rolle E-Mobilität
  - Rolle Wärmepumpen
- Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

© Fraunhofer IWES

Effizienz ist zentral um Stromverbrauch zu begrenzen

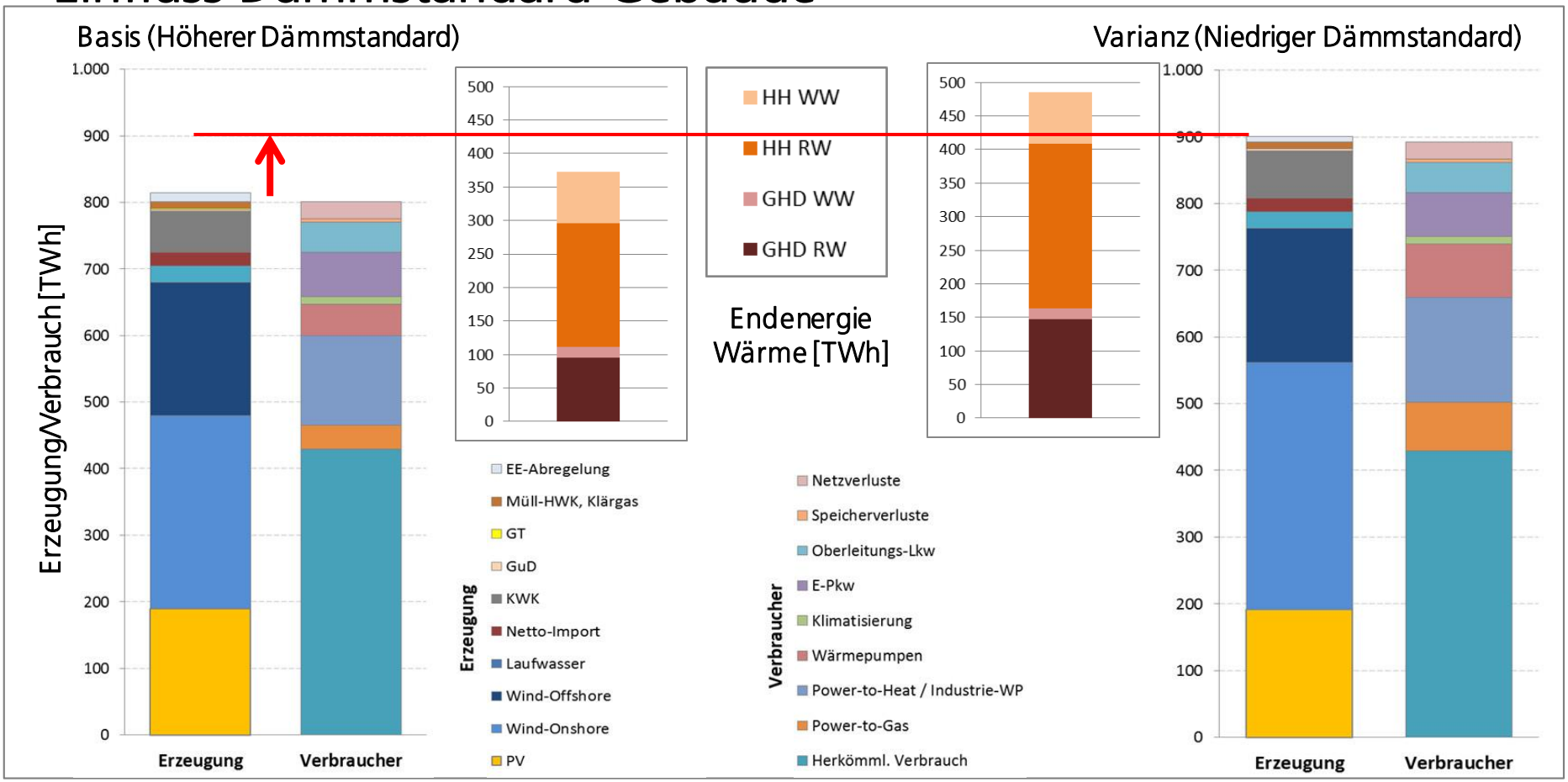
- 2 Extrem-Beispiele einer EE-Voll-versorgung



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Einfluss Dämmstandard Gebäude



- Bessere Dämmung: Einsparungen beim Wärmebedarf um 112 TWh + höheren JAZ bei WP

→ **Erhöhung des Strombedarfs um 99 TWh_{el}** um Klimaziel einzuhalten

© Fraunhofer IWES

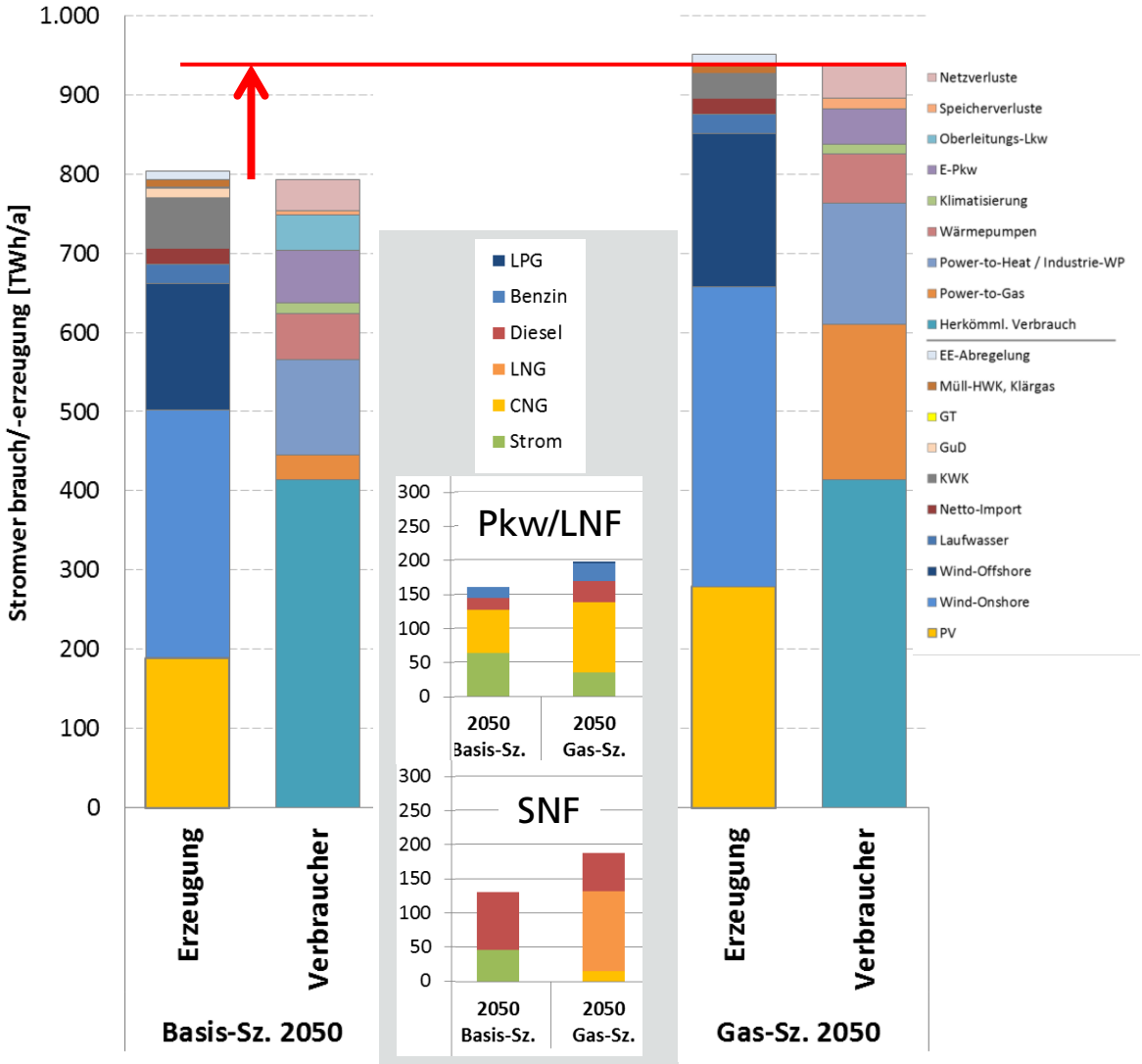
Fraunhofer IWES

Einfluss Grad der Elektrifizierung Verkehr

www.energieversorgung-elektromobilitaet.de/

- Kein Ober-leitungs-Lkw
- weniger E-Kfz
- mehr Gas

→ **höherer Strom-verbrauch von 144 TWh** um Klimaziel einzuhalten



Status Quo:
Stromerzeugung von 120 TWh aus Wind und Solar!

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

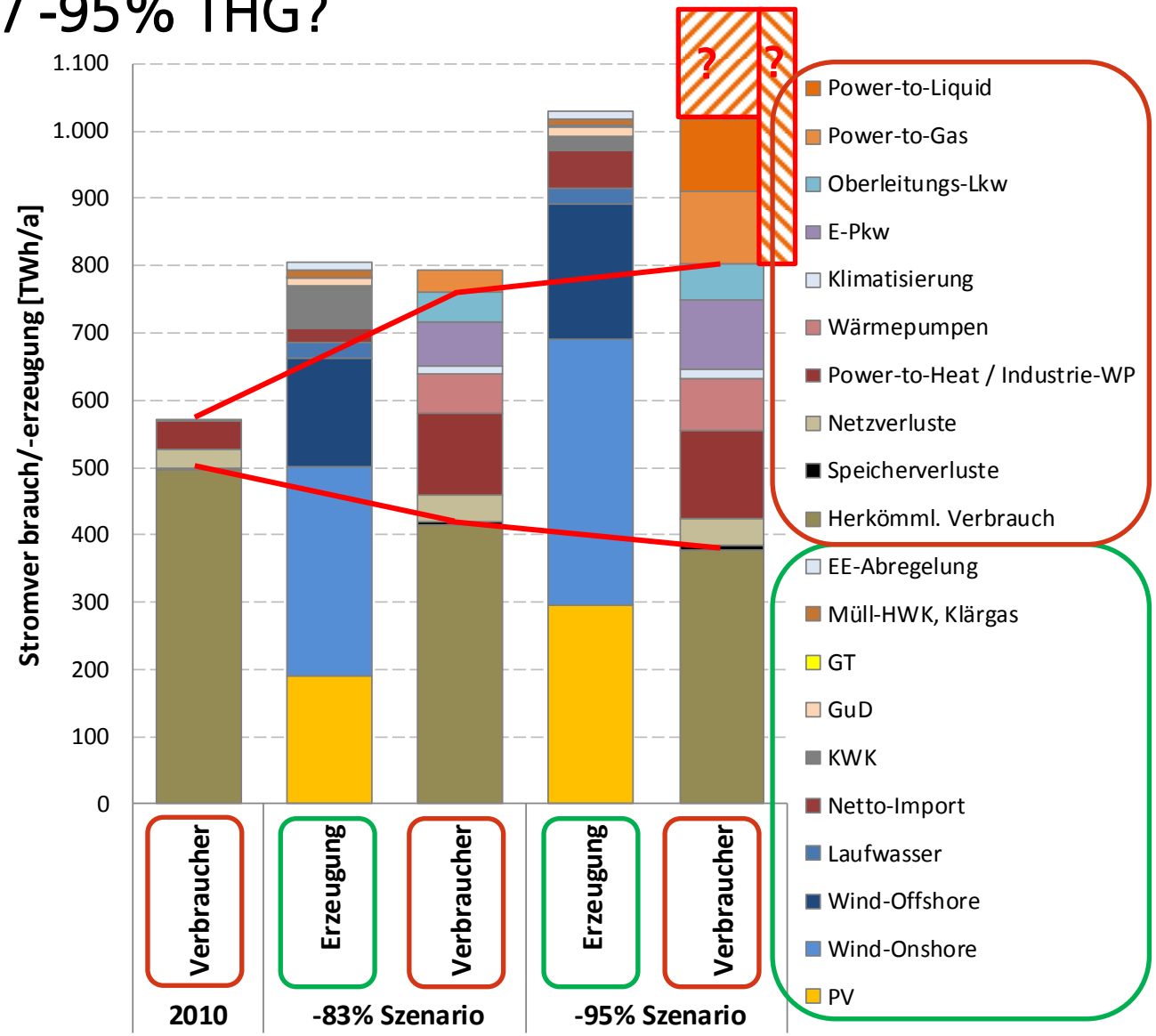
Gliederung

- Motivation
- Szenario für unteres Klimaziel 2050 kosteneffizient
  - Kosteneffiziente Sektorkopplung → direktelektrisch
  - Kosteneffiziente Flexibilisierung
    → Rangfolge: Netze und Import/Export, flexibler Kraftwerksbetrieb, flexibler Betrieb WP und EMobilität, Hybridsysteme, H_2/P2G
- Effizienz zentral um Kosten/Stromverbrauch zu begrenzen
- Lösungsraum 2050 – unteres/oberes Klimaziel
  - Rolle E-Mobilität
  - Rolle Wärmepumpen
- Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

© Fraunhofer IWES

Unterschied -80% / -95% THG?

- Anstieg PtG/PtL
- Max. Effizienz
- Max. direkte Strom-nutzung
- Frage: nationales PtG/PtL oder Importe?



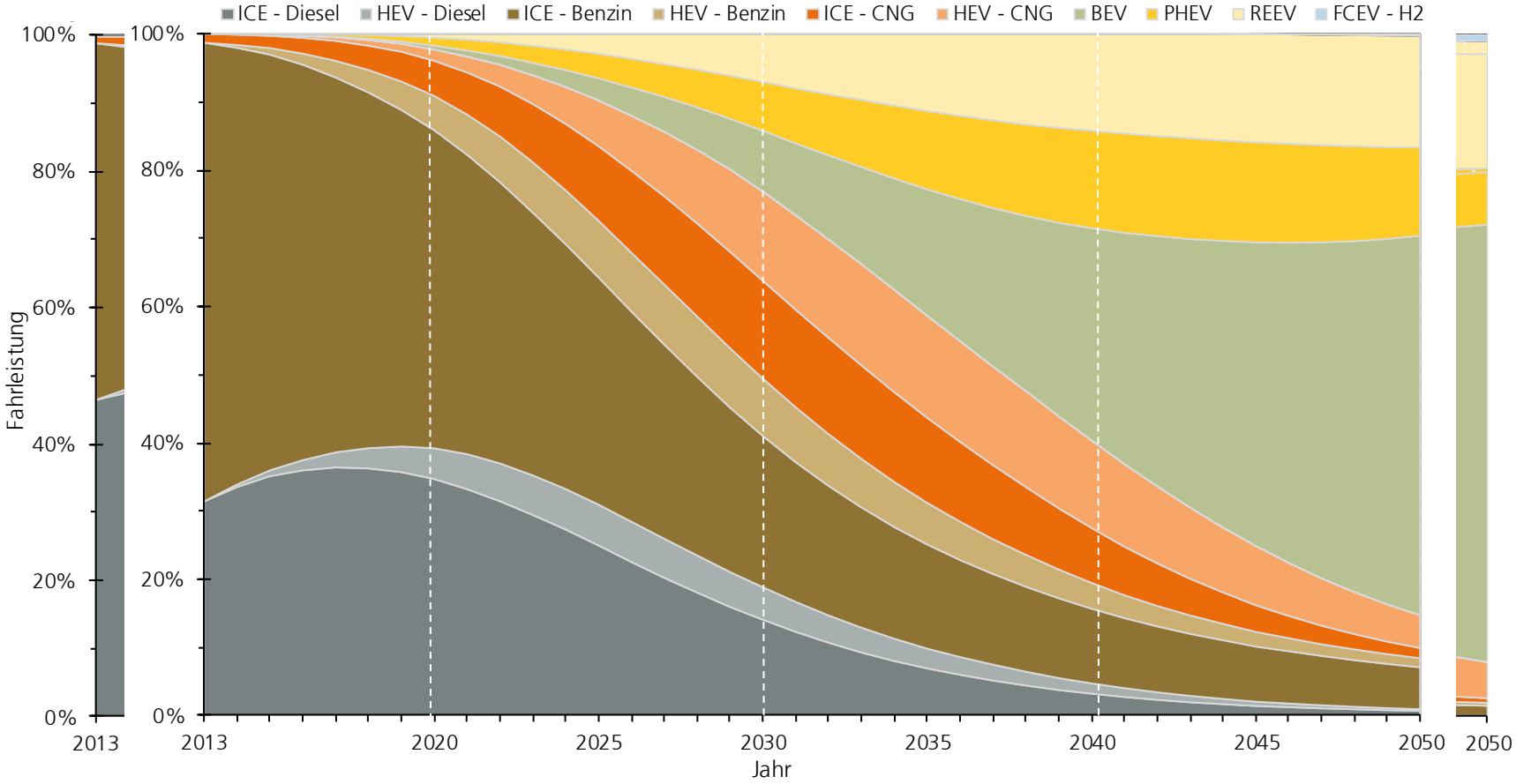
Aus: Projekt "Sektor-übergreifende Energiewende" für Agora Energiewende (in Bearbeitung)

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Bestandsentwicklung E-Kfz – ambitioniert

- Hoher E-Mobilitätsanteil
- Erdgas als Brückentechnologie

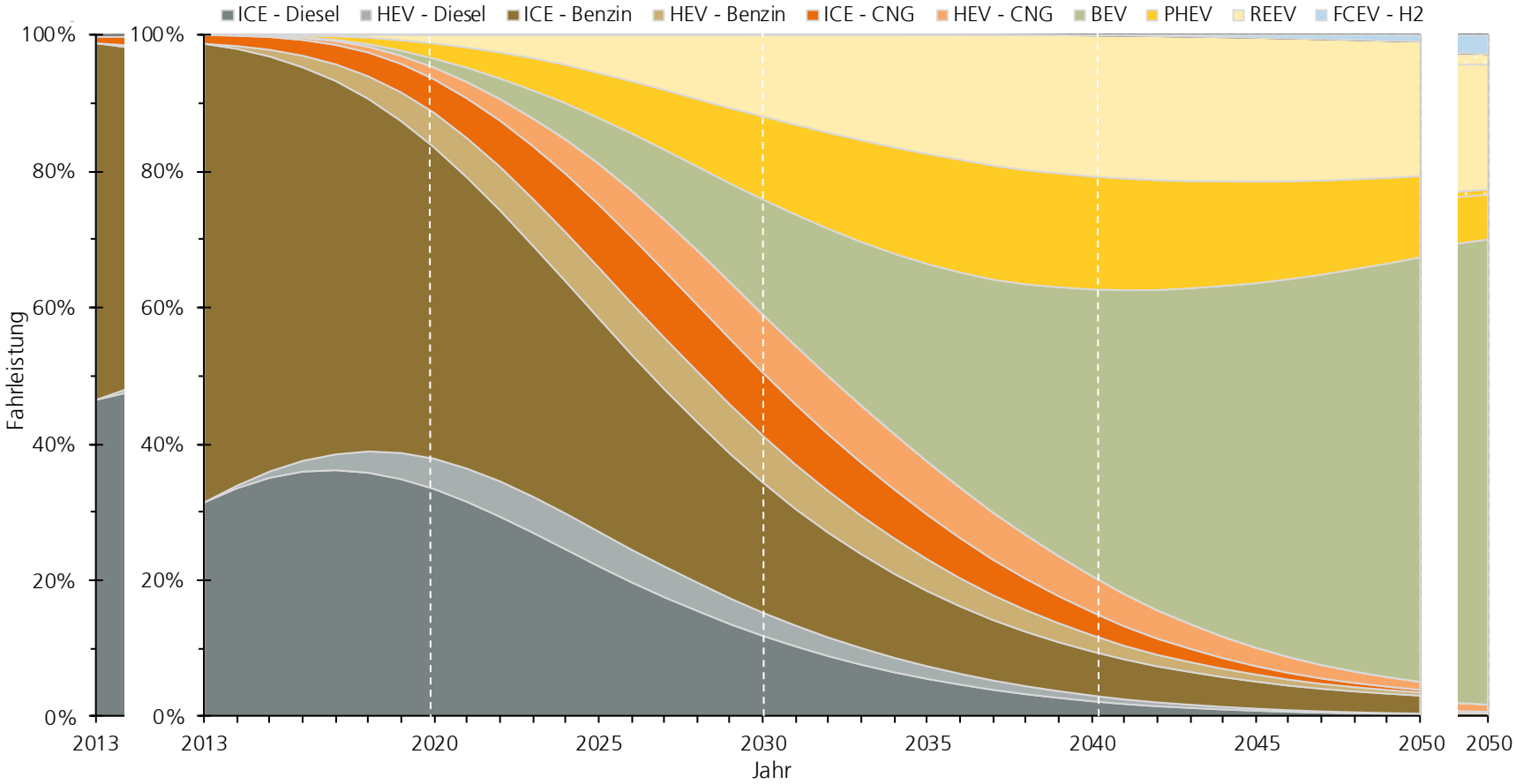


© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Bestandsentwicklung E-Kfz – 95%-Szenario → weitere Steigerung

- Sehr hoher Anteil E-Kfz und voll-elektrischer Fahrzeuge (BEV)
- Steigerung elektrischer Fahranteil – Hybrid (PHEV) und Oberleitungs-Lkw



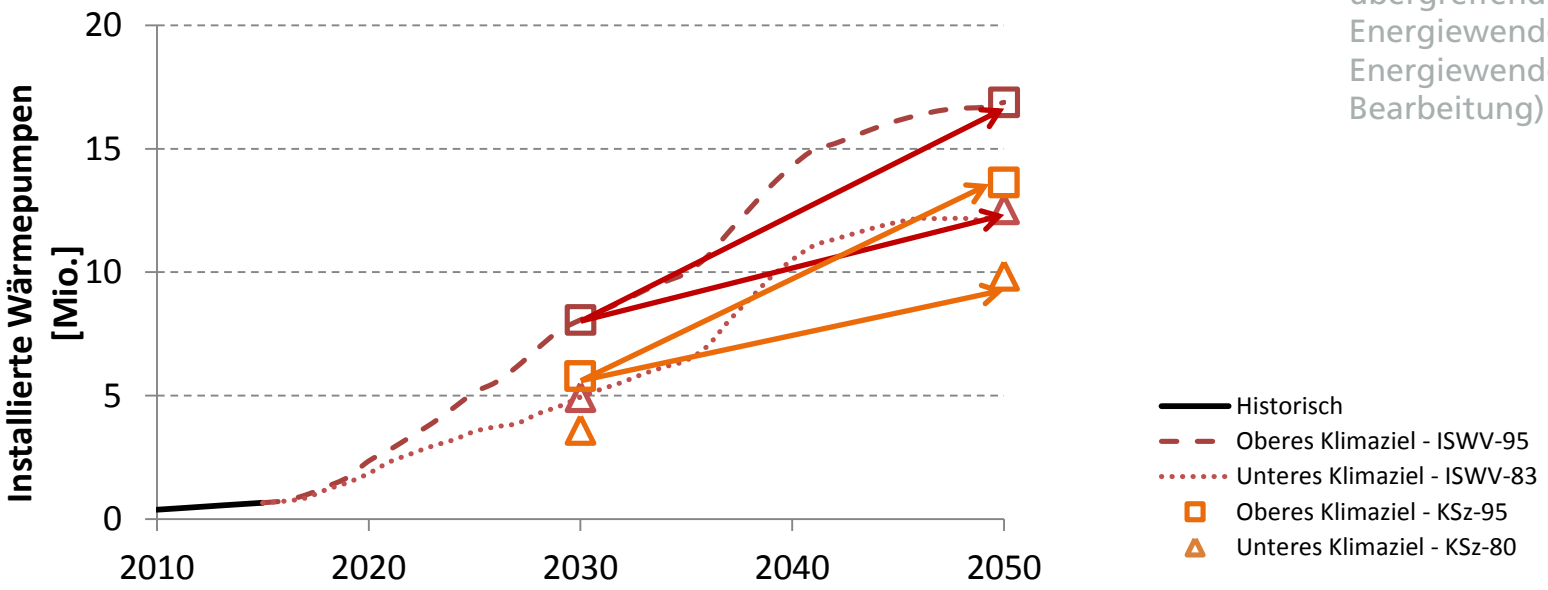
© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Mindestniveau ohne Lock-In-Effekte - Wärmepumpen

- Welche Bestandsentwicklung ist bis 2030 notwendig, um -95%-Szenarien nicht auszuschließen?

Aus: Projekt "Sektor-übergreifende Energiewende" für Agora Energiewende (in Bearbeitung)



- Um langfristig hohe Klimaschutzziele (-95% THG aus Sicht des Gesamtsystems) nicht auszuschließen, müssen auch 2030 bereits ambitionierte Ziele gesetzt werden; andernfalls droht eine Zielverfehlung

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Gliederung

- Motivation
- Szenario für unteres Klimaziel 2050 kosteneffizient
  - Kosteneffiziente Sektorkopplung → direktelektrisch
  - Kosteneffiziente Flexibilisierung
    → Rangfolge: Netze und Import/Export, flexibler Kraftwerksbetrieb, flexibler Betrieb WP und EMobilität, Hybridsysteme, H_2/P2G
- Effizienz zentral um Kosten/Stromverbrauch zu begrenzen
- Lösungsraum 2050 – unteres/oberes Klimaziel
  - Rolle E-Mobilität
  - Rolle Wärmepumpen
- Schlussfolgerungen & Handlungsempfehlungen

© Fraunhofer IWES

Schlussfolgerungen

- Grundsätzliche Erkenntnis
  - Sehr hohe CO_2-Vermeidungskosten bei langfristigen Zielen
  - → Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist das kostengünstigste Szenario auch des effizienteste (als Kombination von Verbrauchsreduktion und direktelektrischen Verbrauchern)!
  - → Sektorkopplung dient der Dekarbonsierung. Die Flexibilität der neuen Verbraucher ist dabei eine notwendige Vorraussetzung !
- Bei geringerer Effizienz steigt der Stromverbrauch schnell an und und der Mehrverbrauch übersteigt sehr schnell den gesamten bisherigen Wind-/PV-Ausbau 120 TWh
  → Akzeptanz und Kosten
- Vergleich 80% - 95%
  - Noch weitere Senkung des Nutzenergieverbrauch
  - Noch weitere Steigerung der direktelektrischen Verbraucher

© Fraunhofer IWES

Handlungsempfehlungen

- Der Ausbau für Wind und PV muss Verbrauchsentwicklung der Sektorkopplung berücksichtigen
- Verbrauchsreduktion in den Energiesektoren
- Frühzeitig hohe Marktanteile von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden und den verschiedenen Anwendungen (dezentral, Quartierskonzepte, Fernwärme, Industrie, …)
- Frühzeitig hohe Marktanteile von E-Mobilität in den verschiedenen Anwendungen (Pkw, Oberleitungs-Lkw, Busse, …)

→ Der Schlüssel dafür die der faire Wettbewerb zwischen Strom und fossilen Brennstoffen

© Fraunhofer IWES

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Norman Gerhardt
Leiter Energiewirtschaft und Systemanalyse

E-Mail: norman.gerhardt@iwes.fraunhofer.de
Tel.: 0561 7294-274
Fraunhofer IWES
Königstor 59
34119 Kassel

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES