

# Die Rolle des Wärmesektors im Energiesystem und Transformationspfade im Zuge der Sektorkopplung

*Christoph Kost (Fraunhofer ISE)*



GEFÖRDERT VOM

1

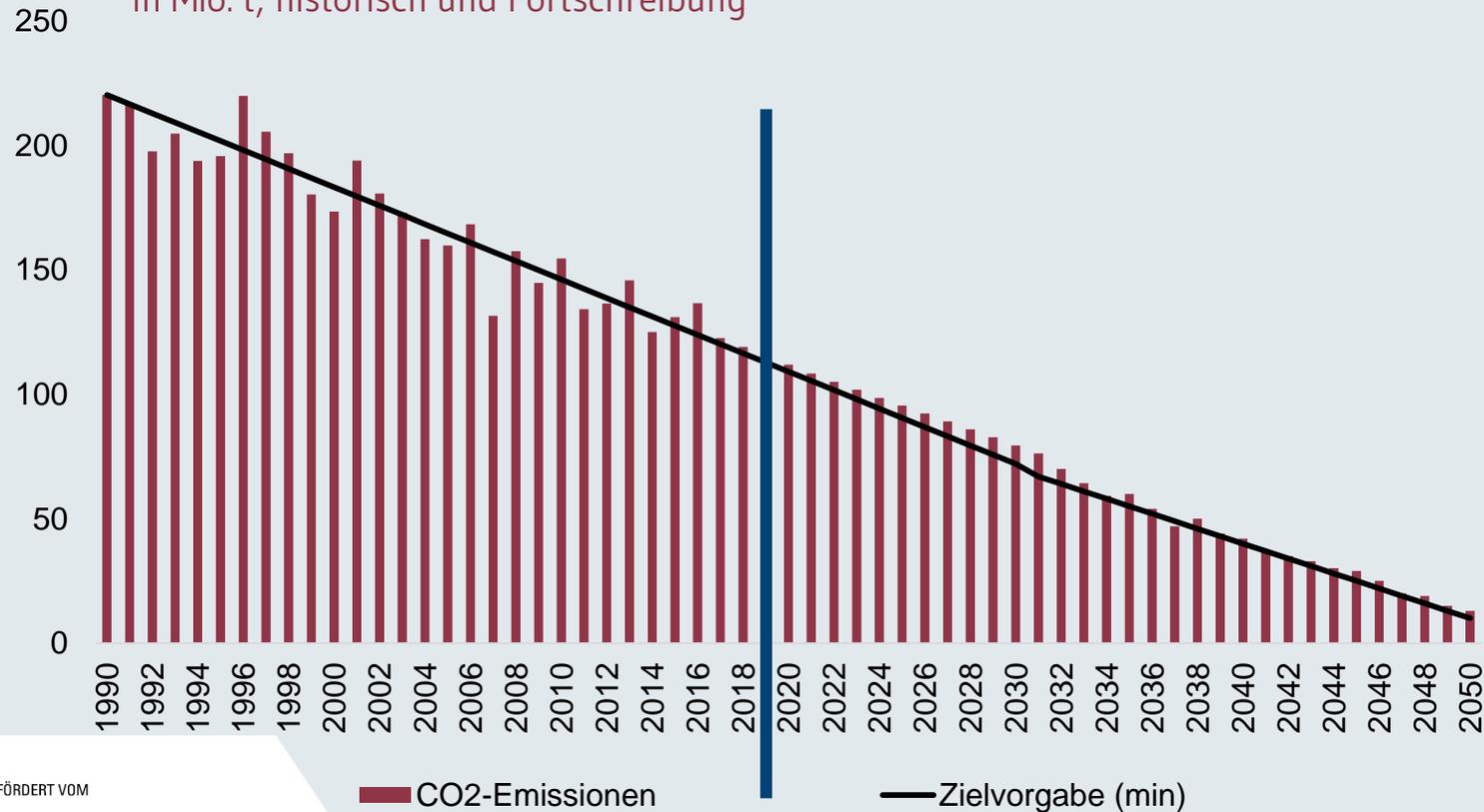
# Einleitung

GEFÖRDERT VOM

# Wo stehen wir Heute?

### CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Wärme im Gebäudebereich

In Mio. t; historisch und Fortschreibung



GEFÖRDERT VOM

# Zentrale Baustellen

## Die Transformation des Wärmesektors:

- **Sanierung des Gebäudebestands** bei möglichst geringen Kosten, aber: die Umsetzung der Wärmewende verläuft schleppend aufgrund ökonomischer Hemmnisse und unterschiedlicher Interessen der Akteure
- **Sektorenkopplung** in der Wärmeerzeugung: Ausbau der Wärmenetze mit KWK, Umstellung auf Wärmepumpen und Nutzung von industrieller Abwärme elementar, aber: etliche ökonomische und nicht-technische Hemmnisse
- **Digitalisierung**: Vernetzter Betrieb der Gebäudeenergieanlagen ermöglicht Flexibilisierung des Betriebs, aber: sowohl technische, als auch nichttechnische Hemmnisse zu verzeichnen und offene Fragen des Nutzerverhaltens vorhanden

GEFÖRDERT VOM

# Die großen Optionen in der Wärmewende

(Gemeinsame Projektergebnisse aus ENavi)

## Direkte EE-Nutzung in der Wärme

- Nutzung von direkten EE-Wärmeanwendungen, insbesondere Solarthermie (ggf. in Kombination mit anderen Technologien) und Bioenergie
- Nutzung von erneuerbaren Energieträgern/ Strom in Industrieprozessen

## Sektorintegration durch Elektrifizierung der Wärme

- (Weiter-)entwicklung von strombasierten Wärmeanwendungen, insbesondere Wärmepumpen, und starke Kostensenkungen, für dezentrale Systeme als auch Nahwärmenetze
- Schaffung und Nutzung von Systemflexibilitäten in Verbindung mit elektr./ therm. Speichern

## Energieeffizienz im Wärmesektor

- Absenkung des Wärmeenergieverbrauchs durch bauliche Maßnahmen im Gebäudebereich (Neubau und Sanierung) und bei Prozessen (Industrie)
- Intelligente Gebäudetechniken und (vernetzte) –steuerung im Rahmen der Digitalisierung

## Power-to-X

- Entwicklung und starke Kostensenkung von Power-to-X-Technologien, insbesondere: Elektrolyse (Wasserstoffherstellung) und Methanisierung (EE-Erdgas) und Speichertechnologien
- Aus- und Aufbau entsprechender Netzinfrastrukturen

## EE-Import im sektor-integrierten System

- Verstärkte regionen- und länderübergreifende Integration der Energieversorgung mit Import & Export von EE-Strom und PtX-Produkten (z.B. EE-Gas) im sektor-integrierten Energiesystem

2

# Methodik

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# REMod: Sektorübergreifende Modellierung des Energiesystems

## Zielfunktion

Minimale Systemkosten

## Randbedingungen

Versorgungssicherheit

Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Pfad- optimierung

Historischer Anlagenbestand  
Heute bis 2050

## Zeitliche Auflösung

Stündliche Auflösung  
(über den gesamten  
Betrachtungszeitraum)

## Wetterdaten

Fünf Wetterdatensätze  
(2011 bis 2015)

## Rück- kopplung

Gleichzeitige Optimierung  
aller Technologien

GEFÖRDERT VOM

# REMod – Sektorenübergreifendes Energiesystemmodell

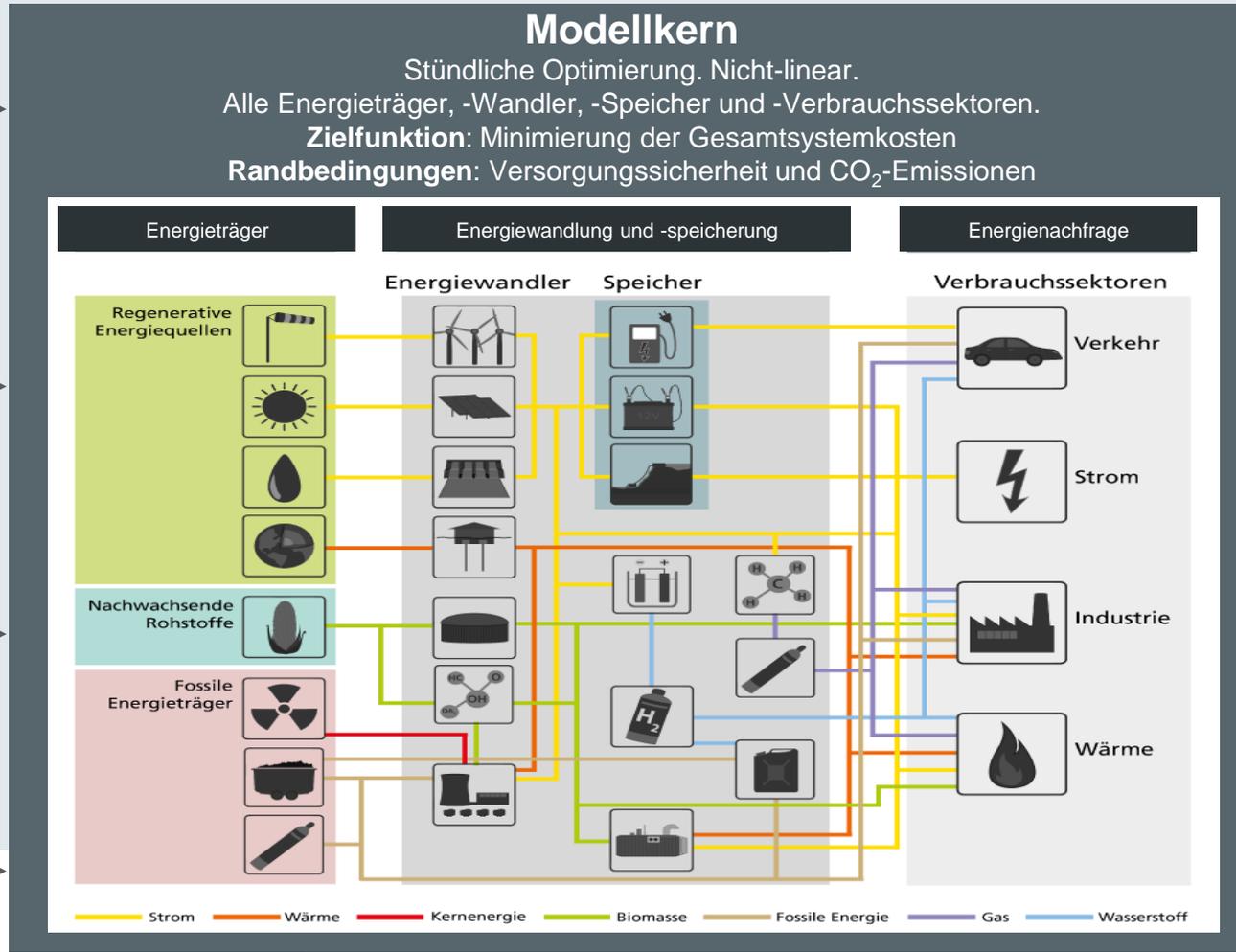
**CO<sub>2</sub>-Ziele (-80 -95%)**

Entwicklung der deutschen Treibhausgasemissionen 1990-2013 und Zielwerte bis 2050

**Prognosen**  
(Nachfrage, Tech.-kosten, Effizienzen)

**Stündliche Profile (Wetter, Nachfrage)**

**Anlagenpark heute (alle Sektoren)**



**Dekarbonisierung pro Sektor**

GHG emissions of the sectors

**Sektorgekoppelte Betriebsergebnisse**

Stromerzeugung

Stromaufnahme

**Anlagenpark bis 2050 (alle Sektoren)**

**Systemkosten der Transformation**

3

# Pfade zur Zielerreichung im Wärmesektor

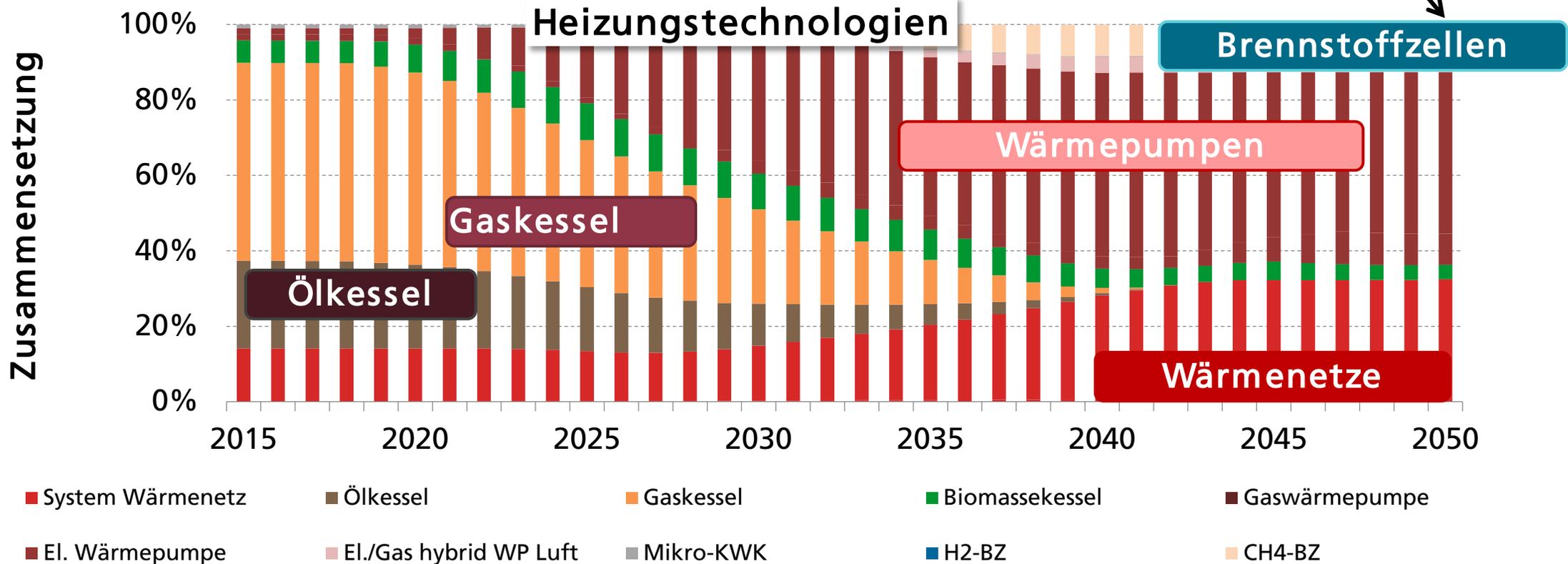
GEFÖRDERT VOM

# Analysefokus in den Szenarien

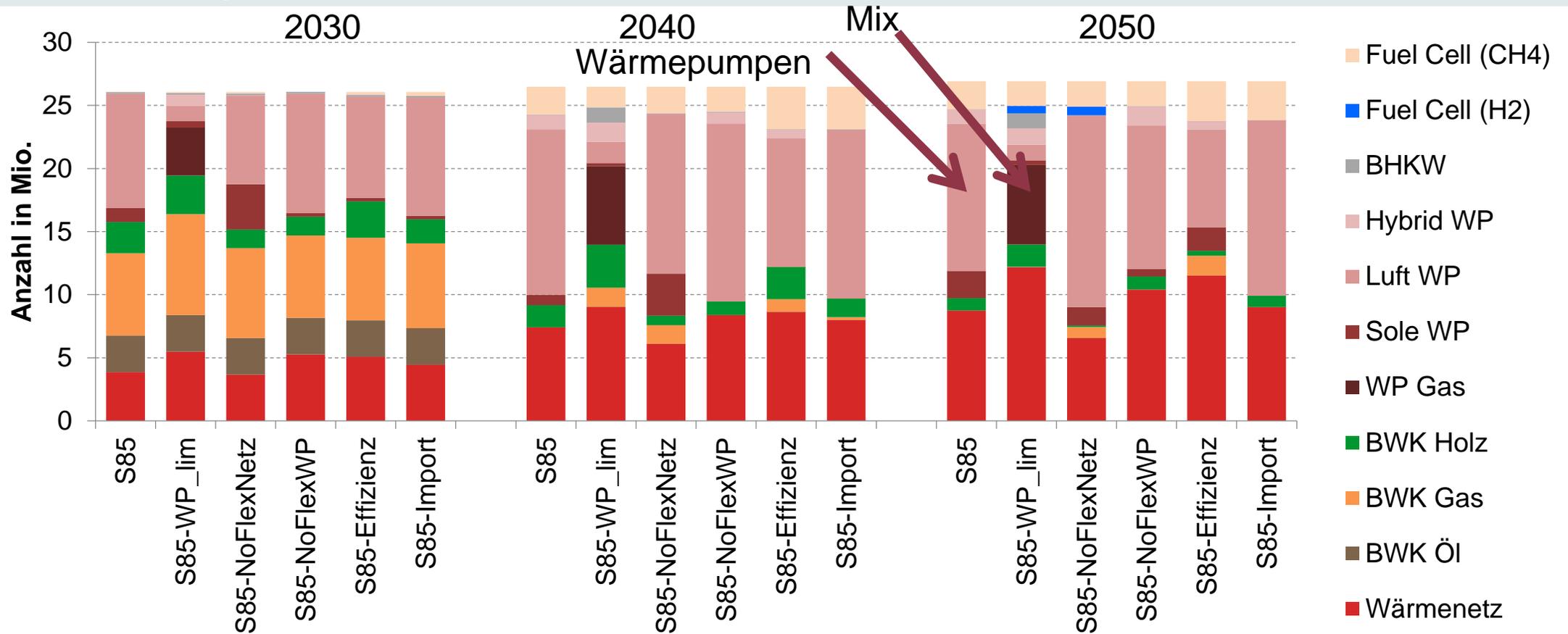
Szenario	CO2-Ziel	Ausbau Wärmepumpen	Flexibilität	Effizienz/Reduktion	Import
S85	-85% bis 2050				
S85-WP_lim	-85% bis 2050	Ausbau von Wärmepumpen bis 2050 auf 20% beschränkt			
S85-NoFlexNetz	-85% bis 2050		Beschränkte Flexibilität von Wärmenetzen		
S85-NoFlexWP	-85% bis 2050		Beschränkte Flexibilität von Wärmepumpen		
S85-Effizienz	-85% bis 2050			verstärkt	
S85-Import	-85% bis 2050				verstärkt

# Technologiepfad in Szenario S85

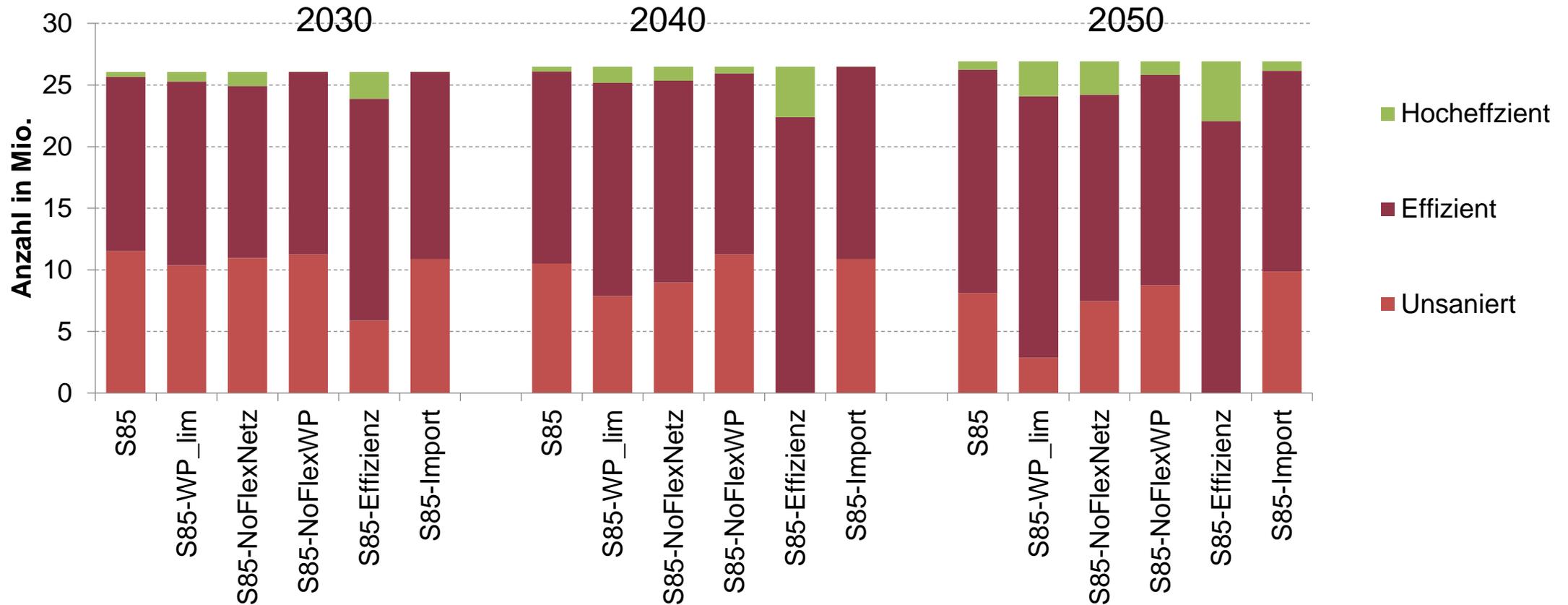
2050: 40 Mio t CO<sub>2</sub> in der Raumwärme  
(Vorwiegend in Wärmenetzen)



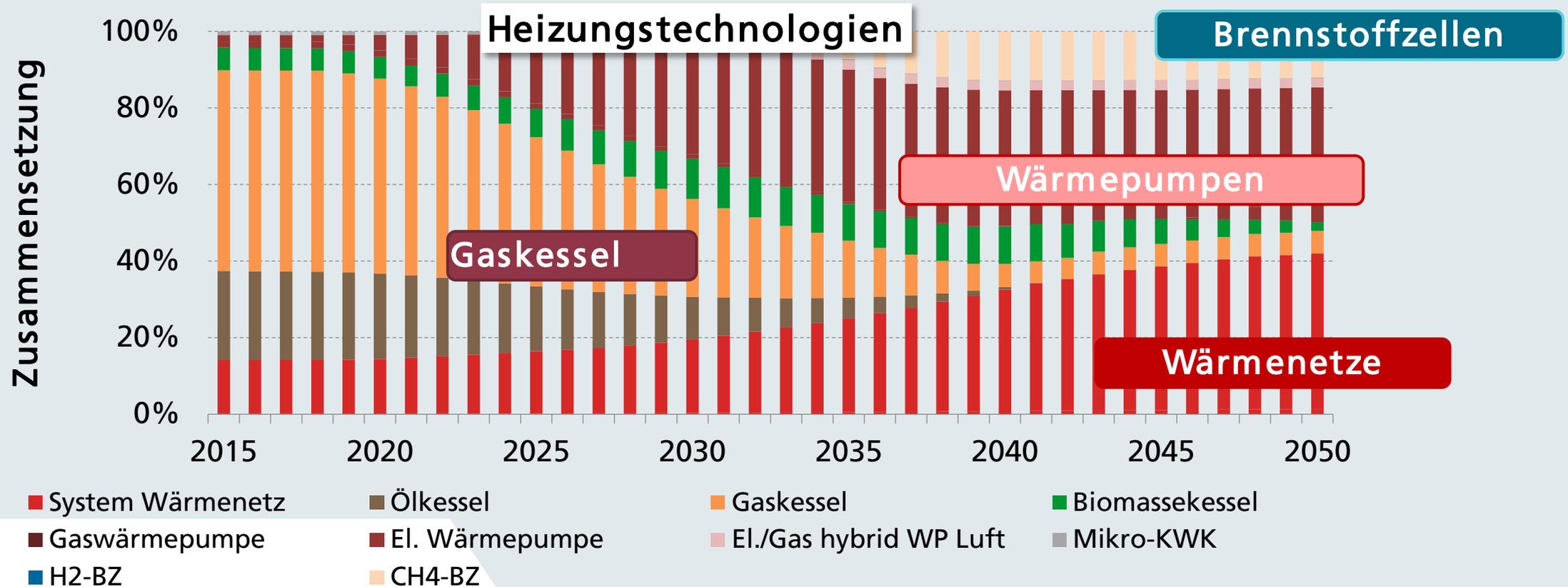
# Begrenzungen für Wärmepumpen und Wärmenetz mit großen Auswirkungen



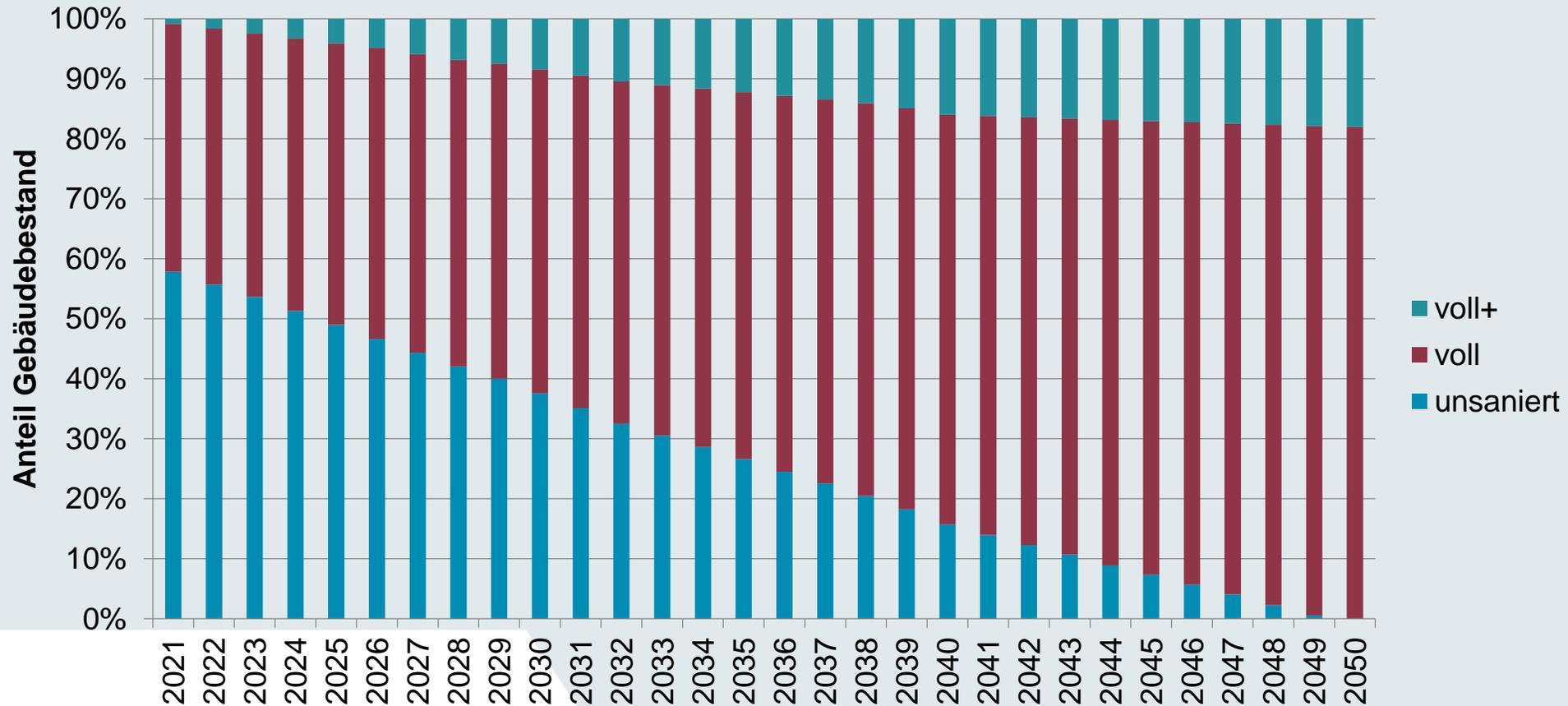
# Gebäudesanierung bis 2050: 60-100% der Gebäude sollten saniert sein



# Effizienz-Pfad bis 2050: Mit Wärmenetzen, Wärmepumpen, Brennstoffzellen und Gaskesseln



# Doch ist eine Sanierungsrate von 1,6%-2,0% möglich?



4

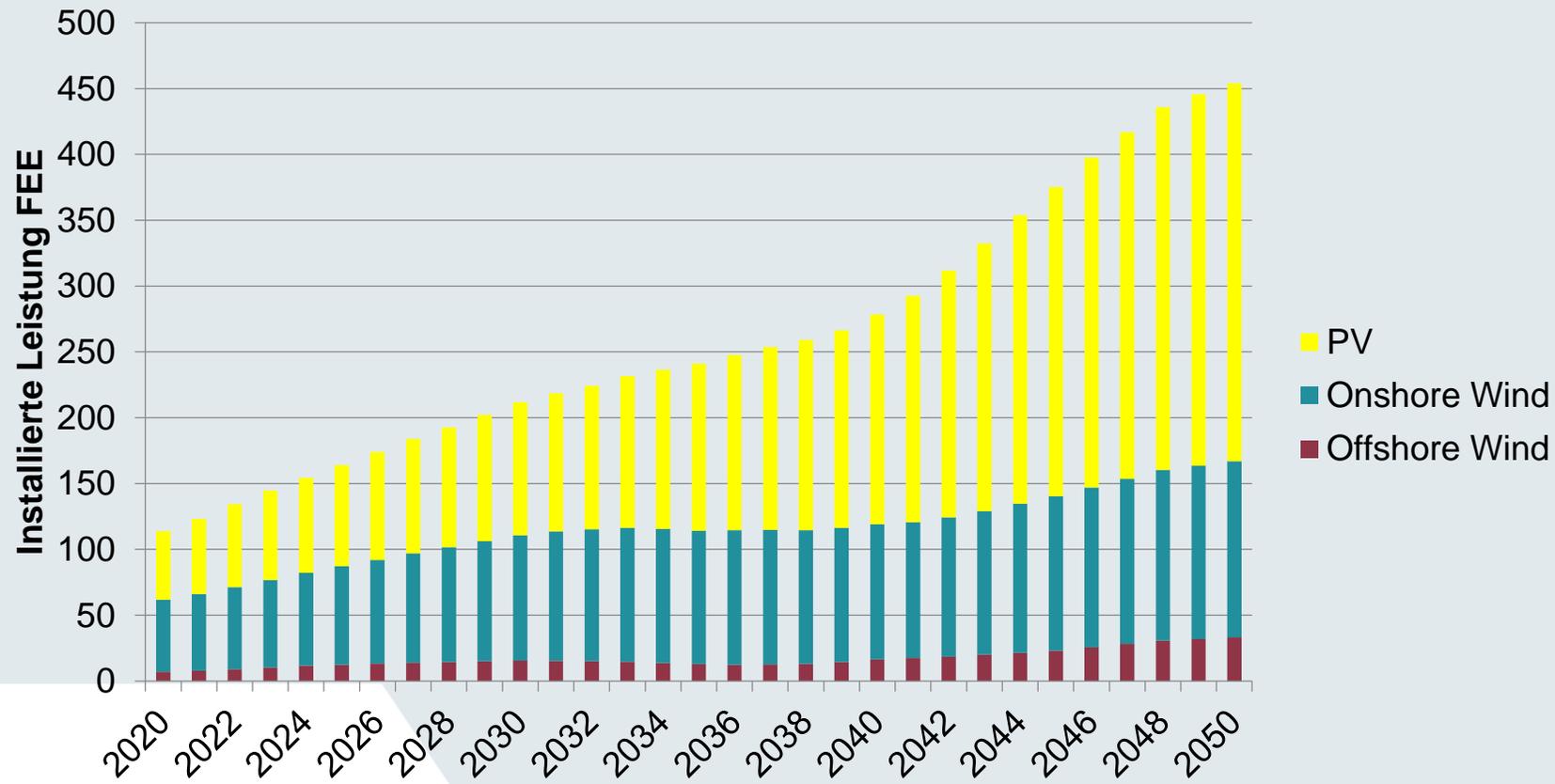
# Auswirkungen auf das Gesamtsystem

GEFÖRDERT VOM

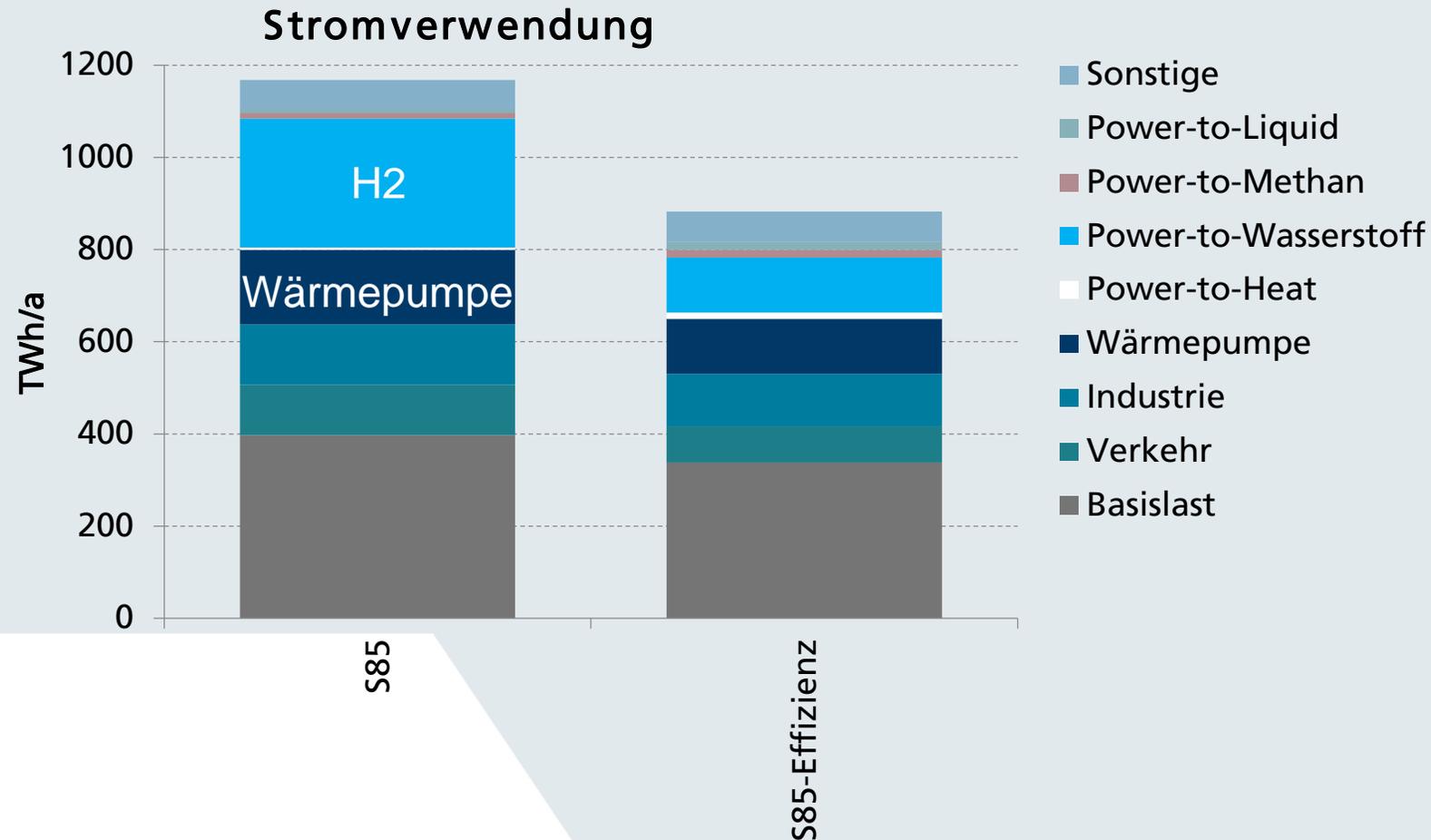


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Im 85-Effizienzzenario steigt die Leistung von FEE auf fast 500GW, davon 300GW PV



# Stromverwendung: 900-1200 TWh, davon die Hälfte in Sektorkopplungsanwendungen



## Ausblick auf 95% bis 100% Szenarien

Weitere Reduktionen notwendig:

- › 250 TWh Erdgas müssen vor allem im Prozesswärme und KWK-Bereich eingespart werden
- › 250 TWh Erdöl müssen im Schwerlastverkehr/FLugverkehr eingespart werden

Das bedeutet auch im Wärmebereich

- › Stärkerer Einsatz von Wasserstoff/Methan/PTL und noch mehr Elektrifizierung
- › *Neue Studie mit REMod -> Veröffentlichung  
Dezember/Januar*

GEFÖRDERT VOM

5

# Auswirkung auf die Regulatorik und Energiepolitik

GEFÖRDERT VOM



# Wo muss die Regulatorik bzw. Energiepolitik nun ansetzen?

(Gemeinsame Projektergebnisse aus ENavi)

## Ziel- und Anreizsystem

- › Unzureichende regulatorische (ordnungsrechtliche) Anforderungen an die Klimaverträglichkeit des Gebäudesektors
- › Fehlgeleitete oder fehlende Anreizstrukturen und Fördertatbestände

## Umsetzung im Marktdesign

- › Keine adäquate CO<sub>2</sub>-Bepreisung
- › Reduzierte Ausnutzung von Potenzialen der Sektorintegration (Strom-Wärme) und nicht-systemdienlicher Anlagenbetrieb durch Abgaben, Umlagen, Steuern im Stromsektor
- › Reduzierte Investitions- und Pfadentscheidungen durch Risiken und Unsicherheiten aus unsicherem regulatorischem Umfeld

## Rolle der Akteure

- › Einfluss lokaler Akteure auf Nutzerpräferenzen/ Technologiewahl bei der Gebäudewärmeversorgung
- › Hohe Umsetzungskomplexität und Pfadabhängigkeiten
- › Fehlen institutioneller Rahmenbedingungen

## Technologien und Gebäudestruktur

- › Langfristiger Charakter („Trägheit“) und hohe Kosten der Sanierung
- › Hohe Wärmetechnologiekosten