



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Fraunhofer
IEE

consentec

Die Rolle der Energieeffizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorkopplung



Agenda

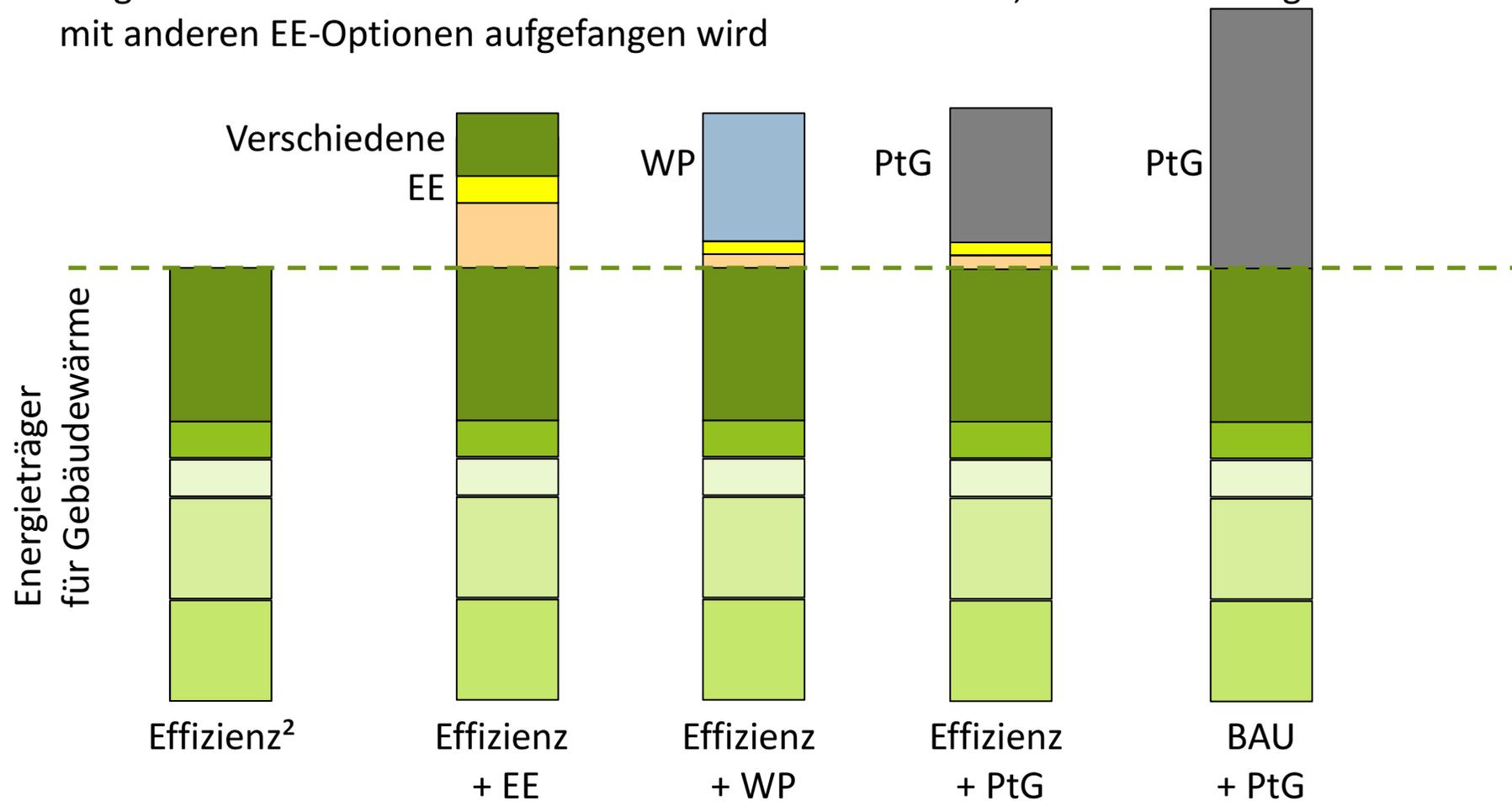
- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung

Agenda

- ① Vorgehen und Modelle
- ② Volkswirtschaftliche Bewertung
- ③ Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- ④ Qualitative Bewertung
- ⑤ Chancen und Risiken
- ⑥ Schlussfolgerung

Vorgehensweise (schematisch)

Vergleich der Kosten des Szenarios Effizienz² mit Szenarien, in denen verringerte Effizienz mit anderen EE-Optionen aufgefangen wird

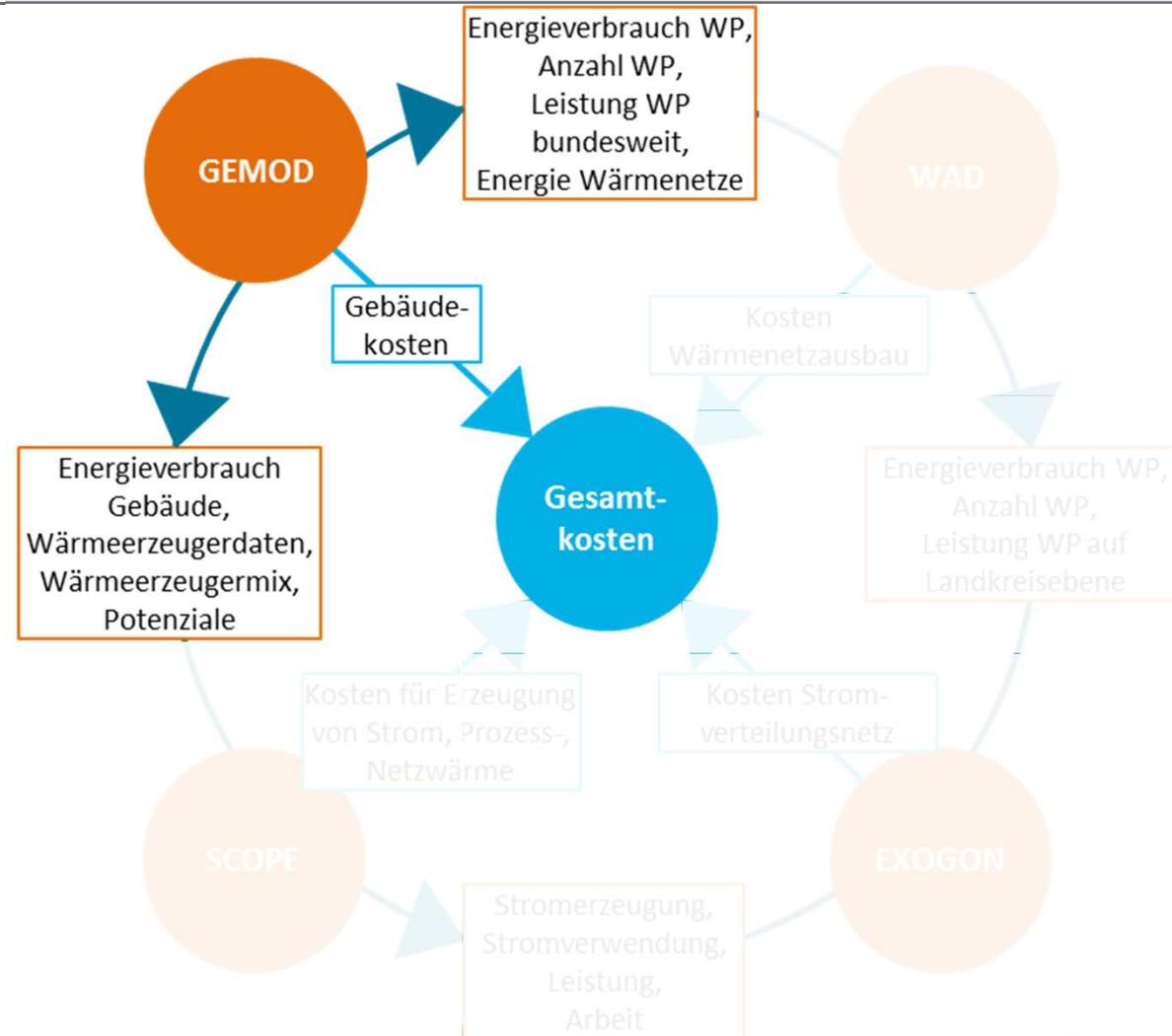


Szenarien im Überblick

Effizienz ²	Effizienz + EE	Effizienz + WP	Effizienz + PtG	BAU + PtG
Einheitliches Emissionsziel -55% THG in 2030 -87,5% THG in 2050 (gegenüber 1990) Einhaltung der Sektorziele Gebäude und Verkehr des Klimaschutzplans				
Energieverbrauch - 44 %*	Energieverbrauch -34 %			Energieverbrauch - 27 %
-29 % Bauteil- anforderungen	-11 % Bauteilanforderungen			-6 % Bauteil- anforderungen
Sanierungsrate bis zu 2,2 %	Sanierungsrate bis zu 1,7 %			Sanierungsrate bis zu 1,3 %
	Lückenschluss durch WP, Solarthermie, Wärmenetze	Lückenschluss durch WP	Lückenschluss durch PtG (bis 177 TWh/a)	Lückenschluss durch PtG (bis 289 TWh/a)

* Insgesamt **konservative Modellierung für Effizienz**: Bevölkerungsentwicklung inkl. Zuwanderung, Preisentwicklung der fossilen Energieträger langfristig fallend

Eingesetzte Modelle

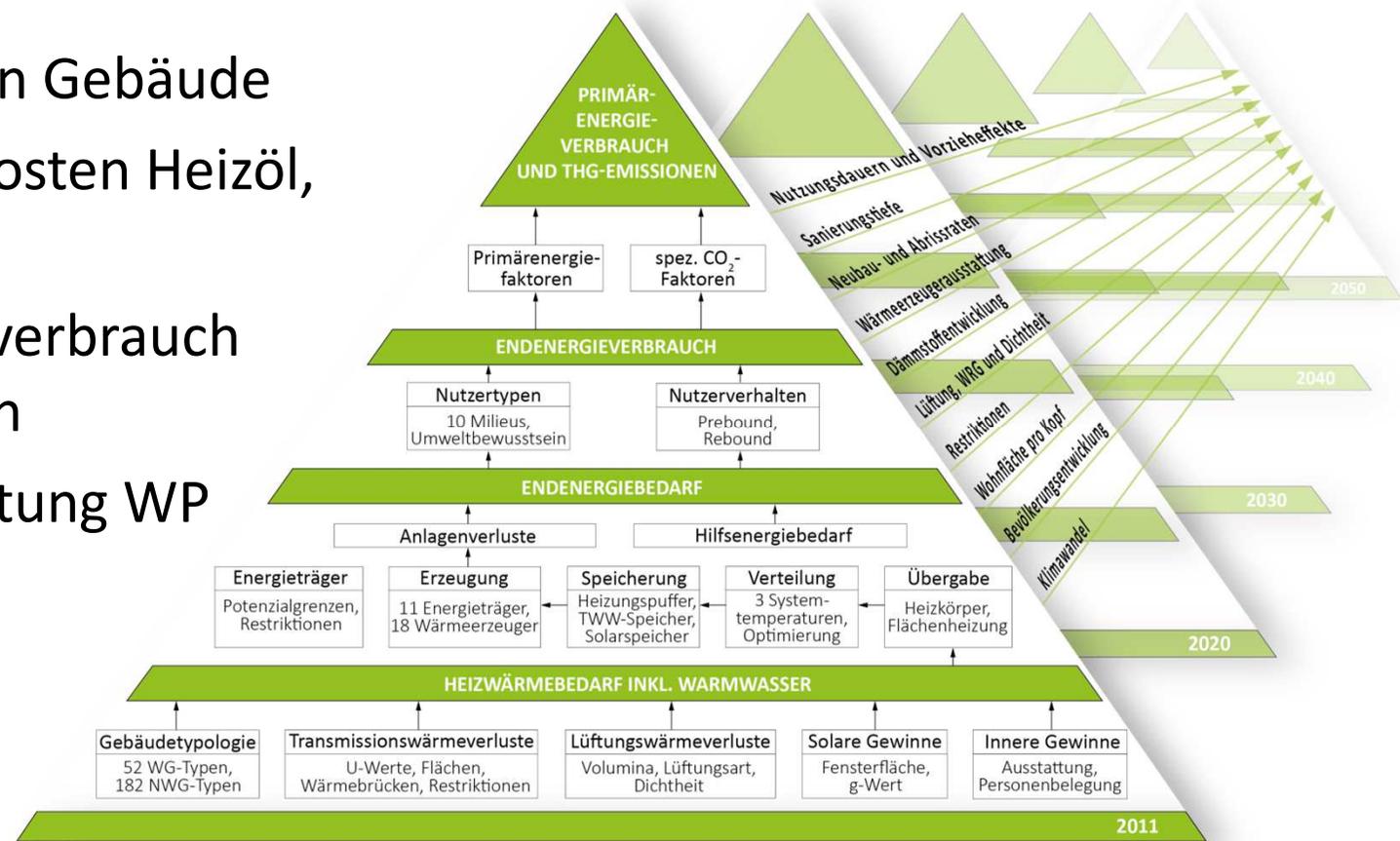


Eingesetzte Modelle - GEMOD

Energieverbrauch im Gebäudebereich

Output

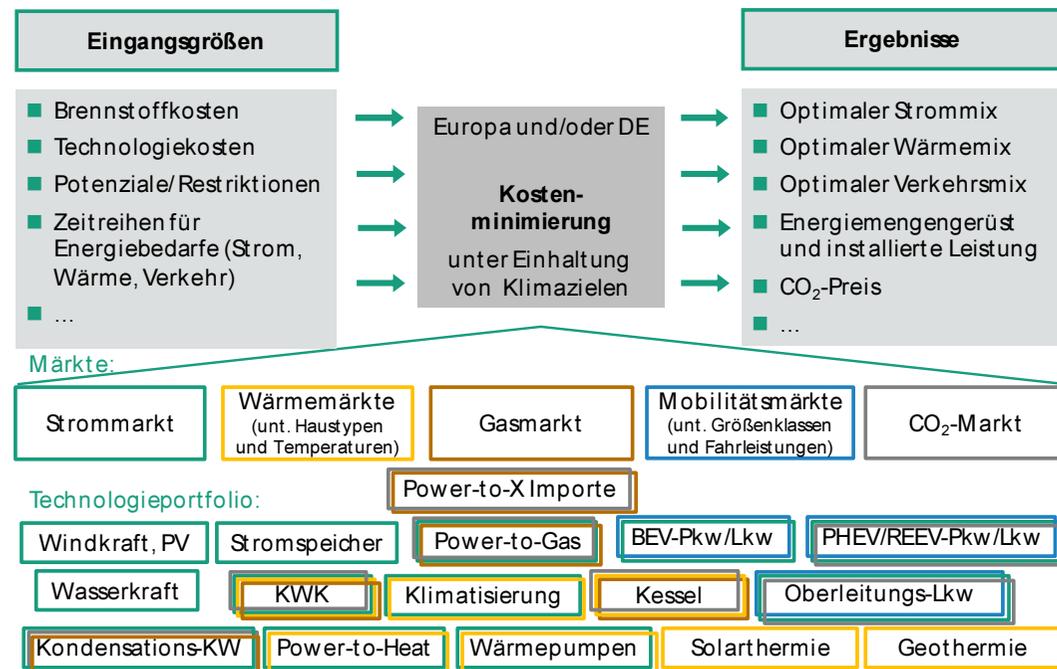
- Investitionen Gebäude
- Brennstoffkosten Heizöl, Erdgas
- Endenergieverbrauch in Gebäuden
- Anzahl, Leistung WP



Eingesetzte Modelle - SCOPE

Sektorübergreifende Zubau- und Einsatzoptimierung Output

- Kosten für Erzeugung von Strom, Prozess- und Netzwärme
- Elektrische Leistung und Arbeit der Stromerzeuger
- Importmengen PtX

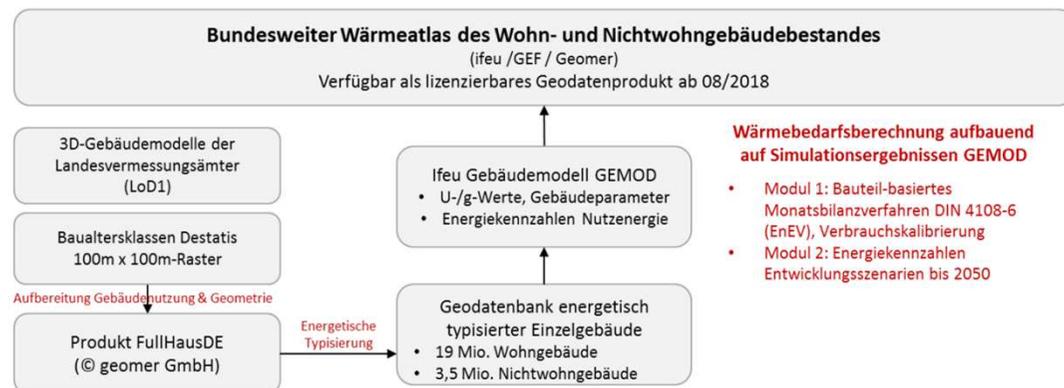
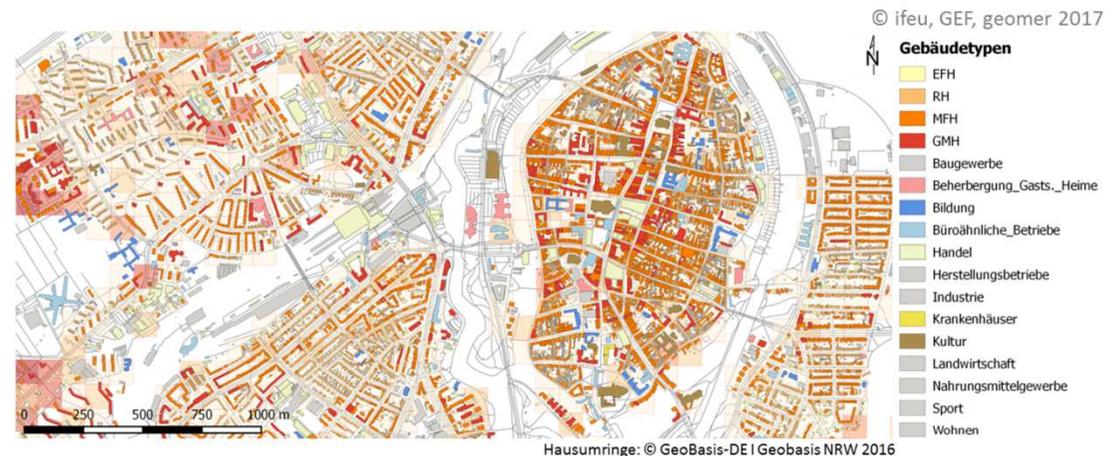


Technologieutraler Anreiz
nur auf Basis
CO₂-Vermeidungskosten

Eingesetzte Modelle - WAD

Geodatenbasierte Wärmeverbrauchsrechnung Output

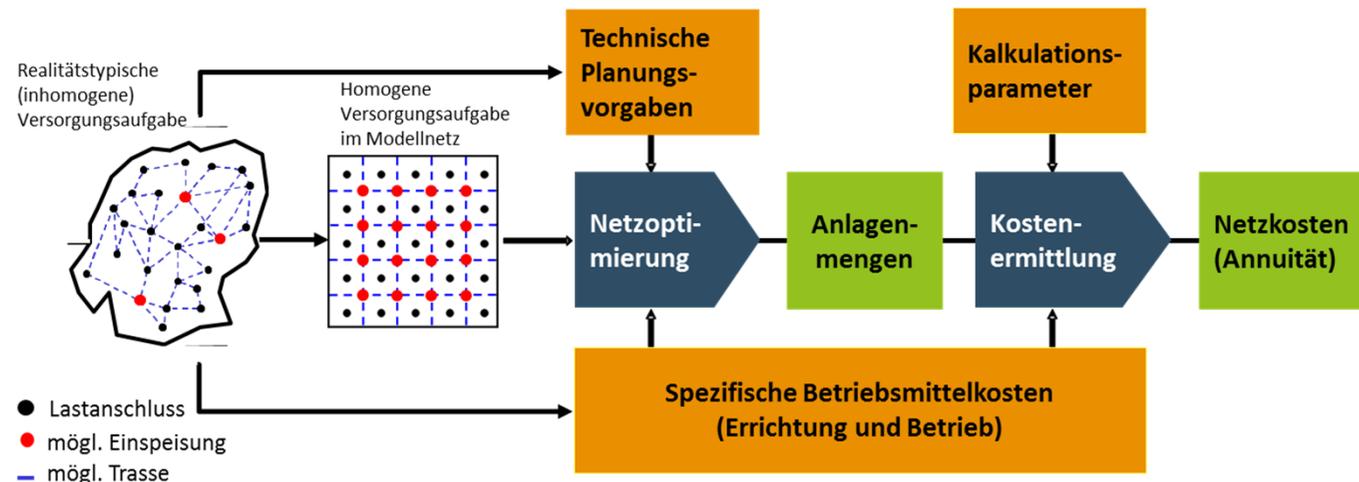
- Kosten für den Ausbau von Wärmenetzen aus künftiger Wärmedichte in geeigneten Gebieten
- Regionalisierte Leistung und Anzahl von Wärmepumpen für Stromnetze



Eingesetzte Modelle - EXOGON

Stromverteilungsnetz-Optimierung Output

- Auslegungsrelevante Erzeugerleistung und Last
- Kosten für den Ausbau von Stromverteilungsnetzen

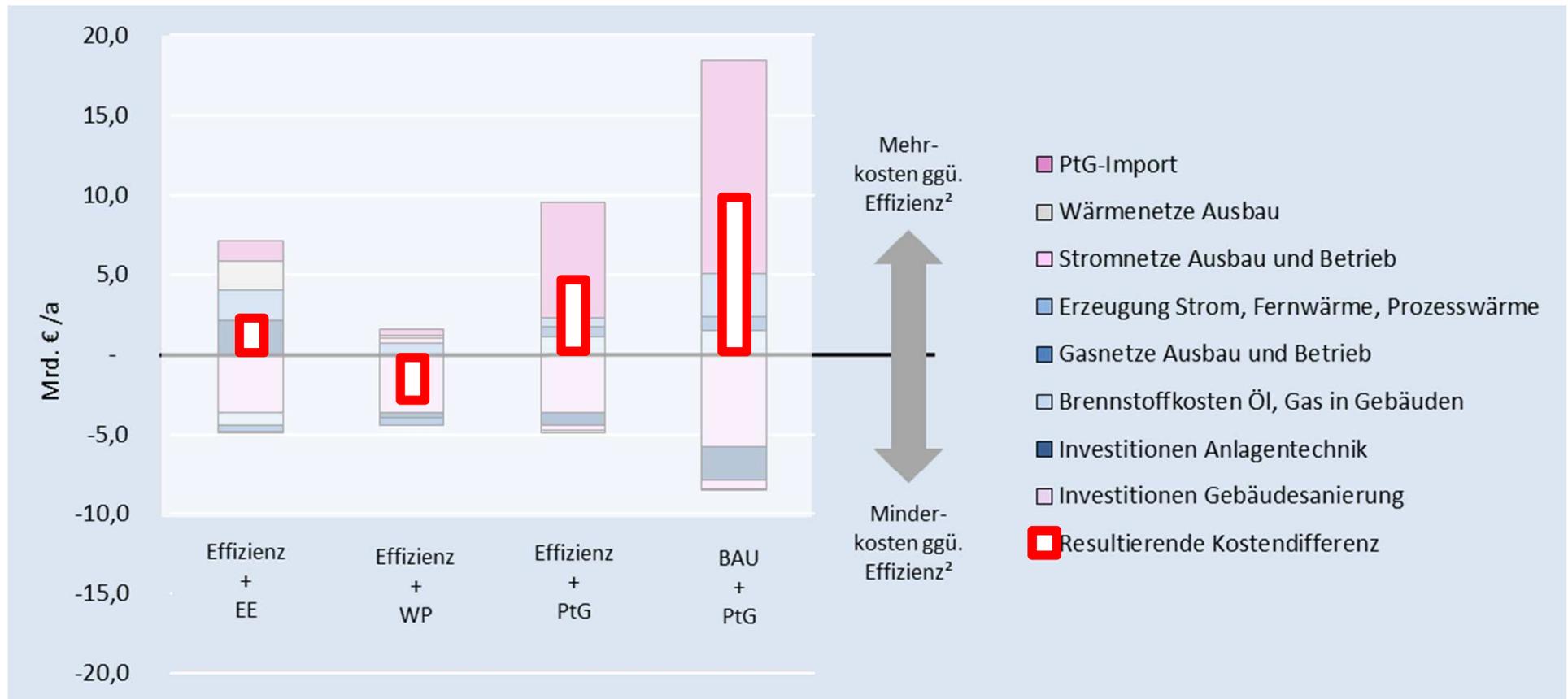


Agenda

- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung

Vergleich der Szenarien

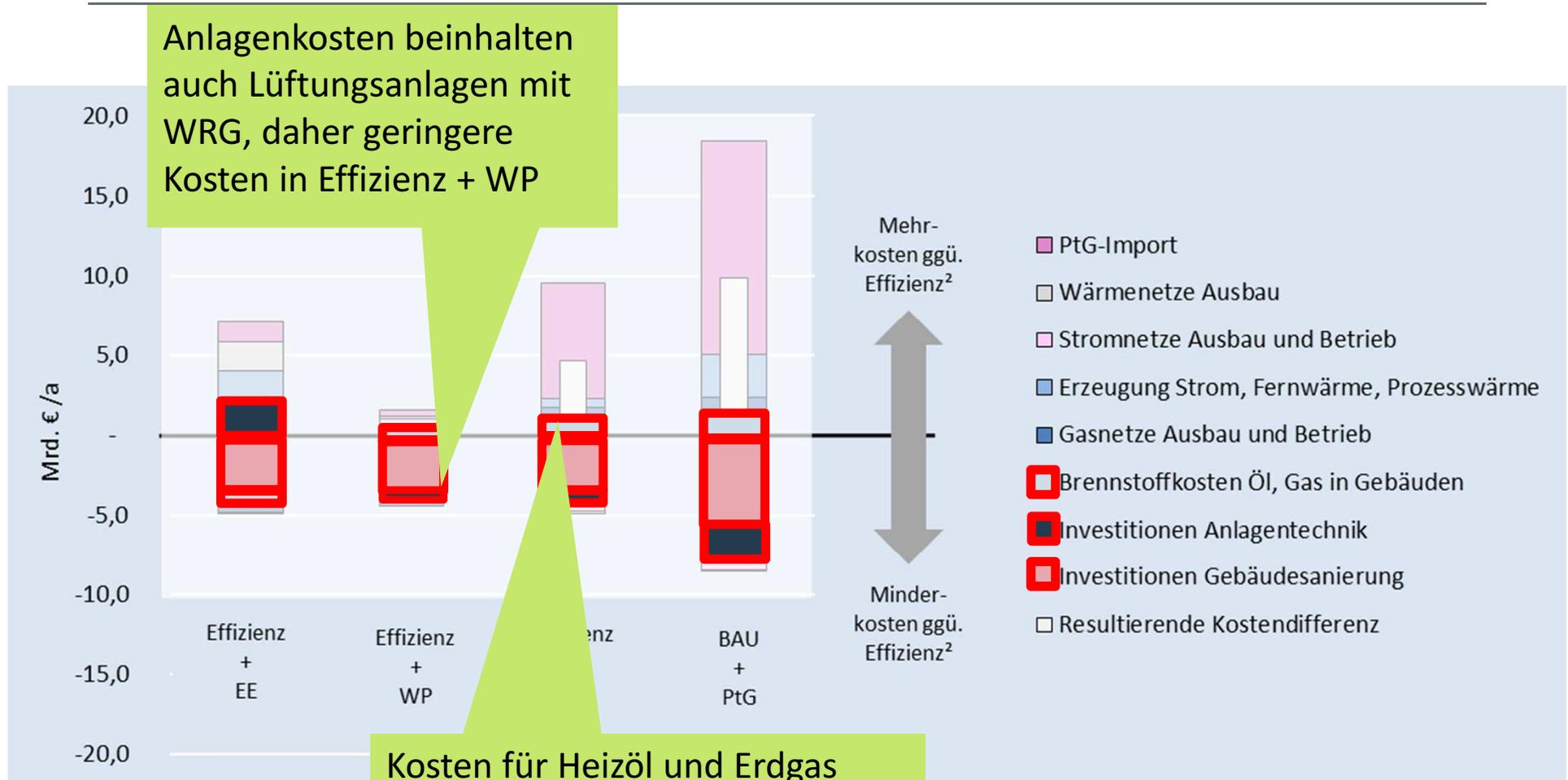
Gesamte Differenzkosten ggü. Effizienz²



Differenz der mittleren Annuitäten für den Zeitraum 2017 bis 2050 bei 1,5 % Abzinsung

Gebäudebezogene Kosten

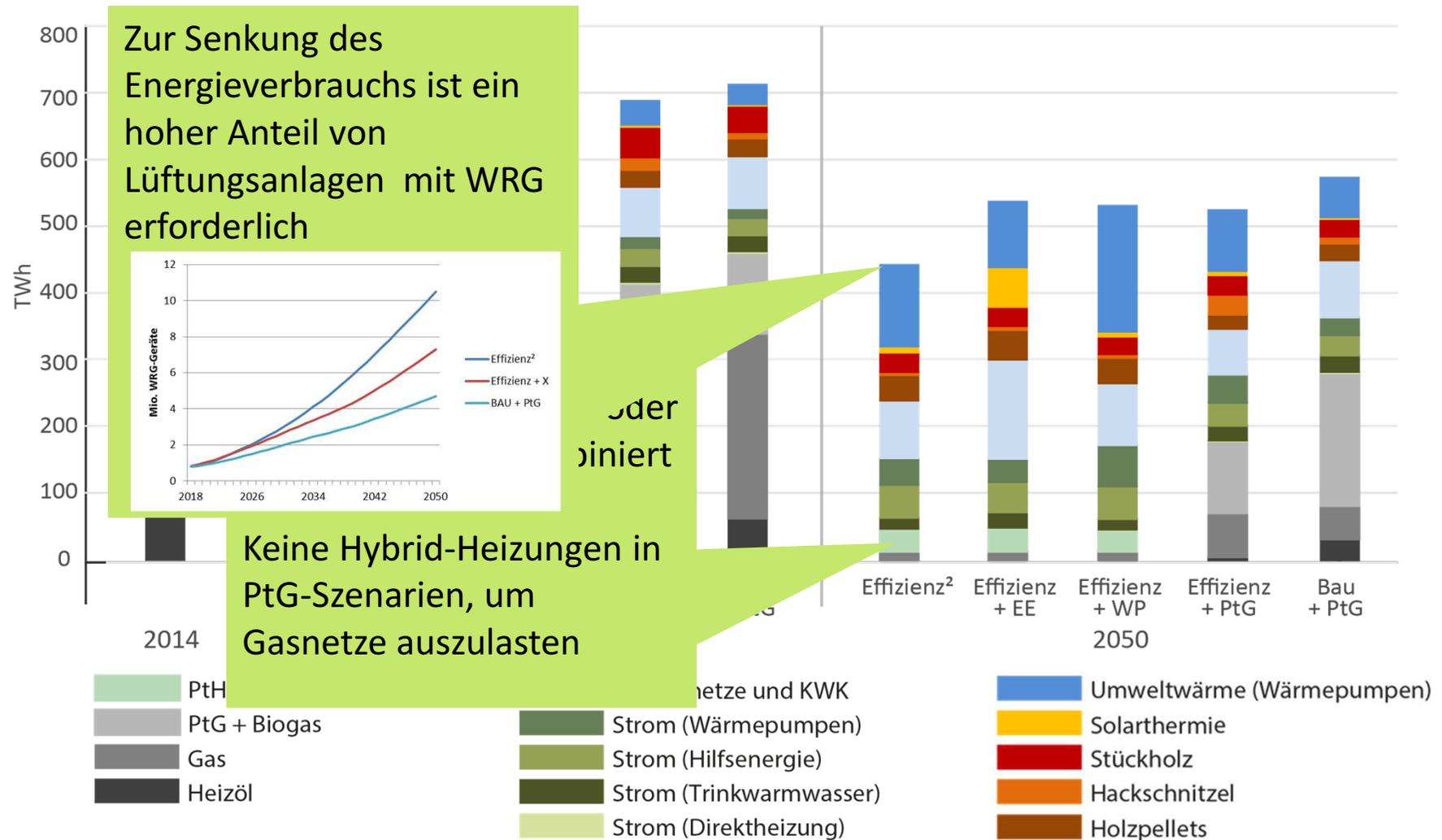
Differenzkosten ggü. Effizienz²



Kosten für Heizöl und Erdgas durch Zielvorgabe sehr ähnlich (Kosten für PtG-Import folgen aus Systemoptimierung)

Gebäudebezogene Kosten

Gebäude - Endenergieverbrauch

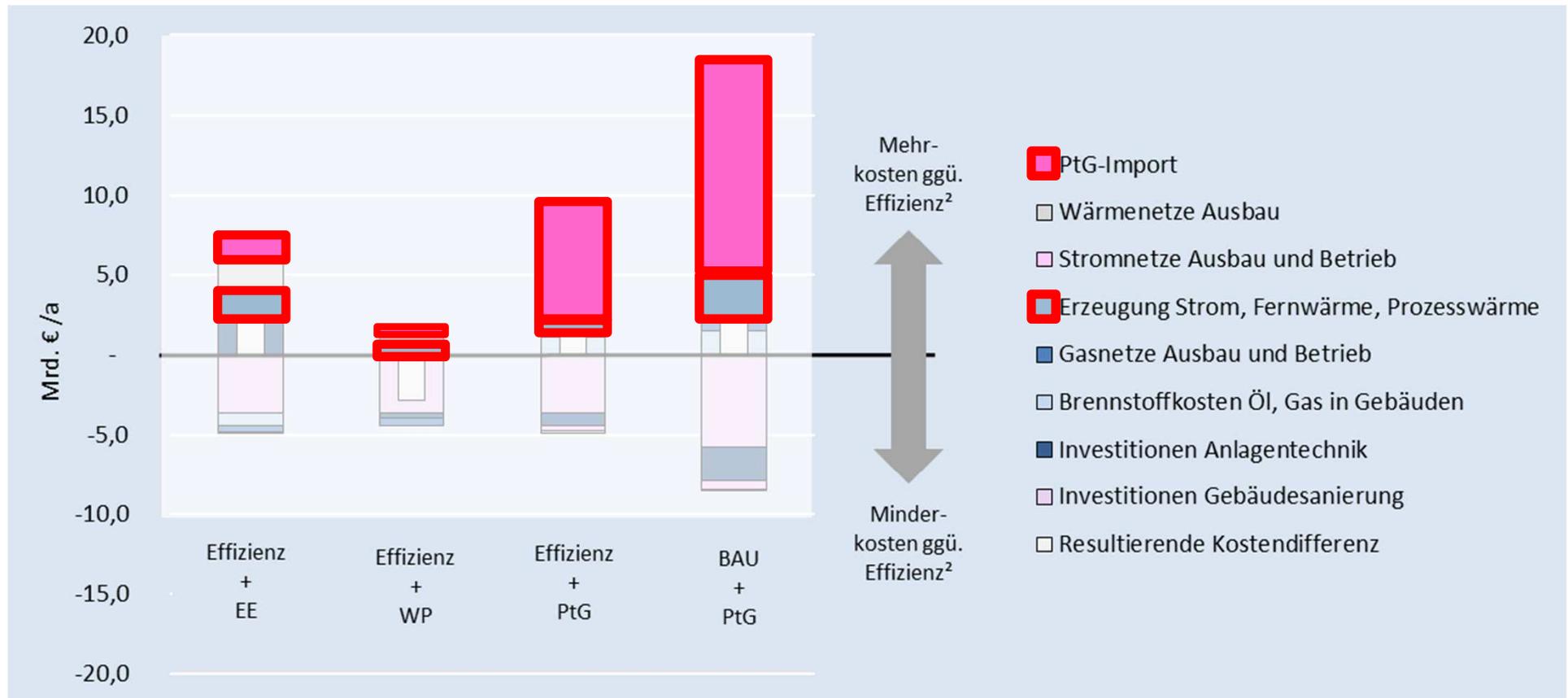


Agenda

- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung

Strom, Prozess- und Fernwärme

Differenzkosten ggü. Effizienz²



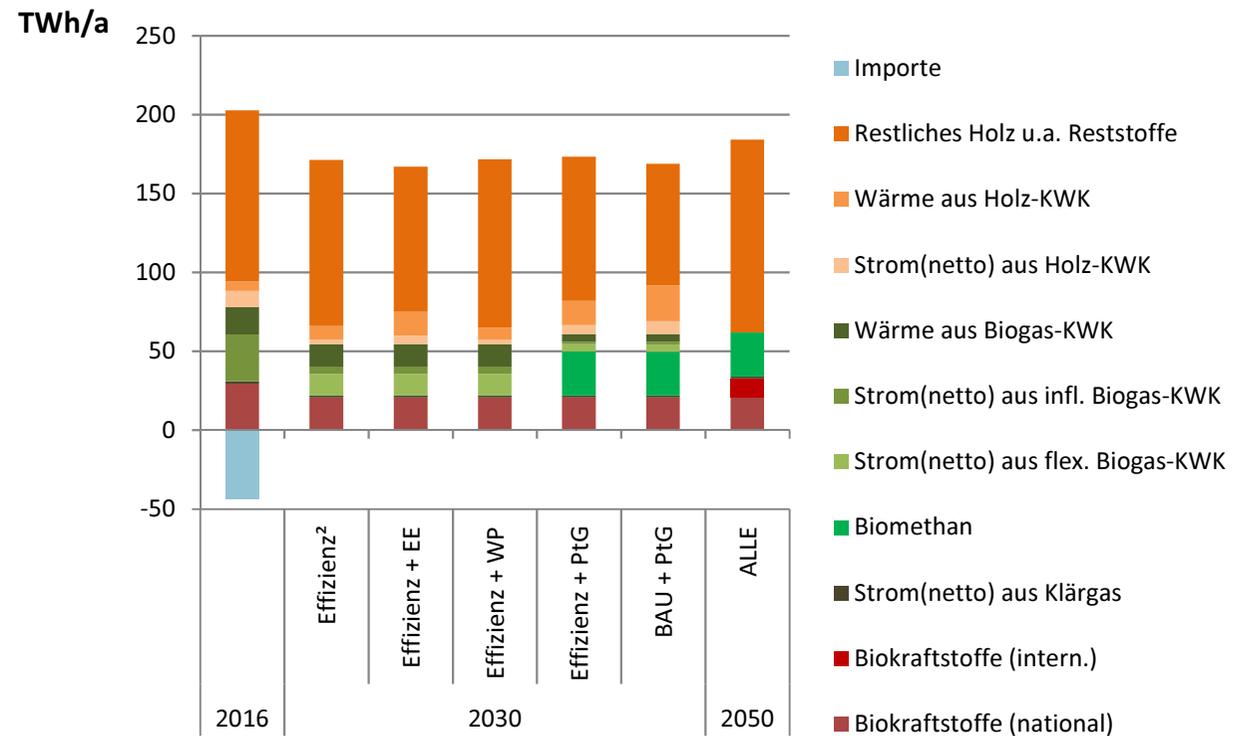
- Biomasse nur nationales Potenzial

- 2030: Biogas-KWK vs. Biomethan zur Erreichung Sektorziel

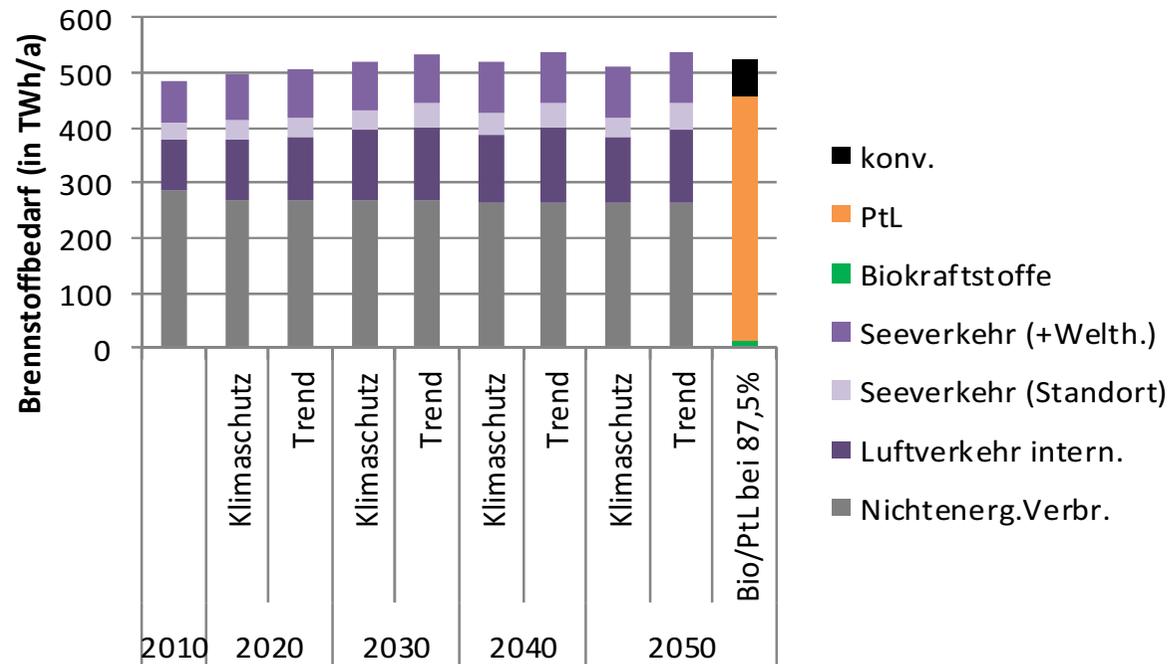
Gebäude in PtG-Szenarien

- 2030/2050

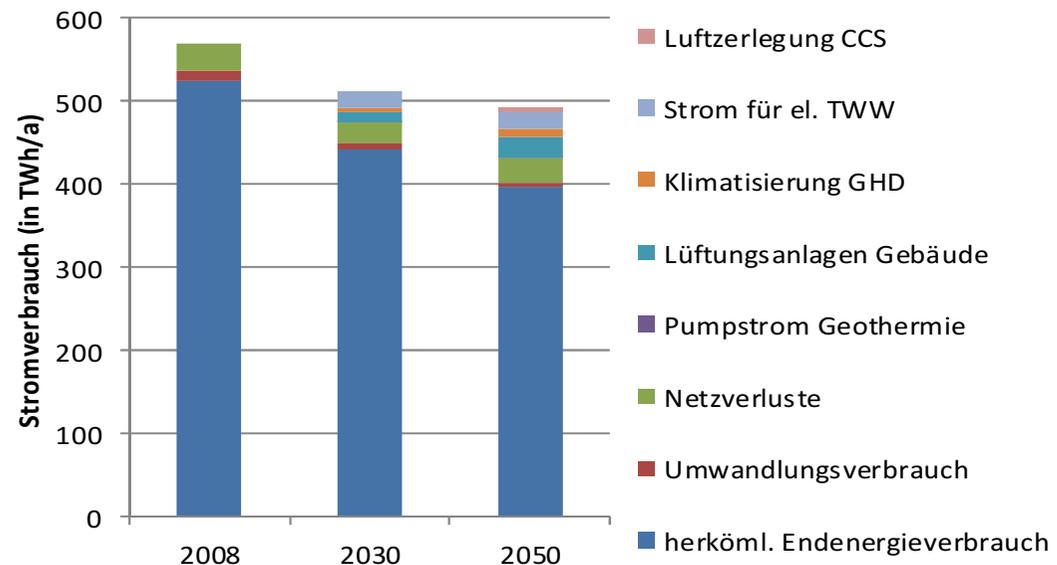
Unterschied Holz für Gebäude oder für Industrie



- Biomasse nur nationales Potenzial
- Internationaler Verkehr und nichtenergetischer Verbrauch
 - ➔ PtL-Importbedarf für 87,5%-Ziel (bei mittlerem Verkehrsaufkommen)

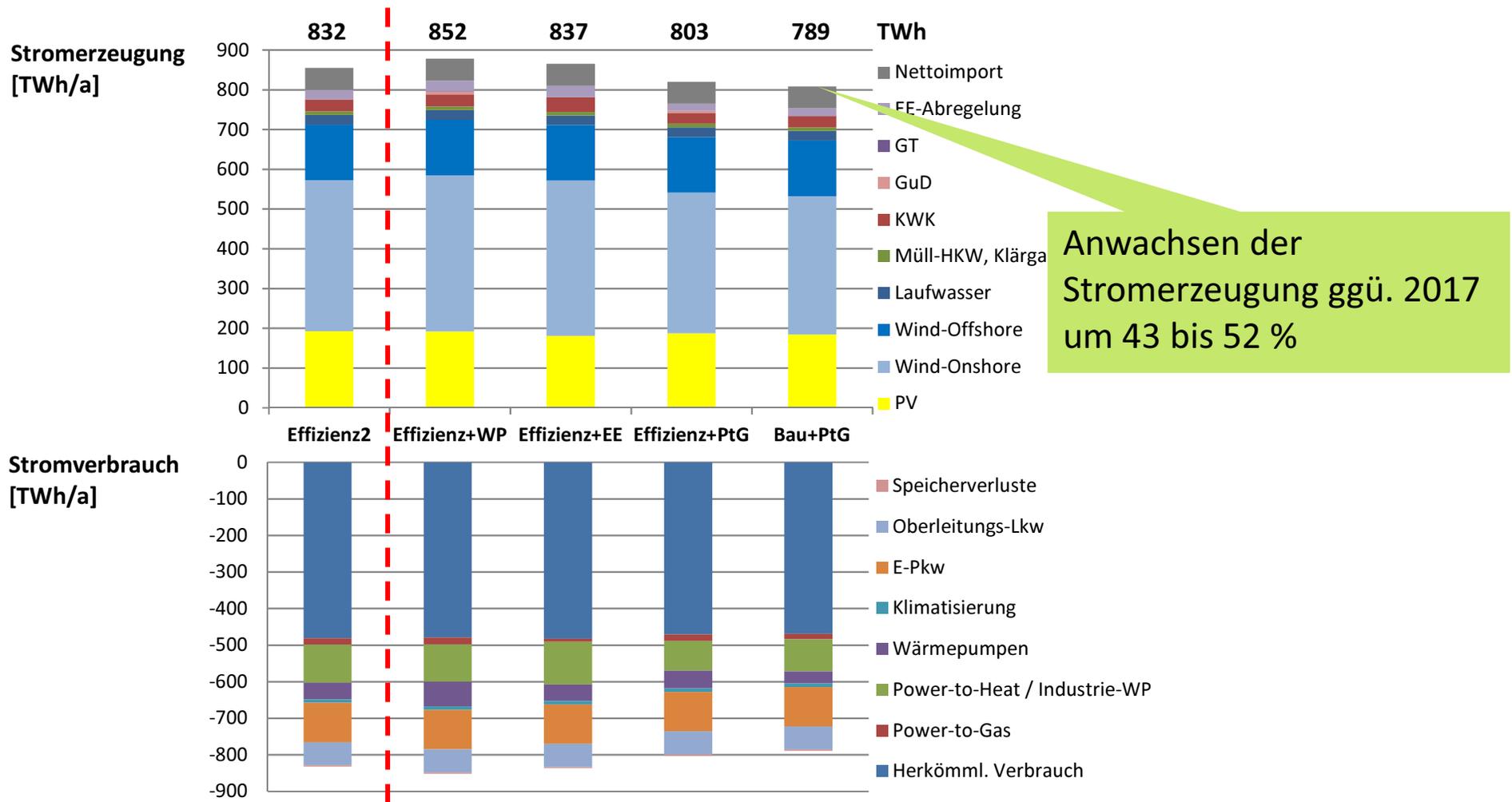


- Biomasse nur nationales Potenzial
- Internationaler Verkehr
 - ➔ PtL-Importbedarf
- Basis-Stromverbrauch
 - 25% herkömmlicher Verbrauch, aber zusätzlich ...
 - Hilfsenergie Lüftungsanlagen
 - Pumpstrom
 - Klimatisierung
 - el. TWW
 - ...



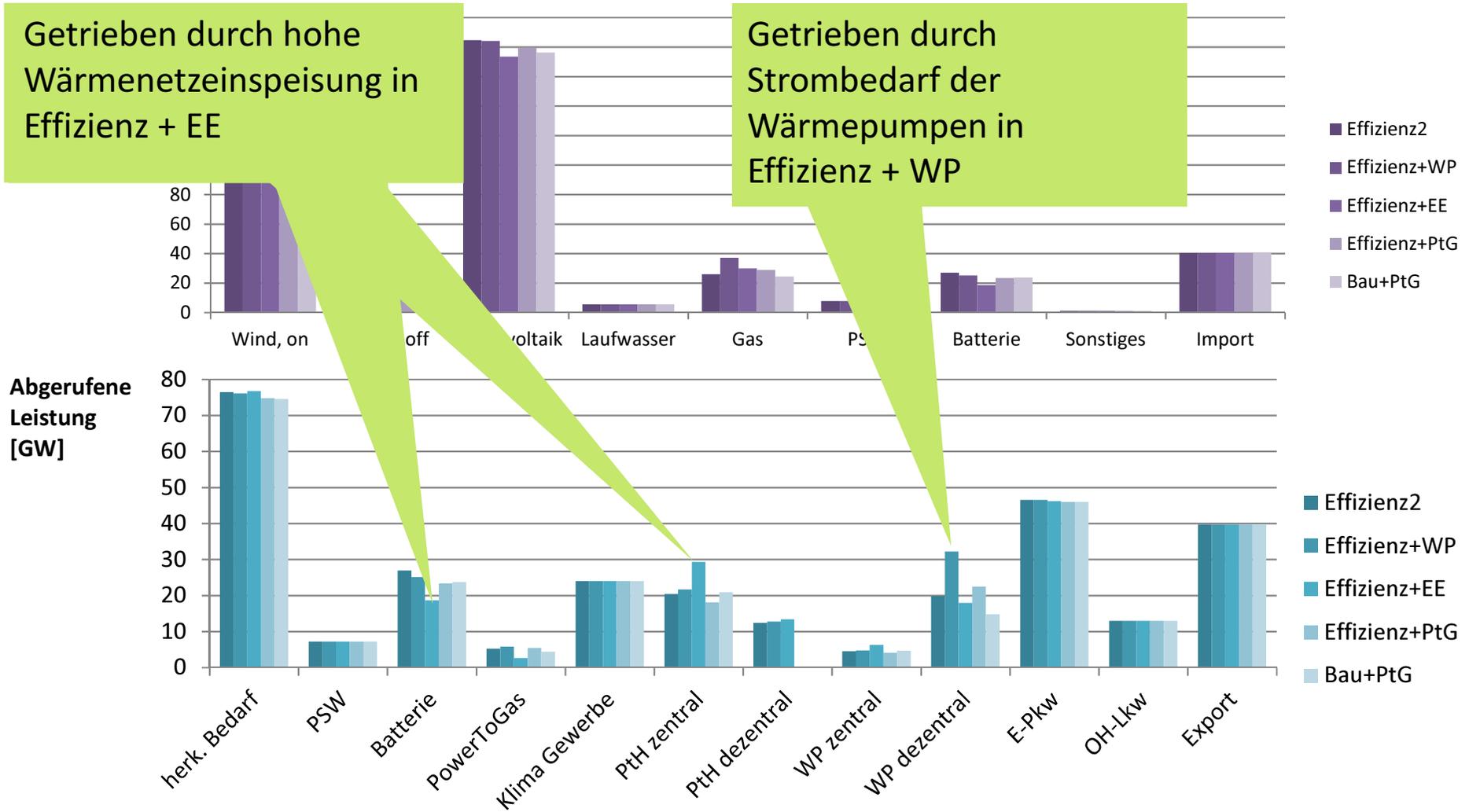
Stromerzeugung und Verbrauch

Nationale Bilanz 2050 ohne PtG-Importe



Stromerzeugung und Verbrauch

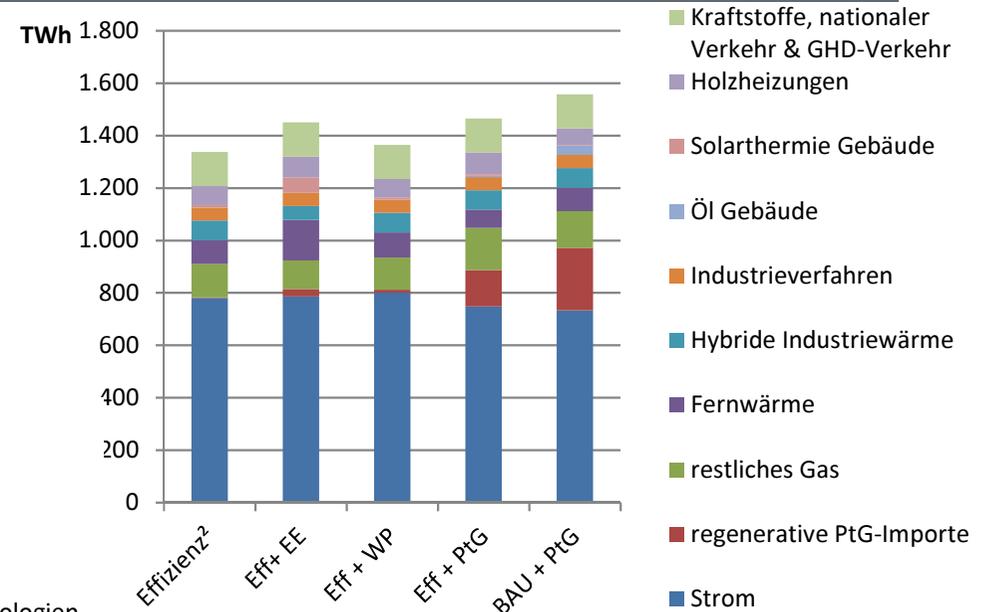
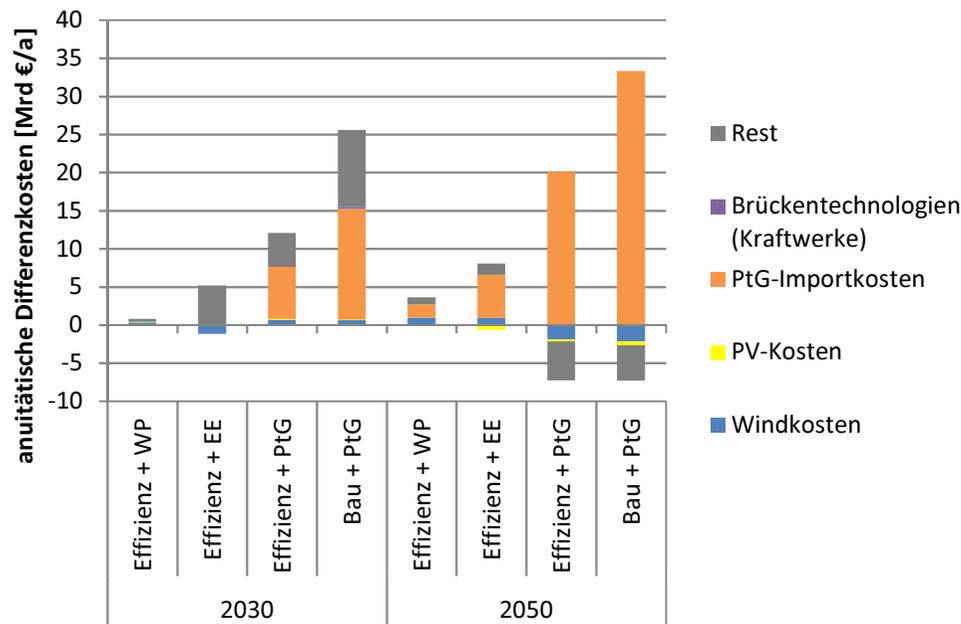
Abgerufene Leistung in 2050



Ergebnisse

Endenergie und Differenzkosten

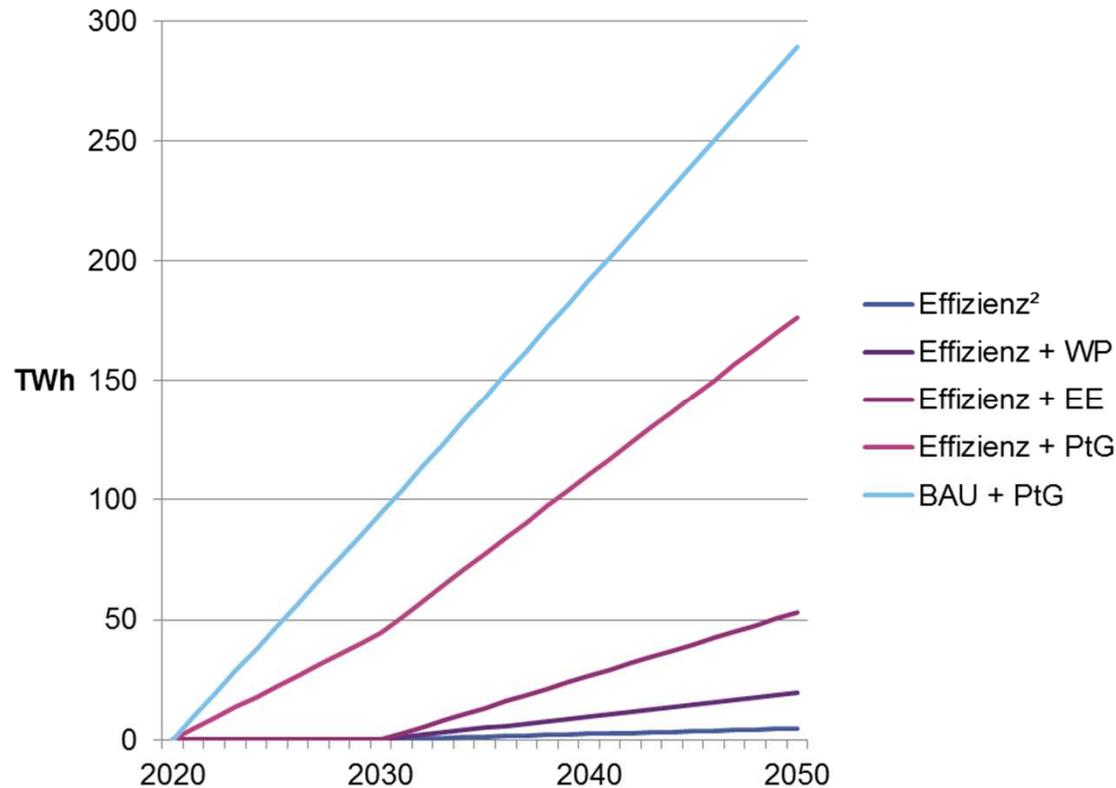
- Die Endenergiebilanz inkl. PtG-Importe macht Effizienzunterschied deutlich



- Annuitätische Differenzkosten der Stützjahre 2030 und 2050

Vergleich der Szenarien

Chancen und Risiken – Markthochlauf PtG-Import



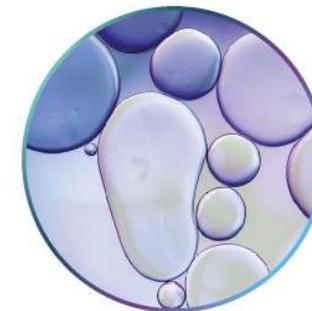
Annahme PtG-Preis

- 2030: 153,8 €/MWh
- 2050: 117,2 €/MWh



Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe

STUDIE



frontier

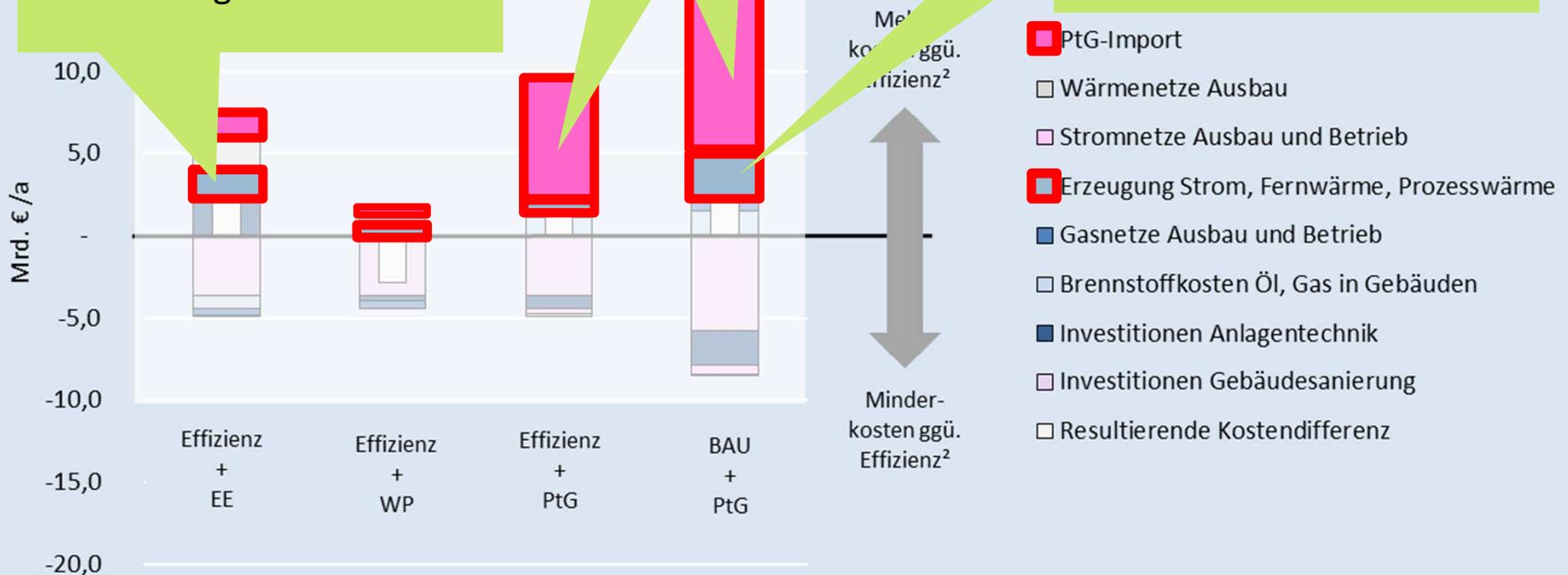
- In PtG-Szenarien früher und steiler Markthochlauf zur Erreichung des Sektorziels für Gebäude in 2030 erforderlich

Strom, Prozess- und Fernwärme

Hohe Kosten für Strom, Prozess- und Fernwärme in Effizienz + EE getrieben durch Versorgung des Fernwärmeausbaus und Biomasseallokation in Holzheizungen

PtG-Importkosten sind die höchsten Einzelkosten

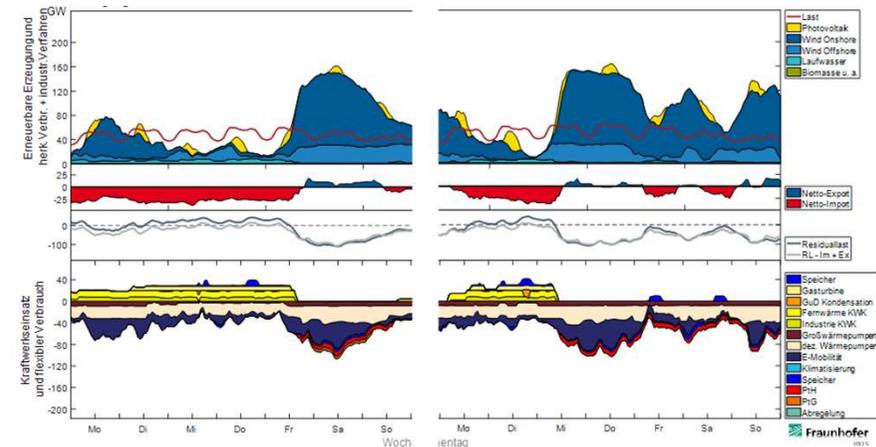
In BAU + PtG werden die Kosten getrieben durch erhöhten Wärmebedarf (Fernwärmeversorgung) und Biomethan für Sektorziel 2030



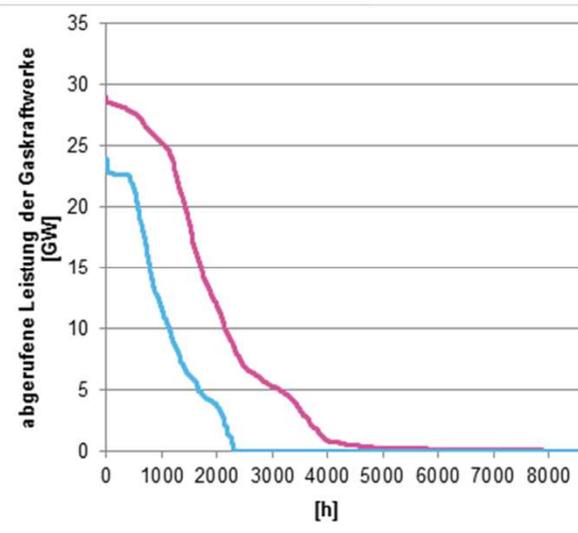
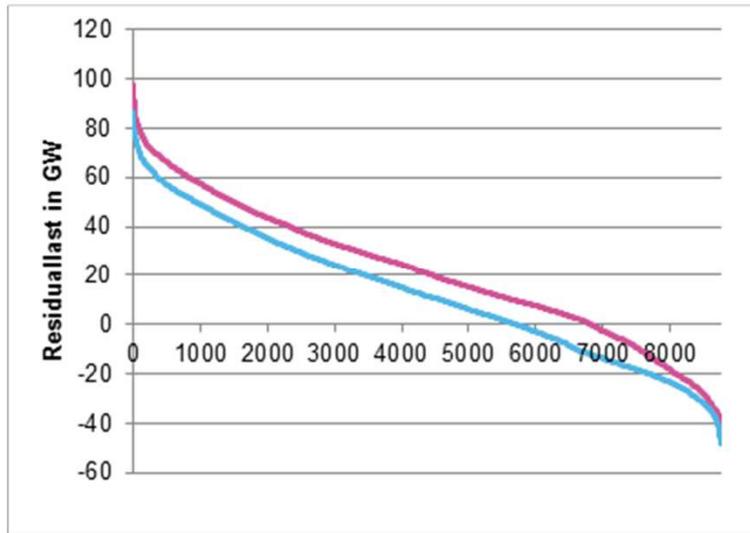
Exkurs - Dunkelflaute

Welche Auswirkung hätte ein anderes Wetterjahr?

- Vergleich gegen Extremjahr 2010
 - Etwas höhere Kraftwerksleistung
 - Etwas höhere Verteilnetzkosten
- ➔ **Ergebnisse sind robust**

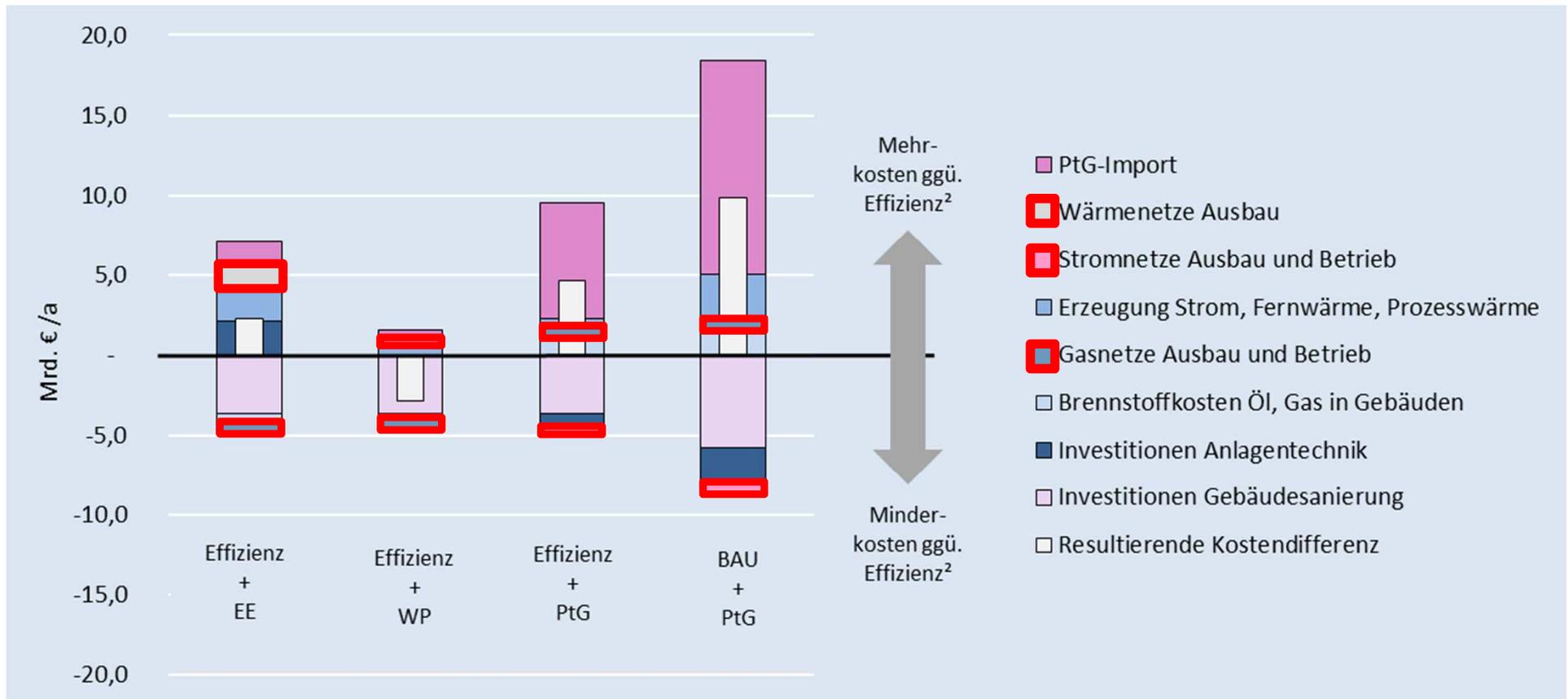


Jahresdauerlinie - Residuallast - und thermischer Kraftwerkspark



Strom-, Wärme- und Gasnetze

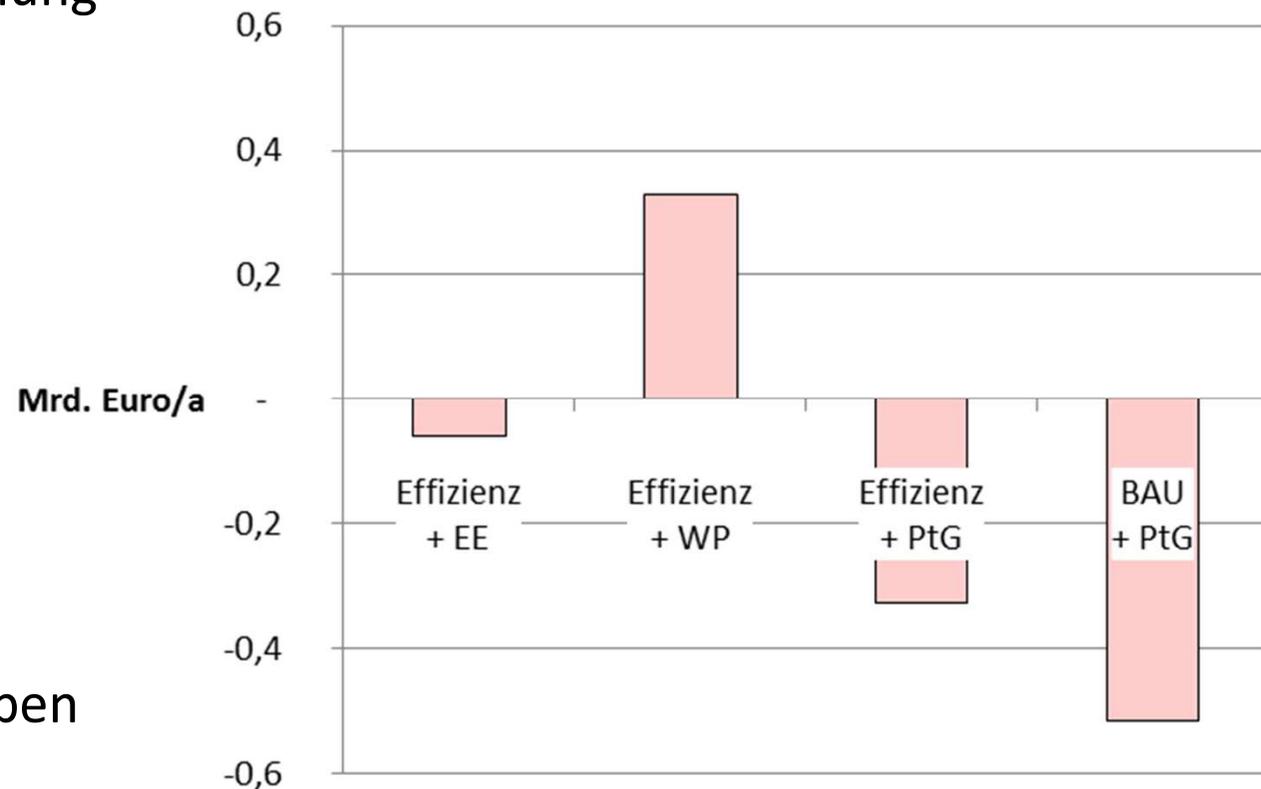
Differenzkosten ggü. Effizienz²



Stromverteilungsnetze

Differenzkosten ggü. Effizienz²

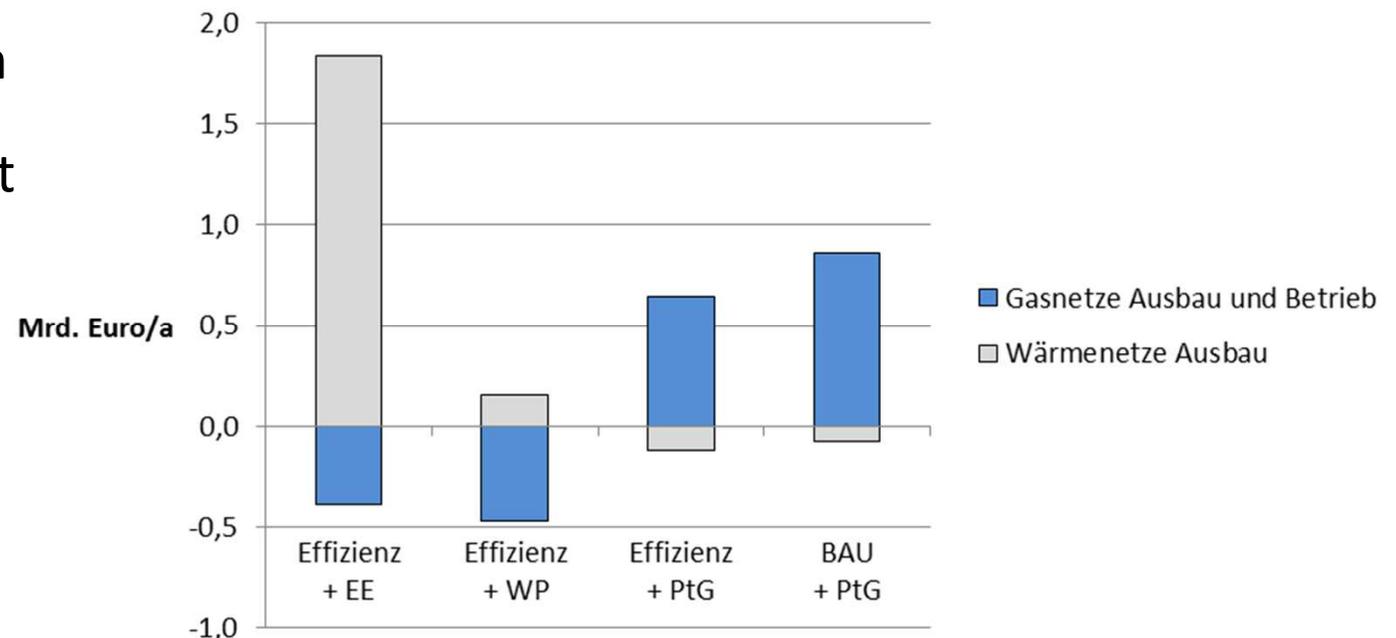
- Die Differenzkosten der Stromverteilungsnetze betragen bis zu 500 Mio. Euro pro Jahr
- Aber ca. Verdoppelung gegenüber heute
- Vergleichsweise geringer Einfluss auf Gesamtergebnis da Ausbau auch durch PV und E-Mobilität getrieben wird und nicht primär durch Wärmepumpen



Wärme- und Gasnetze

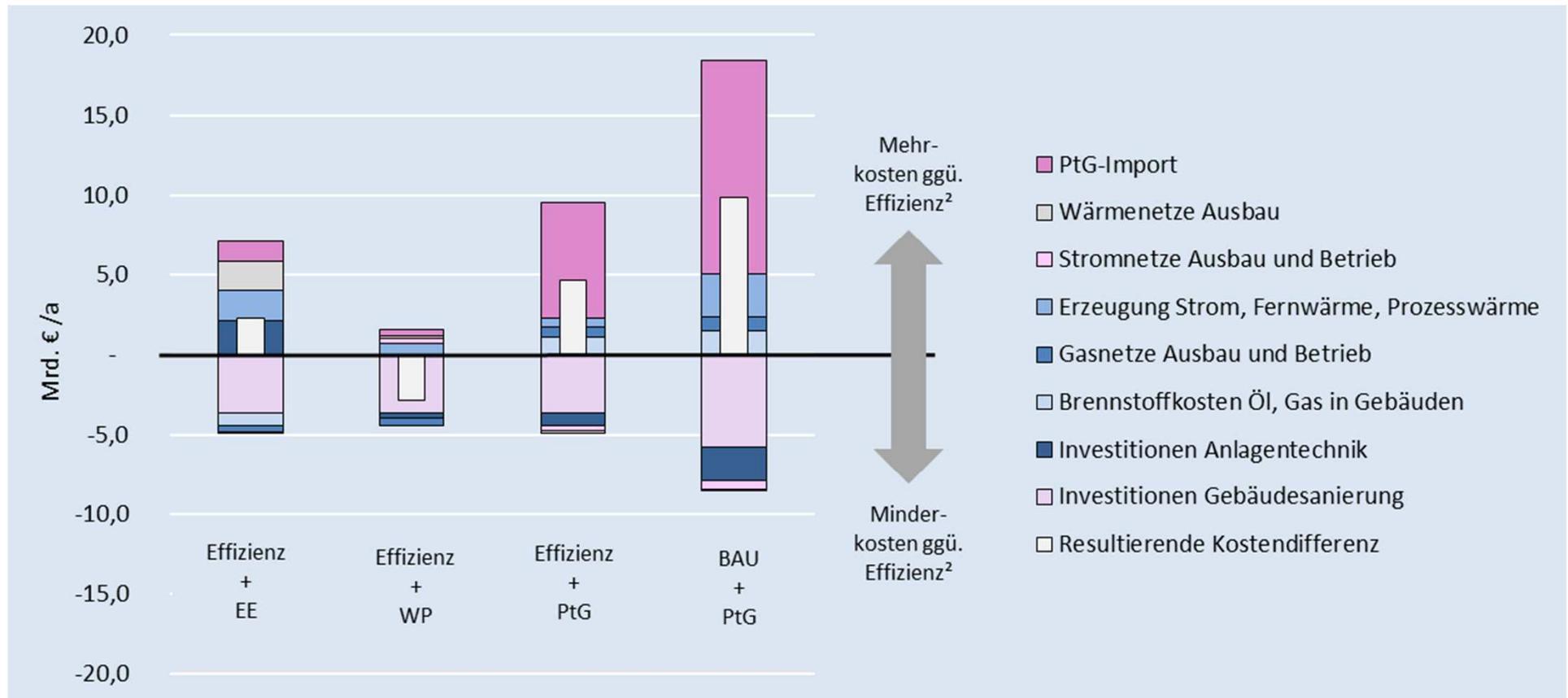
Differenzkosten

- Die Gasnetze werden in allen Szenarien ggü. heute zurückgebaut
- Vergleichsweise geringer Einfluss der Gasnetzkosten auf Gesamtergebnis
- In Effizienz² werden mit derselben Gasmenge mehr Gebäude versorgt, daher höhere Gasnetzkosten als in Effizienz + EE und Effizienz + WP
- Wärmenetze werden in allen Szenarien ggü. heute erweitert
- Sehr starker Ausbau in Effizienz + EE erforderlich



Vergleich der Szenarien

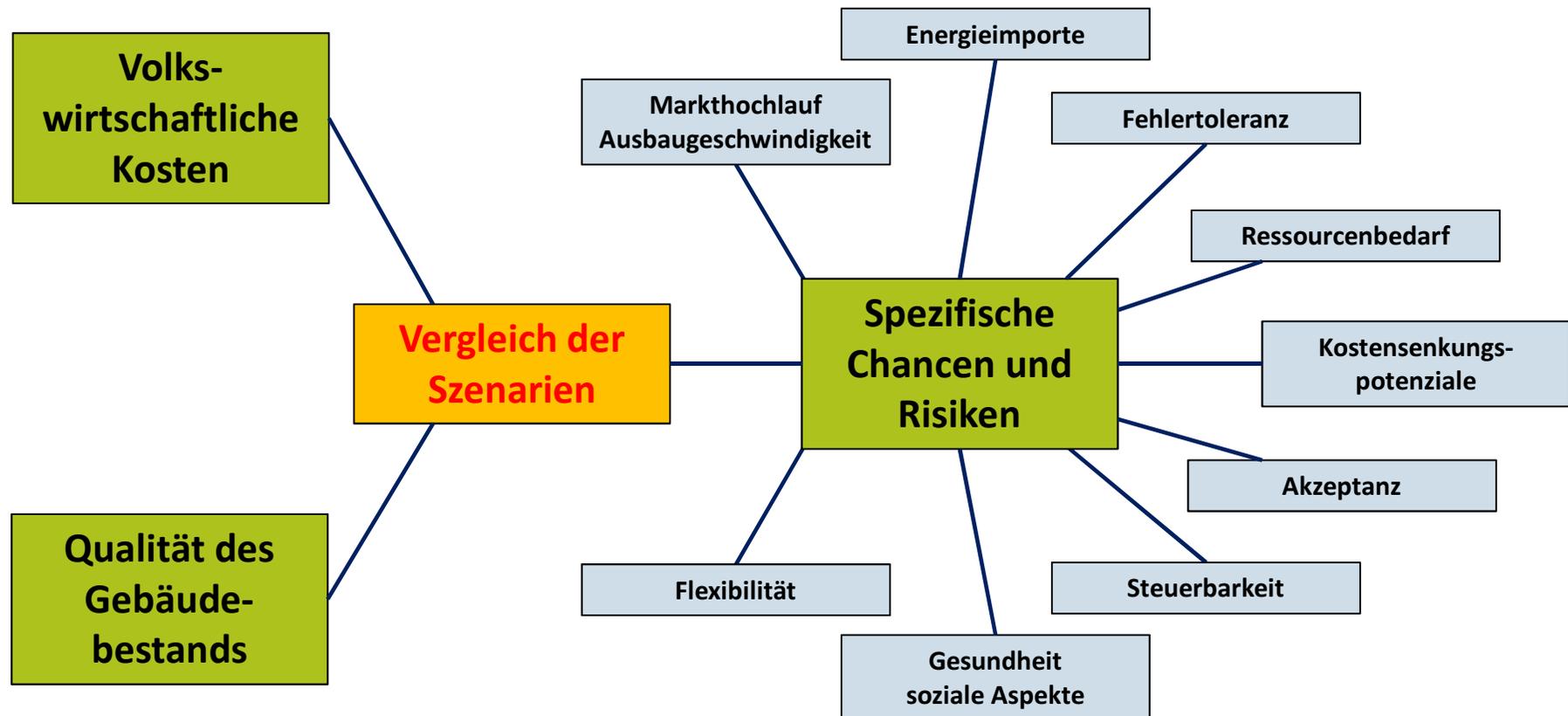
Gesamte Differenzkosten ggü. Effizienz²



Agenda

- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung

Bewertungskriterien



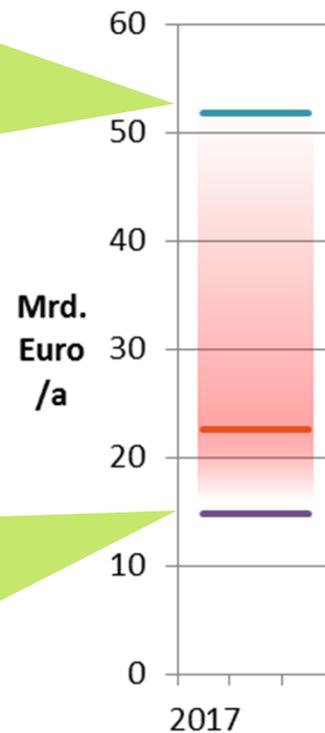
Qualität des Gebäudebestands

Eingrenzung der tatsächlichen Investitionen heute

Instandhaltungskosten
berechnet aus den
Empfehlungen für
Instandhaltungsrücklagen:
52 Mrd. Euro p.a. ;
Entspricht 836 Euro/m²

enthält alle Gewerke

Instandhaltungskosten
Bottum-Up-Berechnung
aus empirischen
Sanierungsraten und
Ohnehin-Kosten:
14,8 Mrd. Euro p.a.;
Entspricht 235 Euro/m²



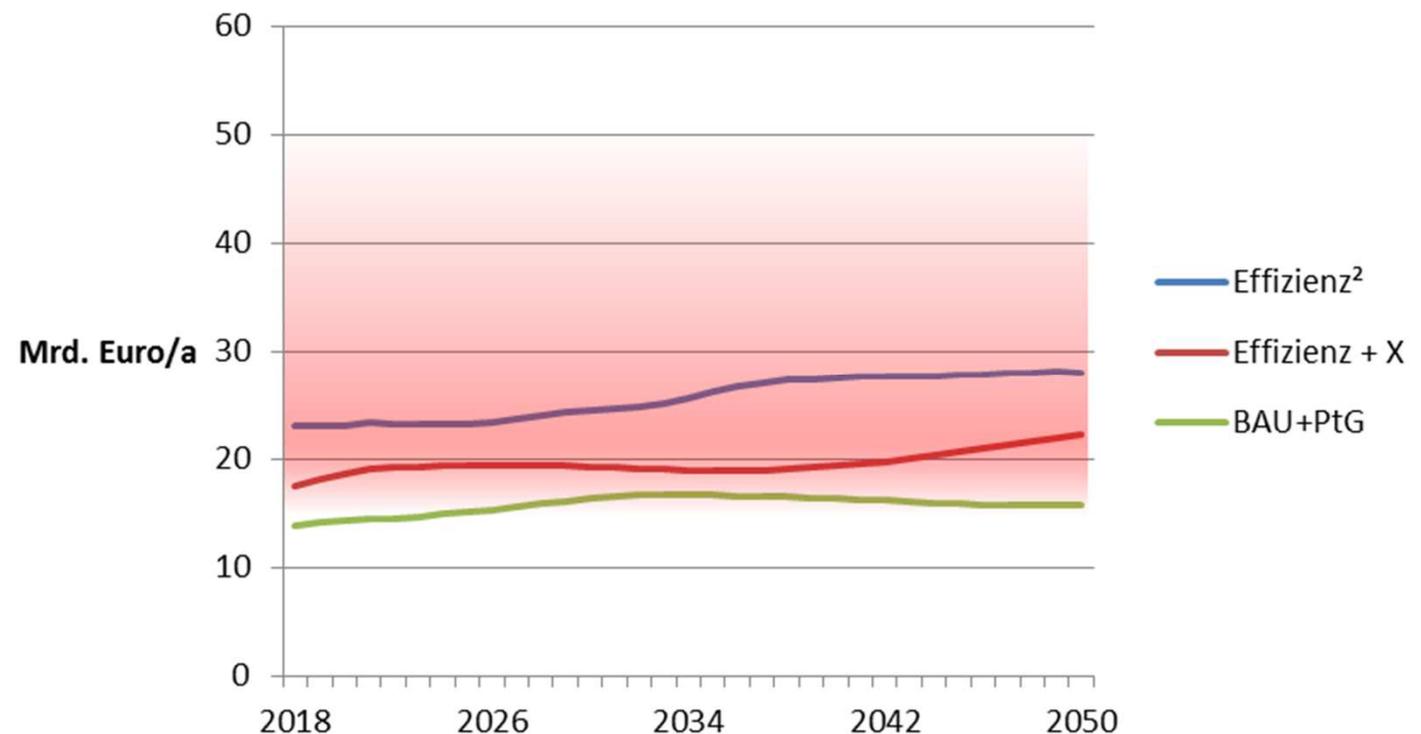
Instandhaltungskosten
gemäß Strukturdaten
(DIW 2017):

22,6 Mrd. Euro p.a.;
Entspricht 384 Euro/m²

Qualität des Gebäudebestands

Instandhaltung der Gebäude

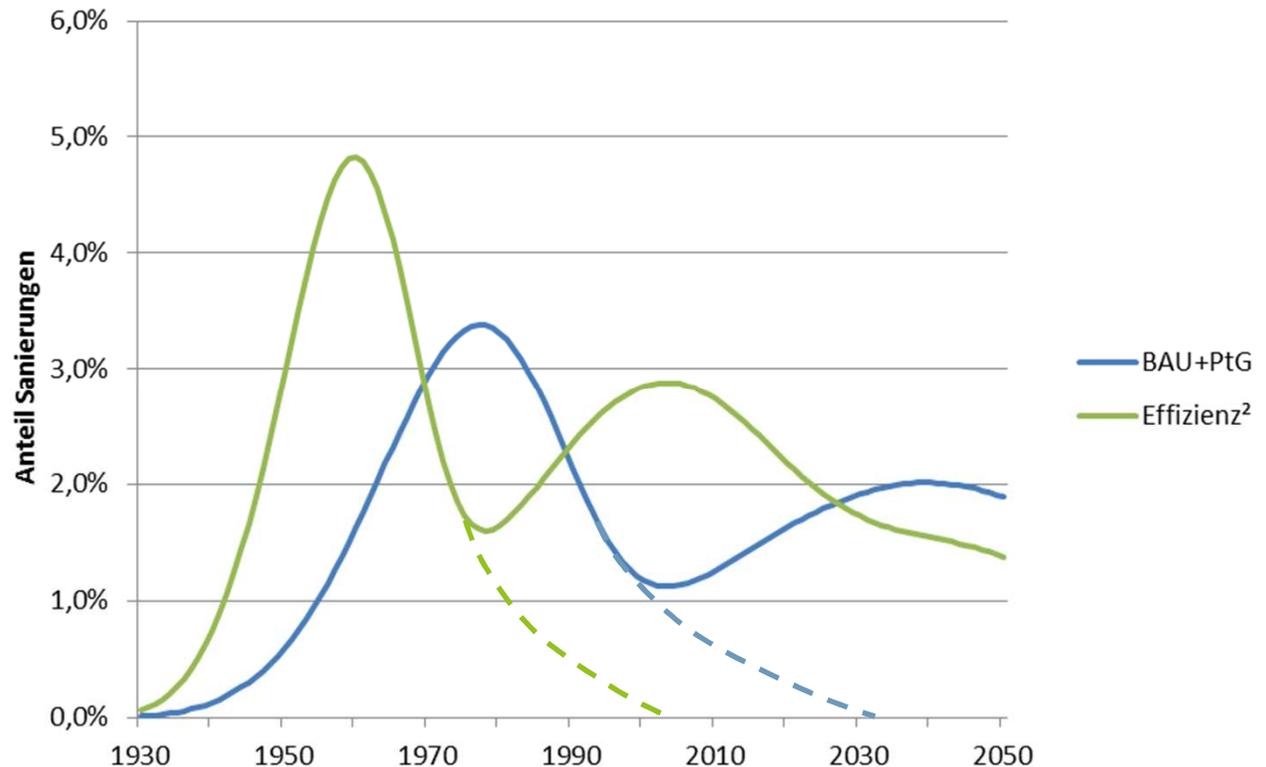
- Die Investitionen in die Instandhaltung der Gebäude (ohne energetische Maßnahmen) sind in Effizienz² durchschnittlich um 10 Mrd. Euro höher als in BAU + PtG



Qualität des Gebäudebestands

Instandhaltung der Gebäude

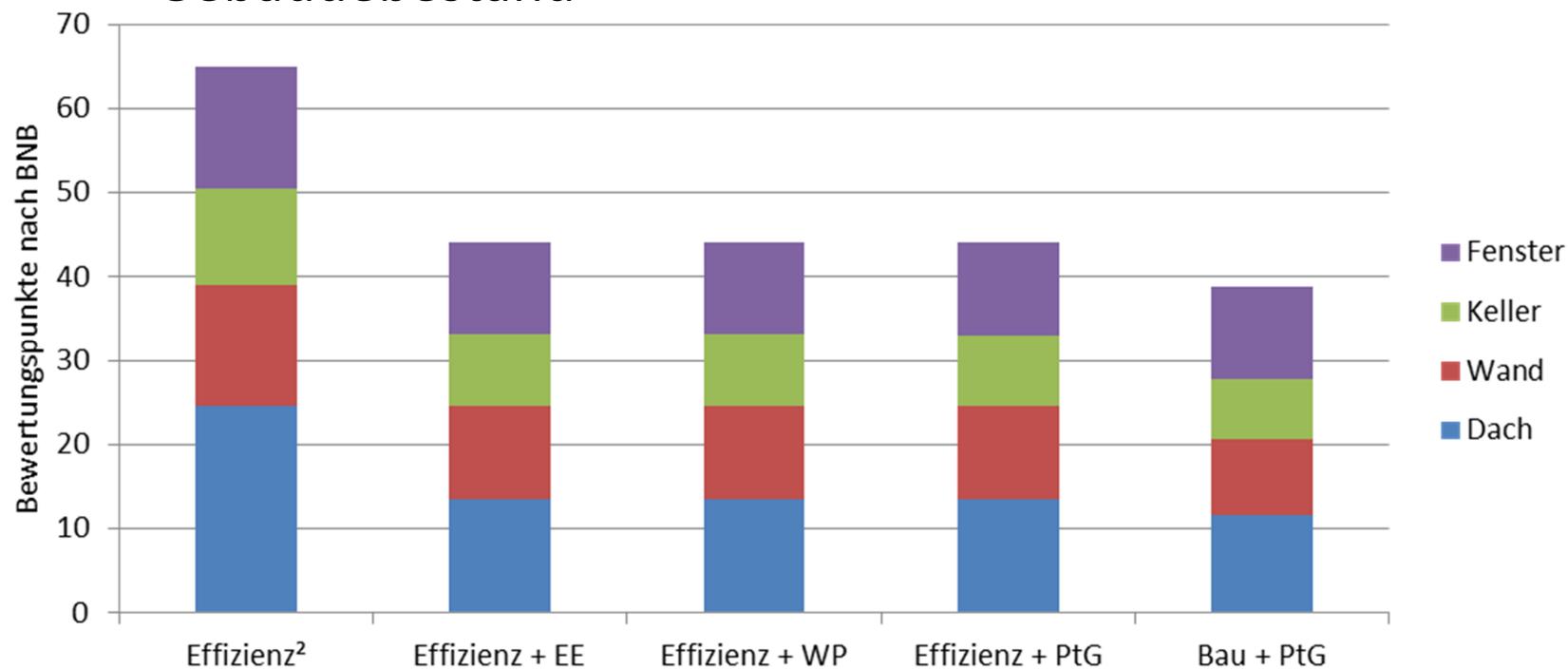
- Beispiel Sanierungszyklen für ein Gebäude Baujahr 1919
- Besonders am Ende der Zyklen steigt die Gefahr von Schäden
- In Effizienz² ist der Gebäudebestand besser gewartet



Qualität des Gebäudebestands

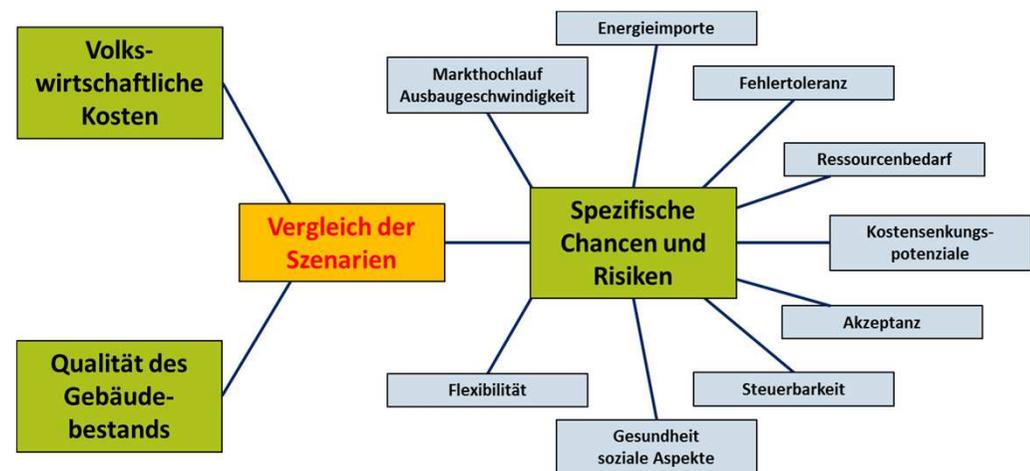
Technische Qualität im Jahr 2050

- Bewertung der technischen Qualität nach dem Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB)
- Punktebewertung für Wärme- und Tauwasserschutz für den Gebäudebestand



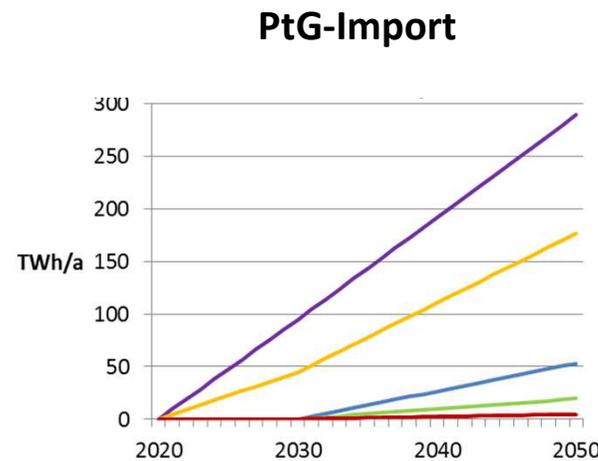
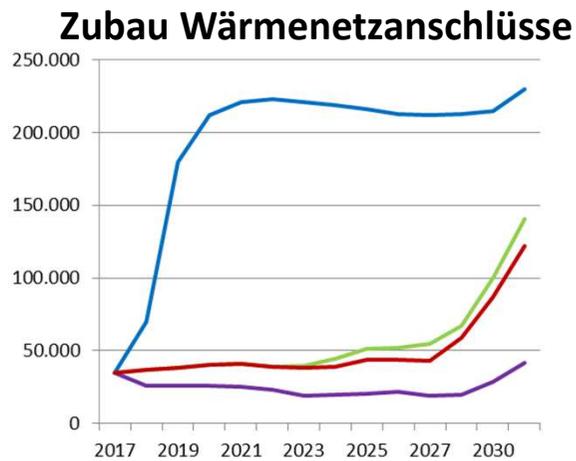
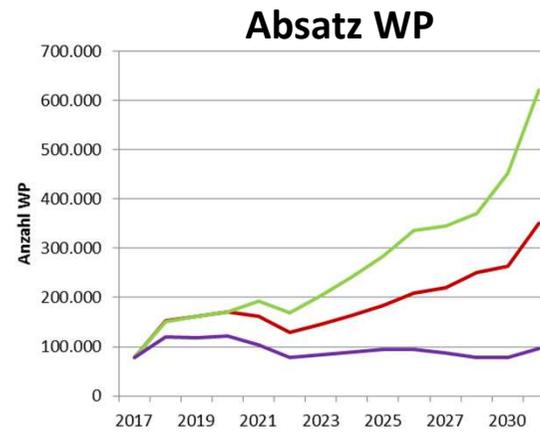
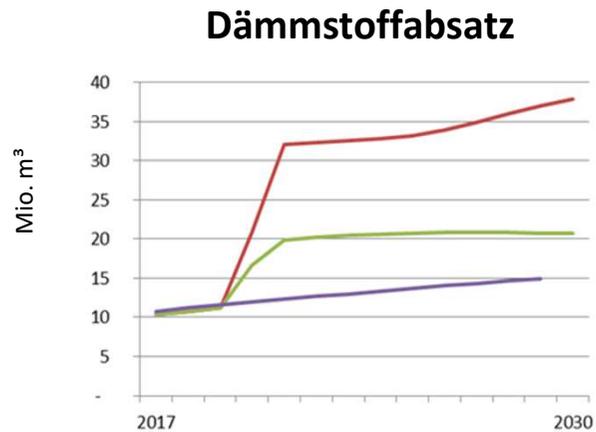
Agenda

- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung



Chancen und Risiken

Erforderlicher Markthochlauf



- BAU + PtG
- Effizienz + PtG
- Effizienz + EE
- Effizienz + WP
- Effizienz²

- Der Ambitionsgrad ist in allen Szenarien weit höher als heute
- Entscheidend ist, welche Technologie die Anforderungen mit realistischem Aufwand erfüllen kann

- In Effizienz² können auch nachträglich ambitioniertere Klimaziele (z.B. -95% THG) erreicht werden
- In Effizienz² kann auf unerwartete Veränderungen oder nicht eintretende Vorbedingungen flexibel reagiert werden
 - Weil EE-Wärme-Potenziale nicht ausgeschöpft werden
 - Effizienz den Einsatz von EE-Wärme vereinfacht
- Bei geringerer Effizienz wird es zunehmend schwieriger, auf alternative Technologien umzuschwenken

Chancen und Risiken

Steuerbarkeit

- Bessere Planbarkeit bei Technologien, die breit am Markt eingeführt sind
- In den PtG-Szenarien Vorbedingungen auf multi-nationaler Ebene zu erfüllen, die nur eingeschränkt von Deutschland zu beeinflussen sind
- Vorbedingungen für Effizienz + WP
 - Ausreichend geeignete Gebäude
 - Dekarbonisierung der Stromerzeugung

Chancen und Risiken

Akzeptanz

- Grundsätzlich geringe Bereitschaft in energetisches Bauen zu investieren – Angst vor finanziellen Einbußen
- Akzeptanz für Gebäudedämmung unterliegt starken Schwankungen
 - Diskussion zum Teil durch Mythen geprägt
 - kann durch geeignete Instrumente beeinflusst werden

Chancen und Risiken

Kostensenkungspotenziale

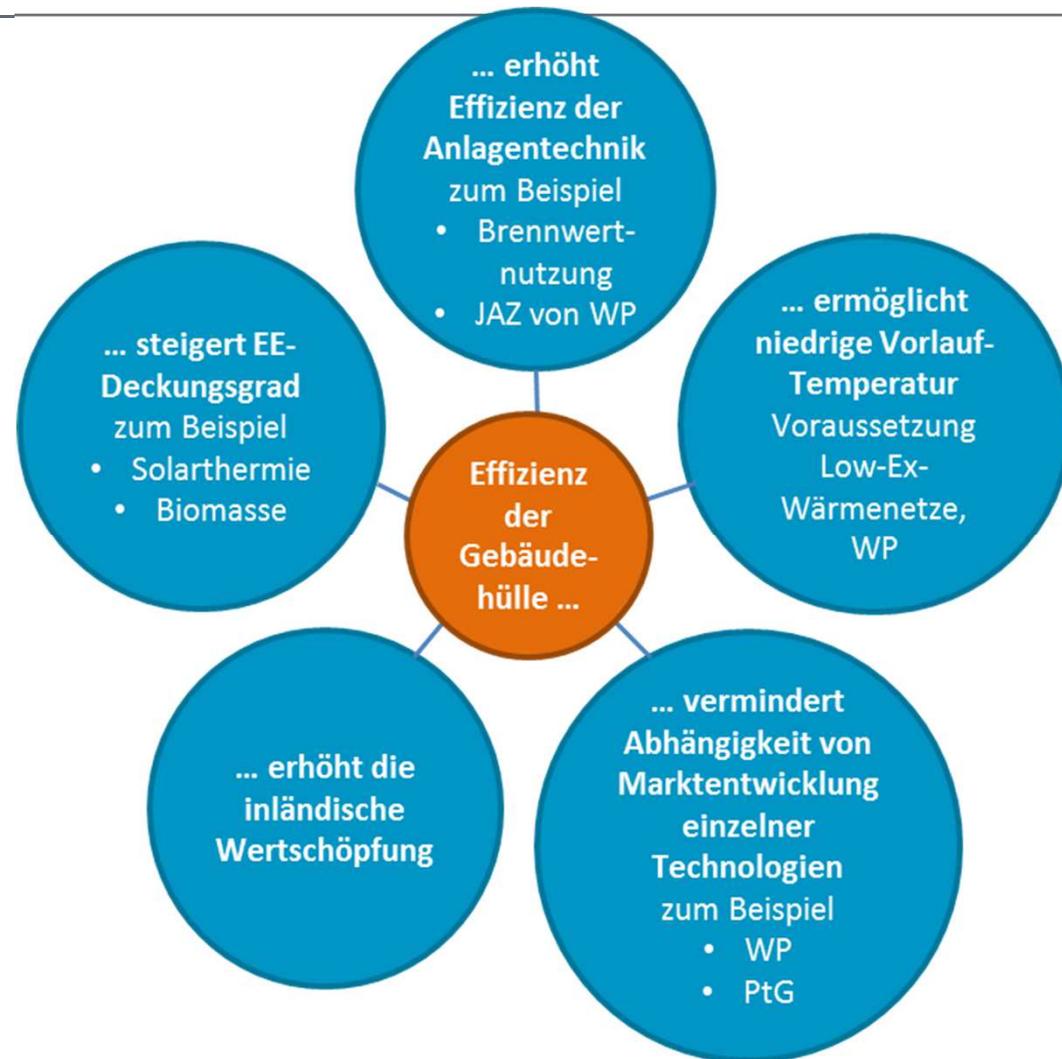
- Lernkurveneffekte durch Massenfertigung in allen Szenarien gegeben, aber abhängig von unterschiedlicher Reife der Technologien und Skalierung
- Kostensenkungen durch technische Weiterentwicklung z.B.
 - Industrielle Sanierung
 - Großwärmepumpen
 - Speichertechnologien
- PtX-Nutzungskonkurrenz mit Verkehr und chemischer Industrie
 - Engt Potenzial für PtG-Nutzung in Wärmeerzeugung ein
 - Kann Preisbildung überlagern

Agenda

- 1 Vorgehen und Modelle
- 2 Volkswirtschaftliche Bewertung
- 3 Rückkopplung zwischen Gebäuden und Energiesystem
- 4 Qualitative Bewertung
- 5 Chancen und Risiken
- 6 Schlussfolgerung

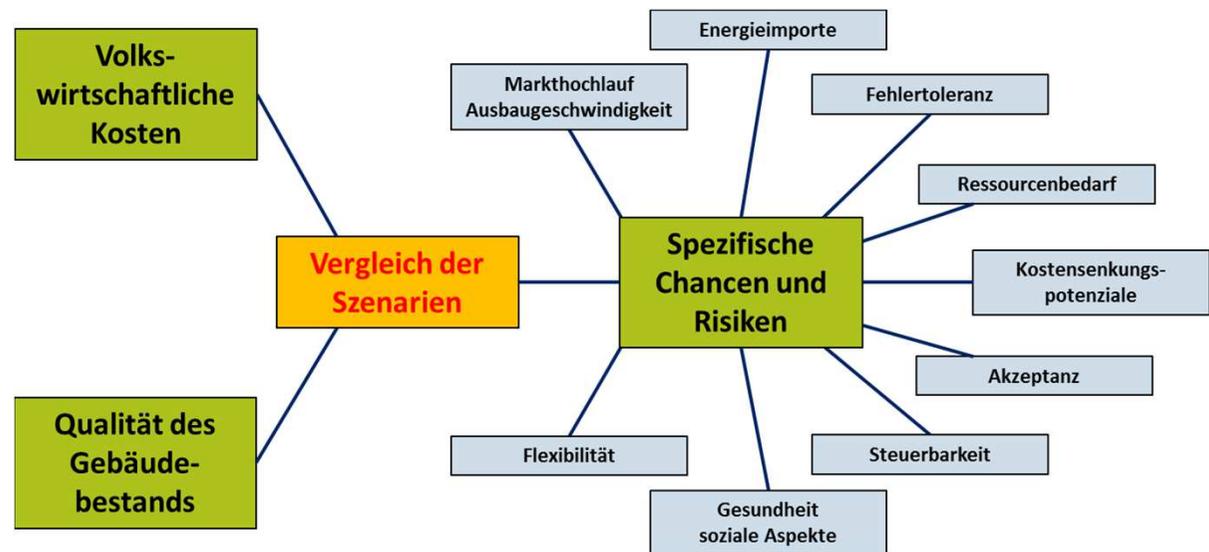
Schlussfolgerungen

Die Wechselwirkungen zwischen Effizienz und Erneuerbaren Energien sind entscheidend für die Realisierbarkeit ambitionierter Szenarien



Schlussfolgerungen

- Effizienz führt zu keinen höheren volkswirtschaftlichen Kosten
- Effizienz erhöht im Gegenzug jedoch die Qualität des Gebäudebestands
- Auch für Effizienz sind Widerstände zu überwinden, aber die spezifischen Chancen und Türöffner-Effekte überwiegen bei weitem



Schlussfolgerungen

Das hohe Ambitionsniveau erfordert rasches Handeln

1. – bei Effizienz
– und Erneuerbaren Energien und PtX

PtG muss sich Herausforderungen stellen

2. – Frühe und steile Markthochlaufgeschwindigkeit
– Vermeidung einer Abhängigkeit von Krisenregionen
– Eingeschränkter Einfluss von Deutschland auf Verfügbarkeit
– PtX primär erforderlich für chemische Industrie, Luft- und Seeverkehr;
Auswirkungen auf Verfügbarkeit und Preis

Effizienz ist der Türöffner für Technologieoffenheit im Gebäudebereich

3. – ohne Effizienz ist kein sinnvoller Einsatz von EE-Wärme möglich
– ohne Effizienz ist kein ambitionierter Klimaschutz möglich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!