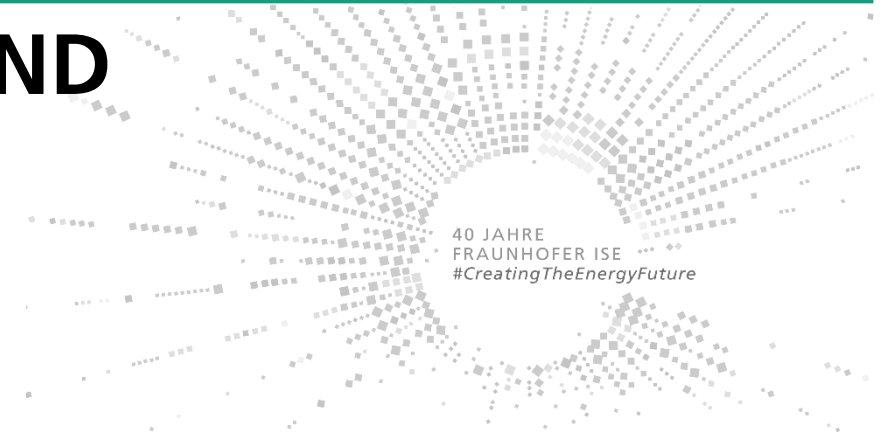


WÄRMEPUMPEN IM GEBÄUDEBESTAND



Hans-Martin Henning

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Berliner Energietage 2021

Session 2.07 »Kann die Wärmepumpe die Gasheizung ablösen? Klimaneutrales Wohnen nicht nur im Neubau«

Berlin, 21.04.2021

www.ise.fraunhofer.de

Inhalt

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Marktentwicklung und Szenarien

Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse

Fazit

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

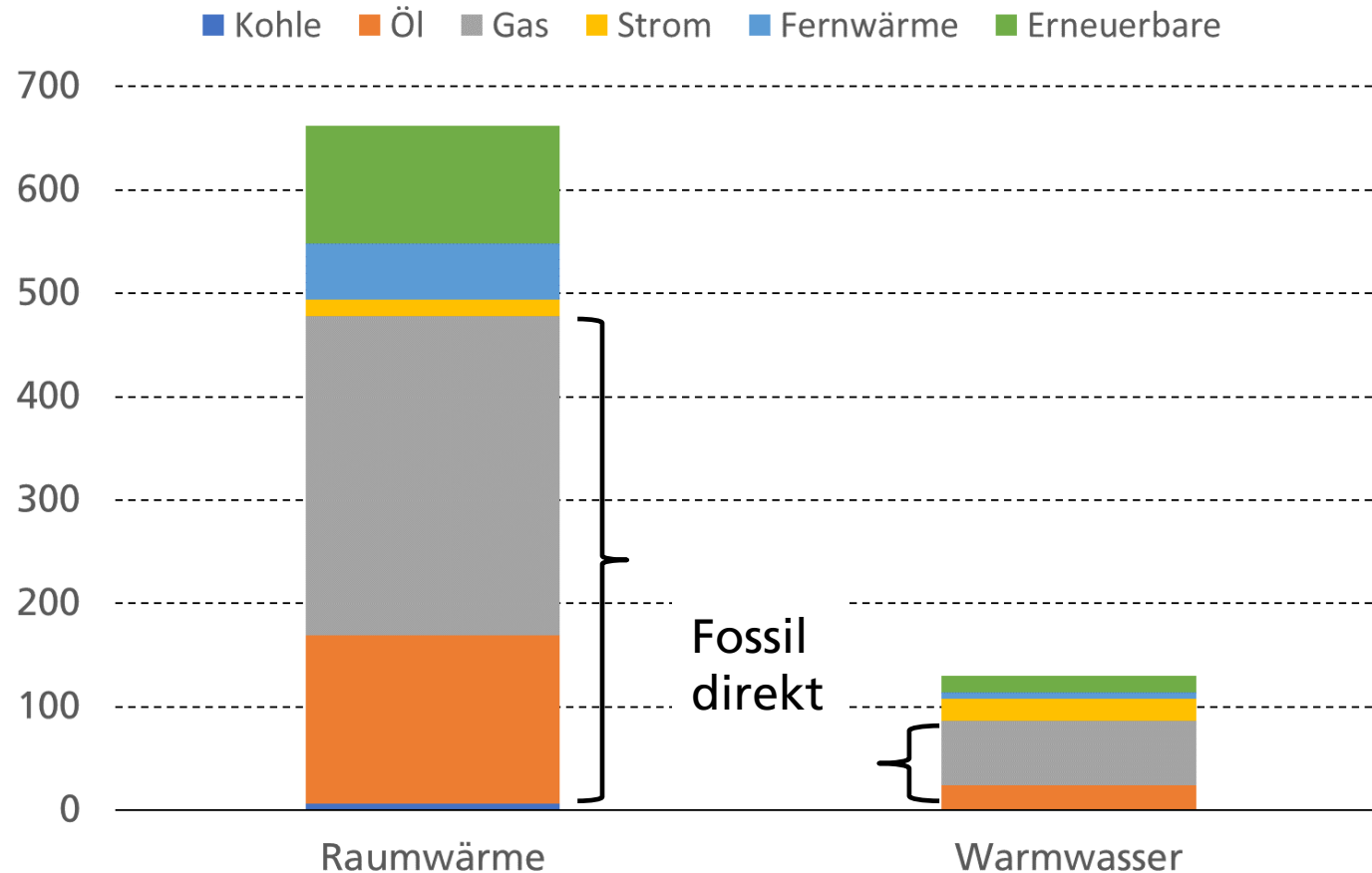
Marktentwicklung und Szenarien

Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse

Fazit

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Endenergie Raumwärme und Warmwasser 2019 in TWh

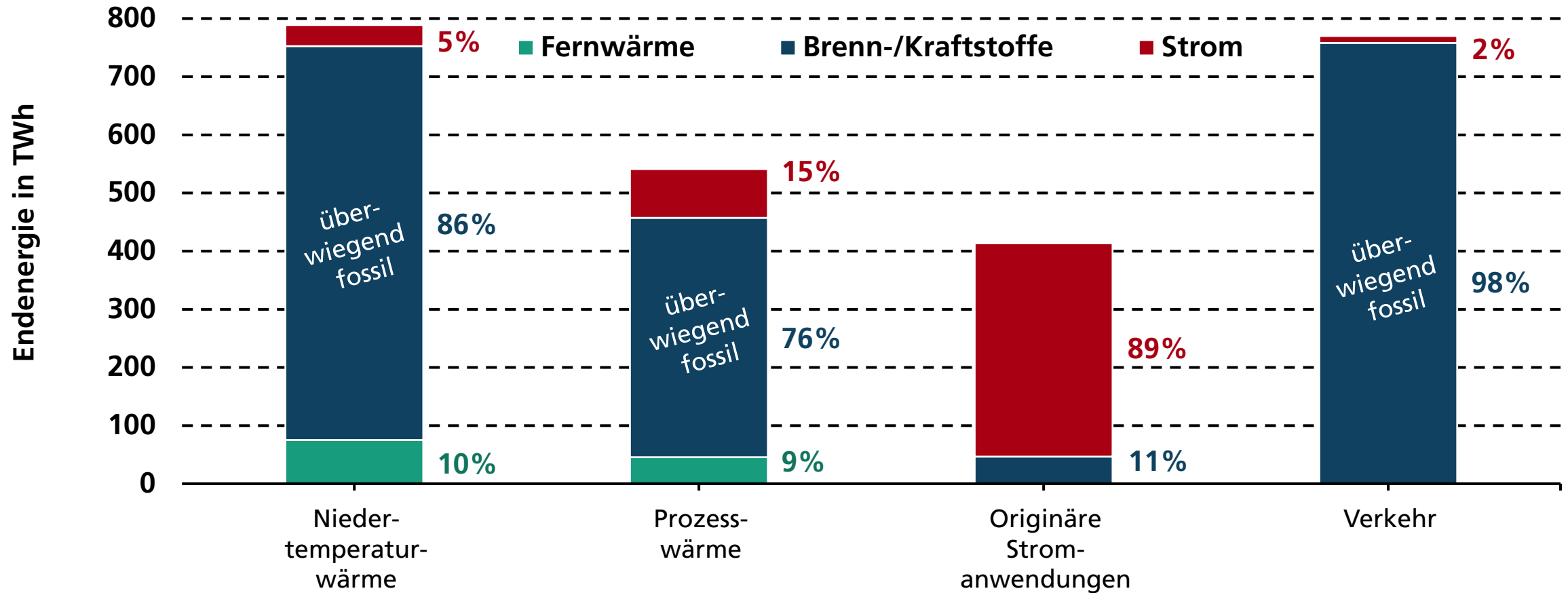


- Raumwärme und Warmwasser 33,5% der gesamten Endenergie
- Anteil direkt genutzter fossiler Energieträger 71%
- Erneuerbare überwiegend Biomasse

Endenergie	Raumwärme + WW
Fossil direkt	71%
Strom	5%
Fernwärme	8%
Erneuerbare	16%

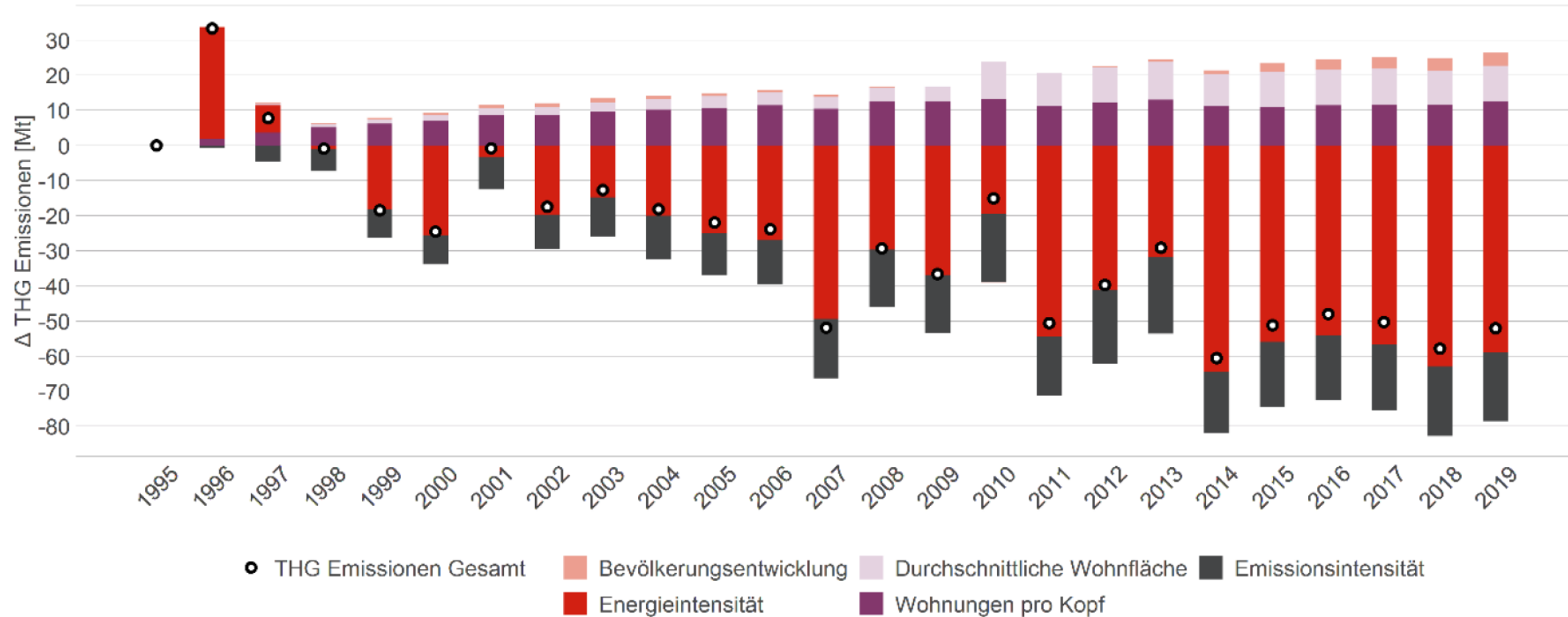
Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Endenergieträger nach Anwendungsbereichen 2018 in TWh



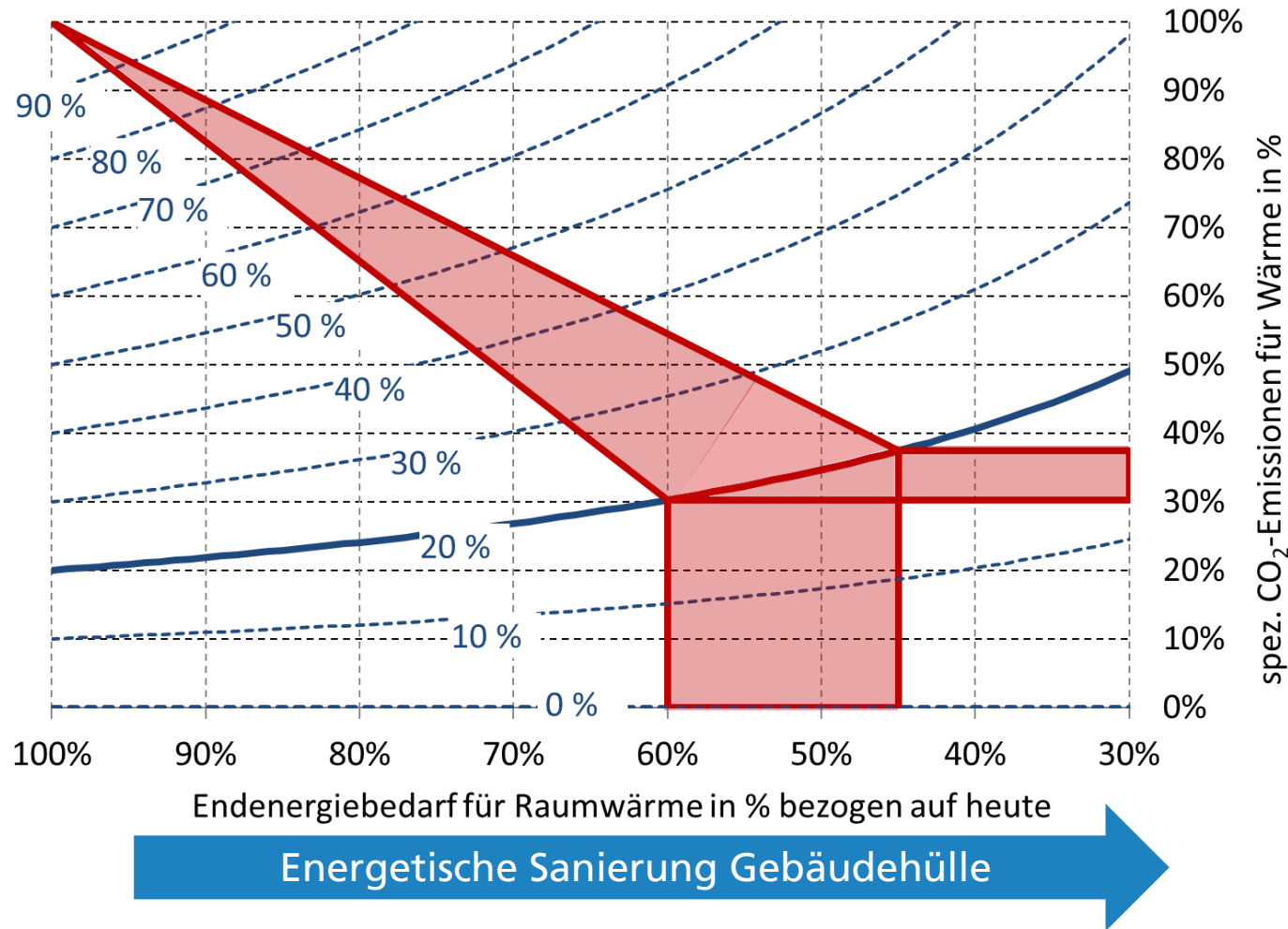
Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Dekomposition der Emissionen der Gebäude privater Haushalte 1995-2019



Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Zielpfad für Wärme im Gebäudesektor



- Reduktion lt. Klimaschutzgesetz bis 2030: von heute 120 Mt CO₂e auf 70 Mt CO₂e in 2030 → Reduktion um 58 %
- Reduktion auf 20% des heutigen Wertes in etwa bis zum Jahr 2040
- Mögliche Beschleunigung durch EU-Zielverschärfung
- Klimaschonende Wärmebereitstellung → erneuerbare Energien

Inhalt

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Marktentwicklung und Szenarien

Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse

Fazit

Wärmepumpen

Marktübersicht

■ Neubau:

- Ein- und Zweifamilienhäuser:
Mit 46 %¹ Marktanteil die häufigste Heiztechnik
- Mehrfamilienhäuser: 24 %¹
(Ca. 54 % aller Wohnungen und 41 % der Wohnfläche befinden sich in Mehrfamilienhäusern)

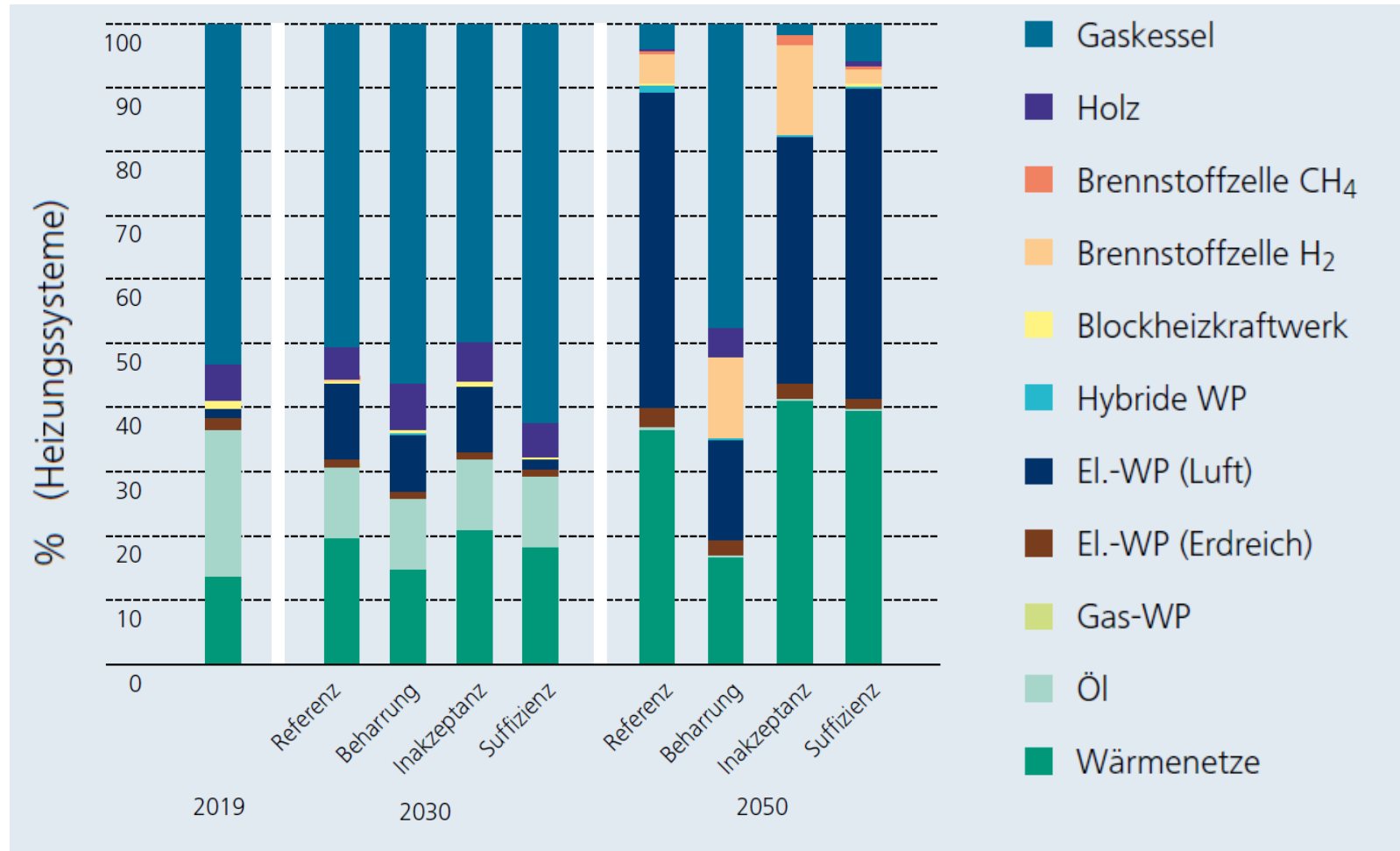
■ Bestand:

- Marktanteil bei allen Sanierungen: 6 %²
- Keine Differenzierung zwischen Ein-/Zwei- und Mehrfamilienhäusern



Zukünftige Heizungstechniken

Beispielhafte Ergebnisse aus Gesamtsystemoptimierung



Zentrale Ergebnisse systemanalytischer Szenarien

- Sanierung rund 1,7%/a
- Wärmepumpen und Fernwärme wichtigste Wärmebereitstellungstechniken
- Wasserstoff im Kontext Kraftwärmekopplung und Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen
- Solarthermie kommt hinzu; hier nicht dargestellt

WP: Wärmepumpe

Inhalt

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

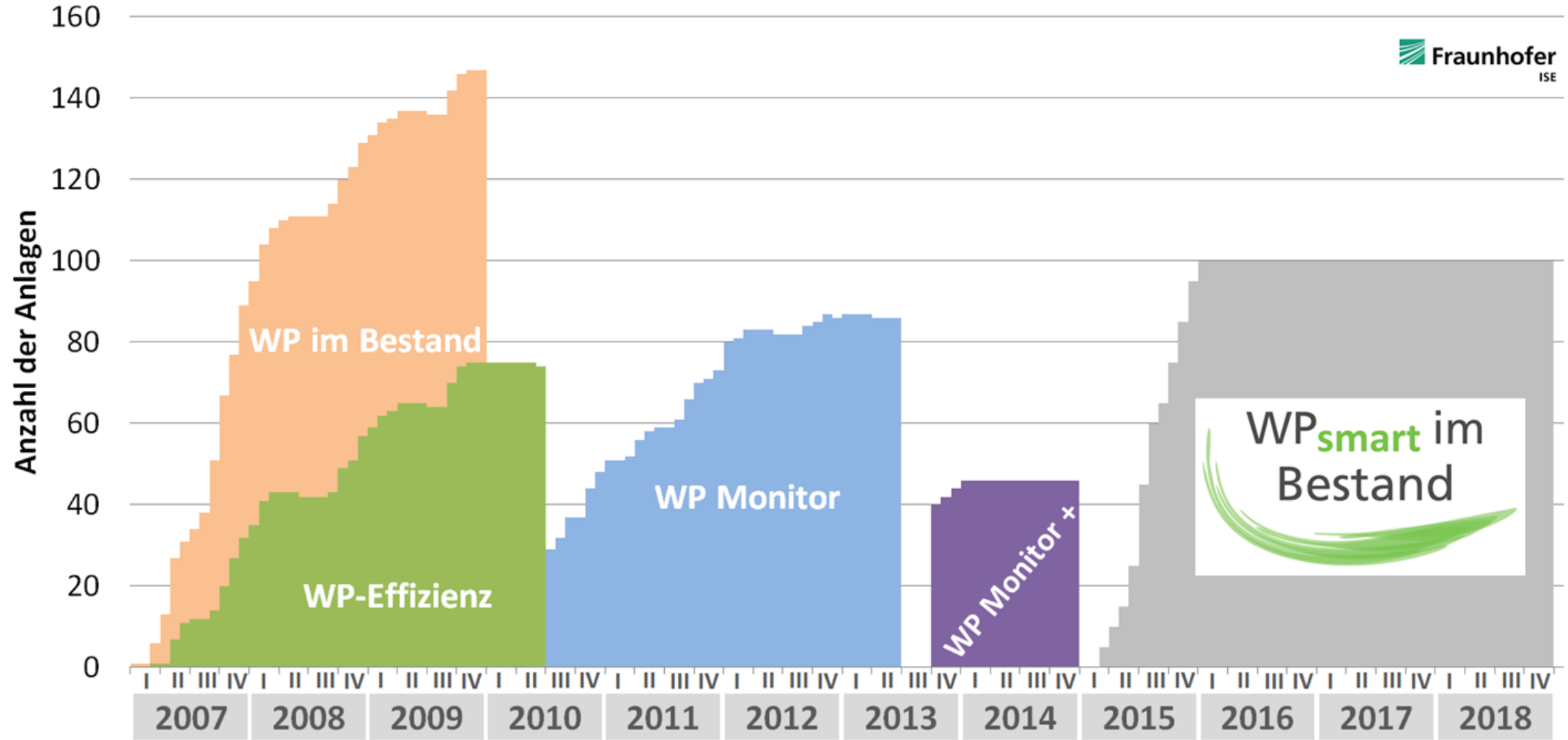
Marktentwicklung und Szenarien

Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse

Fazit

Wärmepumpen-Monitoring

Zurückliegende Projekte des Fraunhofer ISE



Wärmepumpen-Monitoring: Projekt »WPsmart im Bestand«

Baujahre: 1850 bis 2001 (diverse Sanierungszustände)

Beheizte Wohnfläche: 91 bis 350 m²

Luft/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen

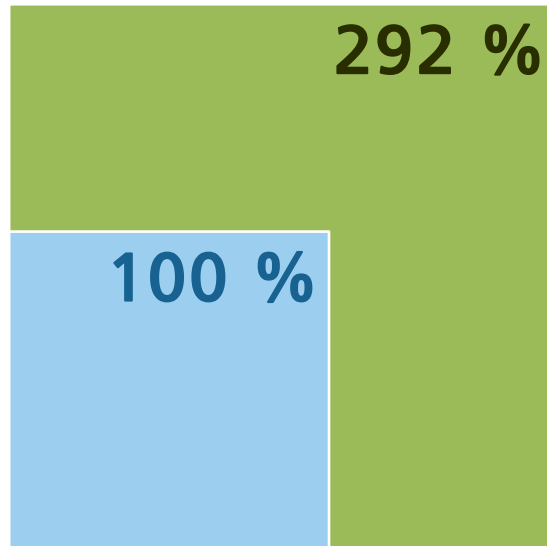
Alle Anlagen für Heizung und WW-Bereitung

8 Hersteller, Th. Leistung von 6 bis ca. 34 kW

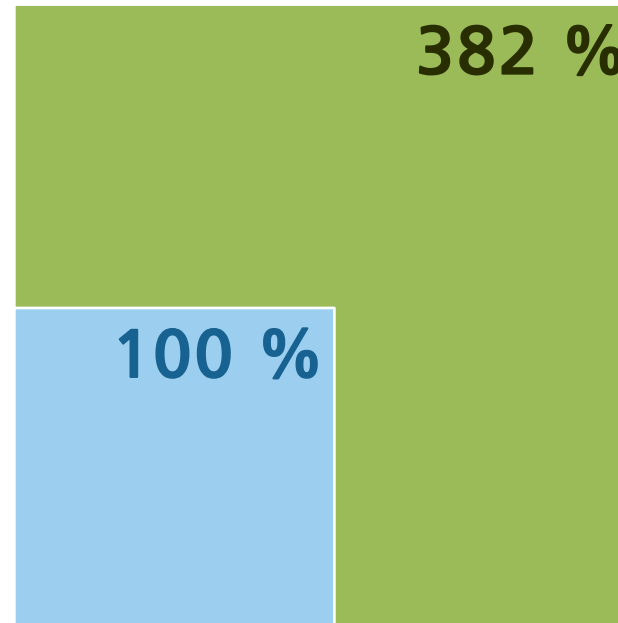
Wärmepumpen-Monitoring

Effizienz der Wärmepumpensysteme

117 Luft/Wasser-
Wärmepumpen



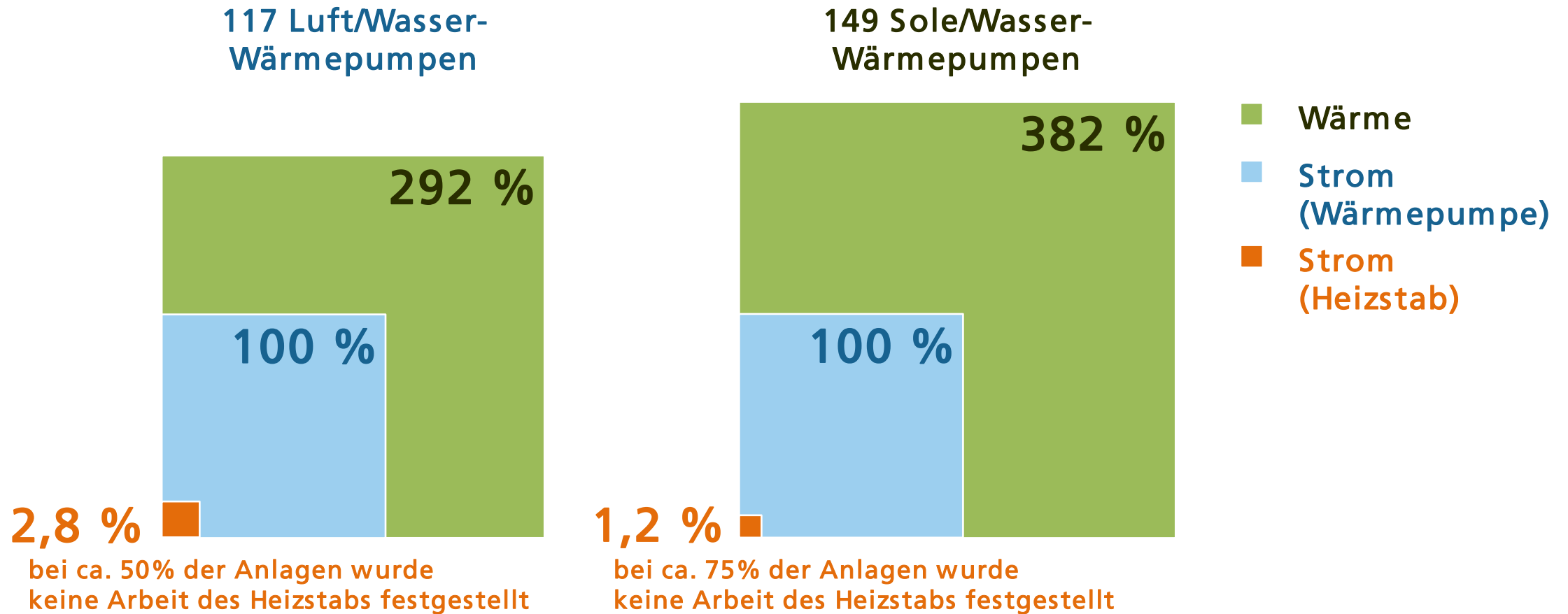
149 Sole/Wasser-
Wärmepumpen



■ Wärme
■ Strom
(Wärmepumpe)

Wärmepumpen-Monitoring

Effizienz der Wärmepumpensysteme: Wie oft arbeiten Heizstäbe?

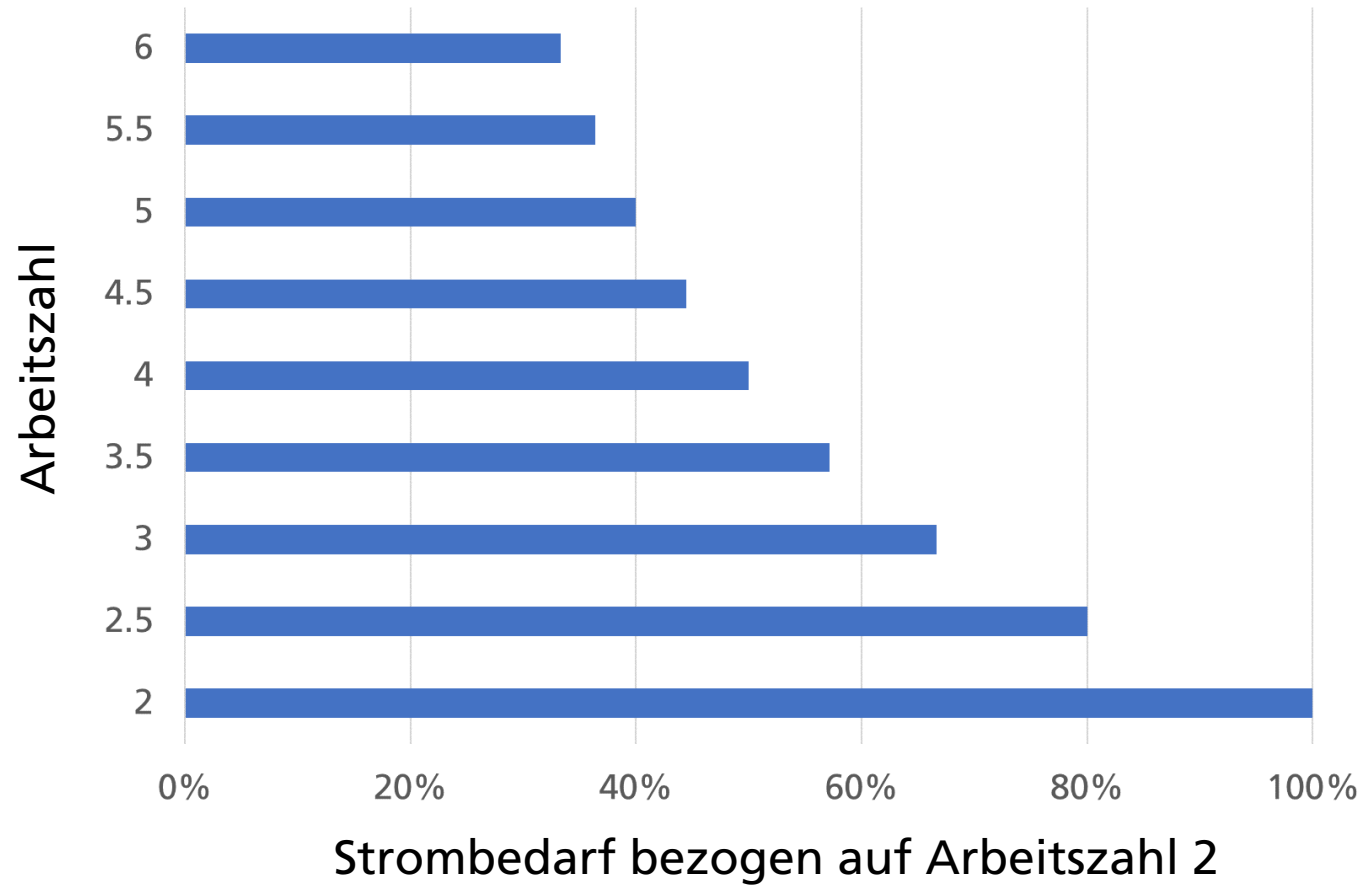


Wärmepumpen-Monitoring

Arbeitszahlen in Einfamilienhäusern

Projektname		■ Luft/Wasser-WP	■ Sole/Wasser-WP	Anlagenanzahl	Messperiode
Neubau	WP Effizienz	2,3	3,1	18 56	07.2007-06.2010
	WP Monitor	2,2	3,0	35 45	07.2012-06.2013
Altbau	WP im Gebäudebestand	2,1	2,2	35 36	01.2008-12.2009
	WPsmart im Bestand	2,5	(1,8)	29 12	07.2018-06.2019 (neuste Ergebnisse)

Arbeitszahl und Strombedarf



- Erhöhung der Arbeitszahl von 2 auf 3
➔ 33,3% Stromeinsparung
- Erhöhung der Arbeitszahl von 4 auf 5
➔ 10 % Stromeinsparung

Wärmepumpen-Monitoring: Projekt »WPsmart im Bestand«

Beispielhäuser



Baujahr des Hauses	1937 (84 Jahre alt)
Heizenergieverbrauch	etwa 210 kWh/(m²a)
Energetischer Zustand	sehr schlecht, kaum saniert Fenster und Heizkörper ausgetauscht
Heizsystem	Außenluftwärmepumpe mit Heizkörpern
Effizienz der Wärmepumpe	3,0

➔ Auch bei geringer Sanierung können Wärmepumpen mit hoher Effizienz eingesetzt werden



Baujahr des Hauses	1973 (48 Jahre alt)
Heizenergieverbrauch	etwa 100 kWh/(m²a)
Energetischer Zustand	durchschnittlich, geringfügig saniert Dach wurde vor 31 Jahren gedämmt
Heizsystem	Erdreichwärmepumpe mit Heizkörpern
Effizienz der Wärmepumpe	3,7

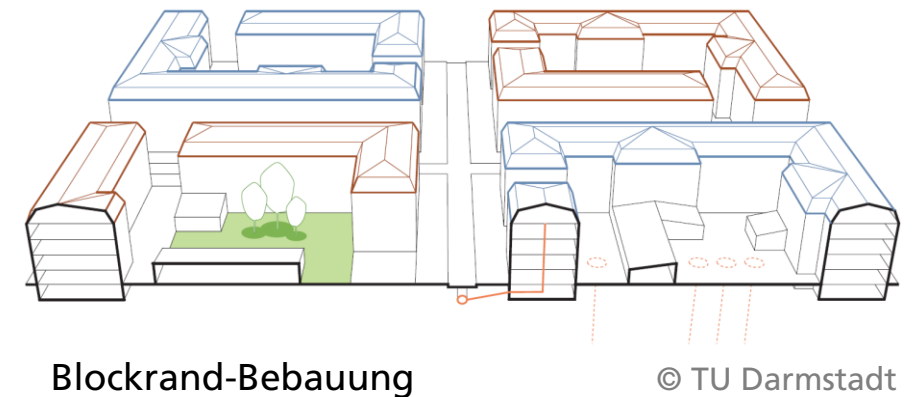
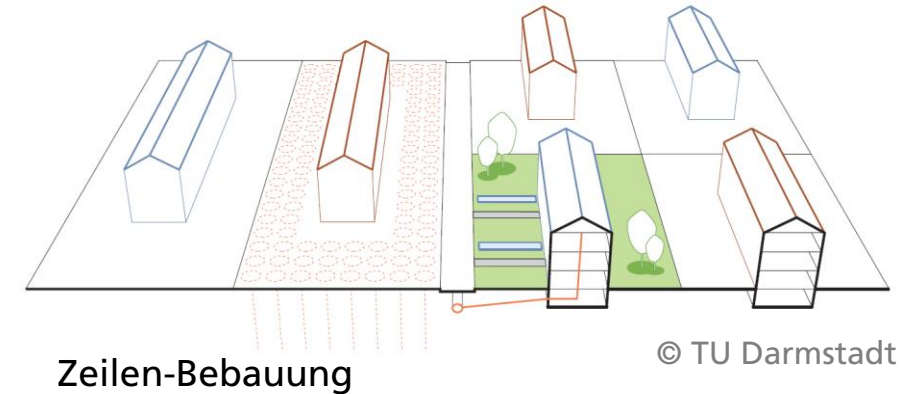
➔ Ersatz des Ölkessels durch eine Wärmepumpe bei ansonsten unverändertem Gebäude möglich

■ Technisch:

- Begrenzte Flächen-Verfügbarkeit für Wärmequelle
→ Schall-Emissionen, Erdsonden-Abstände
- Hohe bestehende Vorlauf-Temperaturen für Radiatoren und Trink-Warmwasser
→ LowEx- Maßnahmen zur Temperaturabsenkung
Voraussetzung für hohe Arbeitszahlen (vgl. Veranstaltung 2.08 bei Berliner Energietagen 2021)

■ Wirtschaftlich:

- Hohe Investitionskosten im Vergleich mit Gas-Brennwert-Kessel
- Hohe Endkunden-Strompreise
- Investor-Nutzer-Dilemma in Mietwohnungen



Geschosswohnungsbau

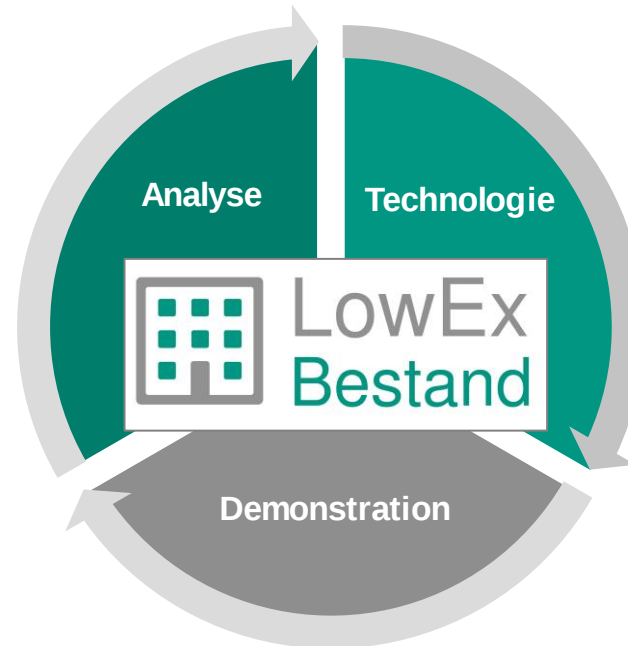
Projektverbund »LowEx-Bestand«

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Analyse
in der Querspange:



Demo-Projekte

- Wohnungsgesellschaft Adorf
- KES Karlsruher Energieservice
- Frank Bramfeld GBR, Hamburg

Technologie-Projekte

■ HTWP



■ FIHLS



■ HEAVEN



■ NK4HTWP



■ AdoSan



Quartierssanierung

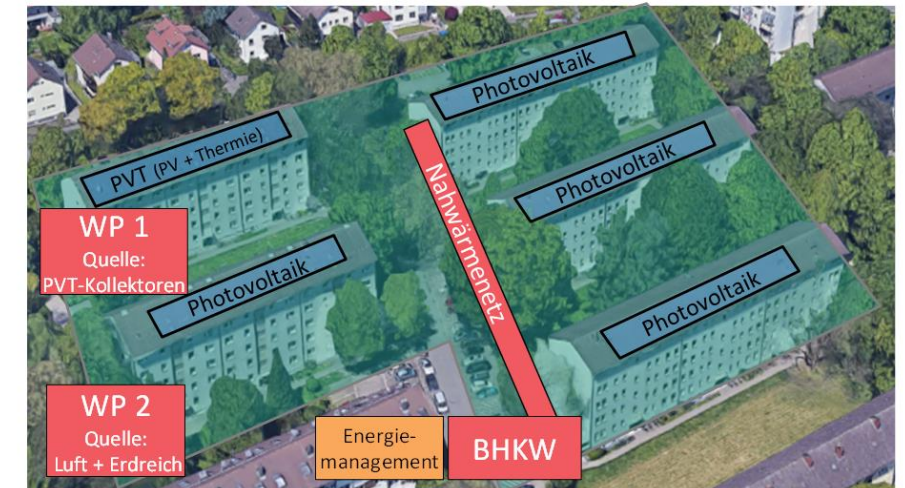
Beispielergebnisse LowEx-Bestand (KA-Durlach)

Heizkörpertausch

- Durch Austausch von 11 % aller Heizkörper Verringerung der Heizungstemperatur von 70/55 °C auf 55/45 °C
- Resultierende Reduktion des Strombezugs Luft-Wärmepumpe für Heizung von 18,5 % und damit Steigerung Jahres-Arbeitszahl von 3,2 auf 3,8.

Trinkwarmwasser

- Temperaturabsenkung durch Einsatz einer zentralen Frischwasserstation
- Reduktion Strombezug Luft-Wärmepumpe mit Heizstab zur Bereitung von Trinkwarmwasser um ca. 25 %
- Zusätzlicher Einsatz von Ultra-Filtration reduziert Strombezug um ca. 50 %.



Smartes Quartier Karlsruhe Durlach

© Google Earth,
Map data: Google, GeoBasis-DE/BK

Projektverbund »LowEx-Bestand« – Querschnittsanalyse

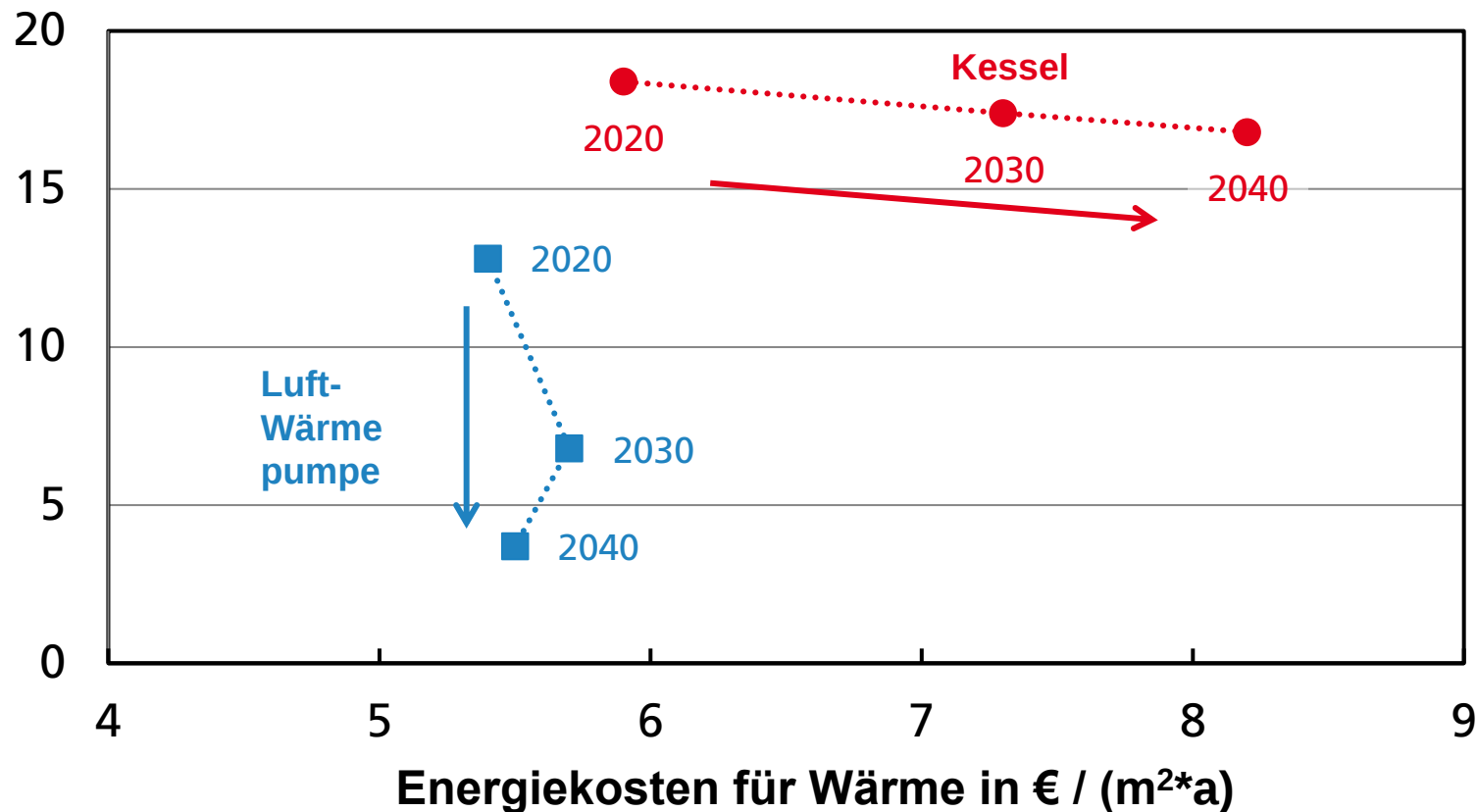
Perspektive CO₂-Emissionen und Energiekosten für saniertes MFH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

CO₂e in kg / (m²*a)



	CO ₂ e Strom	CO ₂ e Gas mit PtG	Strom- preis (WP)	CO ₂ - Preis (COP1)	Gas-preis mit CO ₂ - Preis
	[g/kWh]	[g/kWh]	[ct/kWh]	[€/t]	[ct/kWh]
2020	403	223	22,5	0	6,36
2030	193	204	21,6	80	8,48
2040	107	194	20,4	130	9,72

CO₂e-Faktor Strom nach IINAS (KS 95), 2019.

Erdgas nach IINAS/GEMIS 5.0, 2019.

Strompreis E.ON, RWTH, ewi (2019) mit WP-Tarif
73 % bzw. ab 2020 75 % des Haushaltsstrom-
preises. Gaspreis EU Reference Scenario (2016).

LowEx-Bestand Referenzgebäude,

saniert nach EnEV 2016

Luft-Wärmepumpe, bivalent mit Gaskessel

Betriebs-Optimierung nach Energie-Bezugskosten

Inhalt

Der Gebäudesektor im Kontext Energie und Klima

Marktentwicklung und Szenarien

Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse

Fazit

Wärmepumpen und Energiewende im Gebäudesektor

Fazit

- Die Umsetzung von **Klimaschutz im Gebäudesektor** erfordert eine deutliche Beschleunigung bei der energetischen Sanierung (Gebäudehülle, Anlagentechnik)
- Es bestehen wesentliche **Herausforderungen aus technischer und auch wirtschaftlicher Sicht**, die durch angewandte Forschung adressiert werden sollten
- Hierzu gehören **maßgeschneiderte Lösungen zu spezifischen Gebäudetypen** wie z.B. Mehrfamiliengebäuden ebenso wie Quartierslösungen, die zusätzliche Freiheitsgrade eröffnen
- **Wärmepumpen sind eine Schlüsseltechnologie** für die Sektorenkopplung im Gebäudesektor
- **Kernthemen zu Wärmepumpen**, die weitere FuE erfordern sind u.a.
 - Kältemittel mit geringem oder keinem THG-Potenzial
 - Quellenerschließung, insbesondere in urbanen Räumen
 - Fokus auf den Gebäudebestand
 - Minimierte Schallemissionen
 - Kostensenkungspotenziale durch größere Stückzahlen; Sicherung Wertschöpfung in D und EU*

Prof. Dr. Hans-Martin Henning

www.ise.fraunhofer.de

hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de

