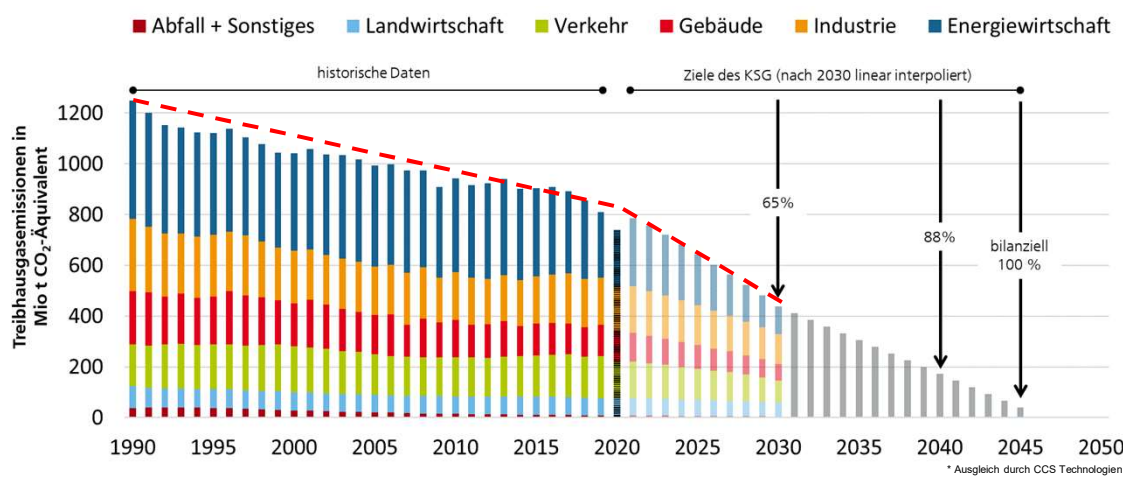




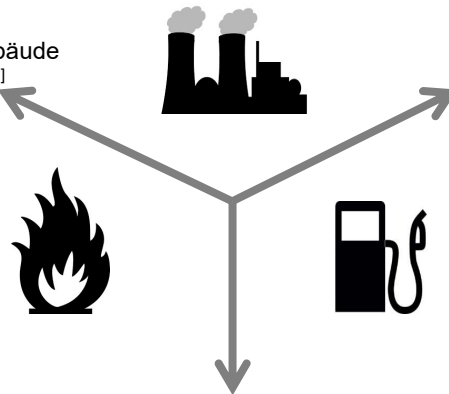
Hintergrund und Motivation: Klimaschutz und Wärmewende



Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

Motivation, Hintergründe und Herausforderungen

- 62% des Gebäudebestands wurde vor 1979 errichtet^[1], diese Gebäude verursachen 68% des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor^[2]
- Altersstruktur Anlagentechnik: mittleres Alter: 17 Jahre
40% der Anlagentechnik > 20 Jahre



3

© Fraunhofer ISE

[1] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Januar 2020, Berlin: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.

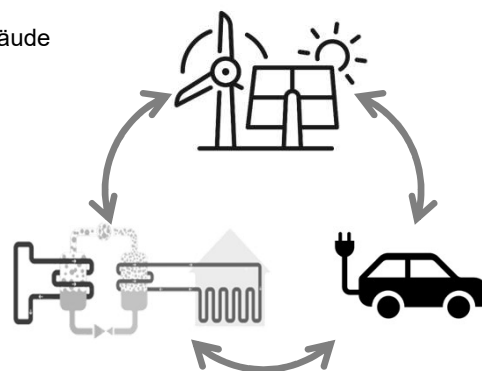
[2] Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): Der DENA-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.

Fraunhofer
ISE

Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

Motivation, Hintergründe und Herausforderungen

- 62% des Gebäudebestands wurde vor 1979 errichtet^[1], diese Gebäude verursachen 68% des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor^[2]
- Altersstruktur Anlagentechnik: mittleres Alter: 17 Jahre
40% der Anlagentechnik > 20 Jahre
- EE stehen vor allem über den Endenergieträger Strom zur Verfügung. Zur Dekarbonisierung der Wärme sind **Wärmepumpen** eine Schlüsseltechnologie. Die **Effizienz** der Anlagen ist maßgeblich von **Temperaturniveaus** auf der Quell- und Senkseite abhängig.
- Zu den **Senkseite** Wärmepumpen in **Bestandsgebäuden** müssen die **Temperaturniveaus in den Heizkreisen** abgesenkt werden, aufgrund hygienischer Anforderungen bleibt die (zentrale) **Trinkwassererwärmung** eine Herausforderung.
- Ausbau von WP ist eng verknüpft mit dem Ausbau **elektrischer Infrastruktur**
- höherer baulicher Aufwand (Quellerschließung), hohe Investitionen, Notwendigkeit der Betriebsüberwachung und Fachkräftemangel führen zu **Bedarf an neuen Produkten / Lösungen**



4

© Fraunhofer ISE

[1] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Januar 2020, Berlin: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.

[2] Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): Der DENA-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.

Fraunhofer
ISE



Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern



5
© Fraunhofer ISE

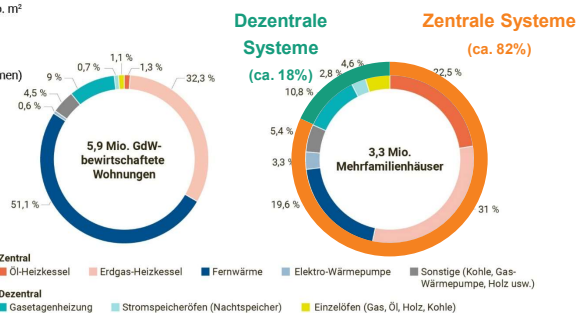


Mehrfamilienhaus im Bestand

Relevanz



■ Ein- und Zweifamilienhäuser
■ Mehrfamilienhäuser (inkl. Wohnheimen)



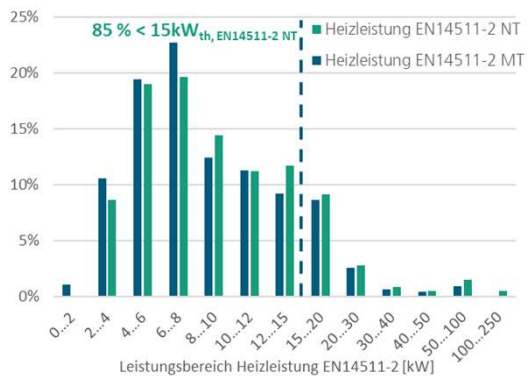
Grafiken: Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2024): „Praxisleitfaden für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern. Status Quo, Erfahrungen, Möglichkeiten.“

6
© Fraunhofer ISE



Marktübersicht WP

Leistungsklassen Angebot am Markt



Datenquelle: HP-Keymark

- Häufigkeitsverteilung: Leistung verfügbarer WP in HP Keymark, Norm-Nennbedingungen gemäß EN14511-2; HT = Niedertemperaturanwendung (35°C) MT = Mitteltemperaturanwendung (55°C)
- 85% der gelisteten WP < 15kW;
- Anteil Luft-Wasser WP in HP Keymark 91%
- grobe Einordnung:
Grenze 15kW deckt damit E/ZFH (bis 200m²) bis Effizienzklasse F, bzw. kleinere MFH (6 bis 8 WE) bis Effizienzklasse D/E

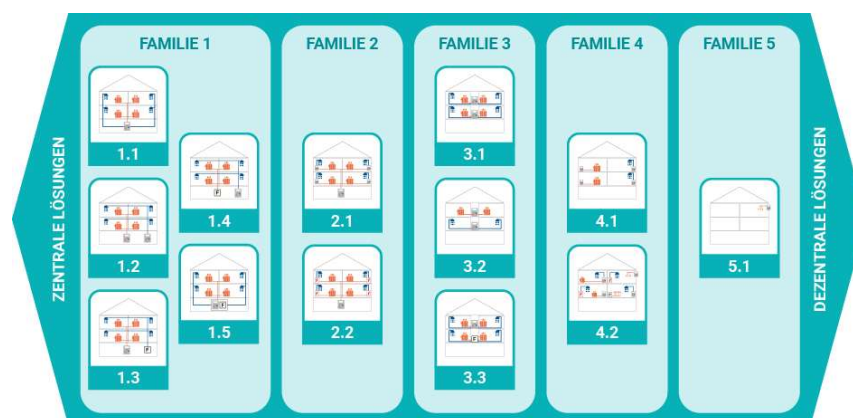
7

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern

heterogene Systemkonzepte



Konzepte Überblick <https://heatpumpingtechnologies.org/project62/case-studies-1/>

Grafik: Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2024):
„Praxisleitfaden für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern. Status Quo, Erfahrungen, Möglichkeiten.“

8

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE



Effizienzbewertung bei Feldmessungen

Arbeitszahlen: Ergebnisse für Ein- und Zweifamilienhäuser



Projektname		Luft/Wasser-WP	Sole/Wasser-WP	Anlagenanzahl	Messperiode
Neubau	WP Effizienz	2,3 2,9 3,4	3,1 3,9 5,1	18 56	07.2007 - 06.2010
	WP Monitor	2,2 3,1 3,2* 4,2	3,0 4,0 4,3* 5,4	35 45	07.2012 - 06.2013
Bestand	WP im Gebäudebestand	2,1 2,6 3,3	2,2 3,3 4,3	35 36	01.2008 - 12.2009
	WPsmart im Bestand	2,5 3,1 3,8 (4,6)	(1,8) 3,3 4,1 4,7	29 12	07.2018 - 06.2019
	WPQS im Bestand	2,6 3,4 4,6	3,4 4,3 5,4	49 13	12.2019 - 03.2024

Jahresarbeitszahl JAZ₃

© Fraunhofer ISE

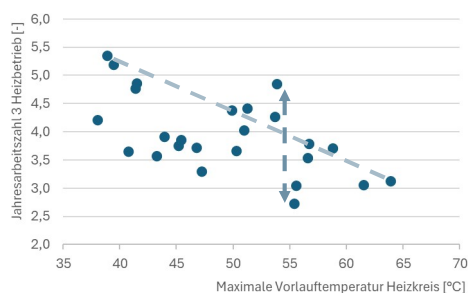
Fraunhofer ISE

Anforderungen an Wärmepumpe

Einflussfaktoren auf die Effizienz

Vorlauftemperatur Heizung

- Ziel: max. 55°C im Auslegungspunkt



- Luftwärmepumpen in Einfamiliengebäuden
- Heizperiode 2024/25
- Jahresarbeitszahl 3: inkl. Heizstab, vor Speichern

Datenquelle: Projekt „WPQS im Bestand“ (FKZ 03EN2029A)

- Vielzahl von Einflussfaktoren auf die Effizienz des Systems:
 - Meteorologische Randbedingungen
 - Hydraulische Einbindung
 - Regelung / Betriebsführung
 - Nutzerverhalten
- In MFH stärkerer Einfluss durch TWW Bereitung:
 - Kompaktere Gebäude: spezifische Heizwärmeverbrauch geringer, dadurch Anteil Wärme für TWW höher
 - Bei zentralen Anlagen Anforderungen an Mindesttemperaturen aus Trinkwasserhygiene

11

© Fraunhofer ISE

Anforderungen an Wärmepumpen für MFH

Entwicklung von Wärmepumpen mit dem Kältemittel Propan

(ehemalige) Ziele der deutschen Regierung

- 3 Mio. Wärmepumpen bis 2025
- 6 Mio. Wärmepumpen bis 2030
- GEG: mindestens 65% EE in Heizsystemen

➤ Faktor 4 bei Produktion und Installation wird benötigt.

Überarbeitung der F-Gas-Verordnung

- Beschleunigte Reduktion (Phase Down)
- Ab 2027 dürfen viele Wärmepumpen nur noch Kältemittel mit GWP <150 nutzen, ab 2032/35 keine F-Gase mehr erlaubt
- angekündigte Verbote von PFAS
- **Letztendendes Verbot von R410A, R407C (Marktanteil in 2020 > 85%)**

Steigende Installationen und Renovierungen

- starker Zuwachs in 2023, Einbruch 2024
- Dominant am Markt: Luft-Wasser WP geringer Wärmeleistung (E/ZFH)
- Steigender Bedarf für Lösungen für Bestandsgebäude
- Bedarf nach Lösungen für MFH

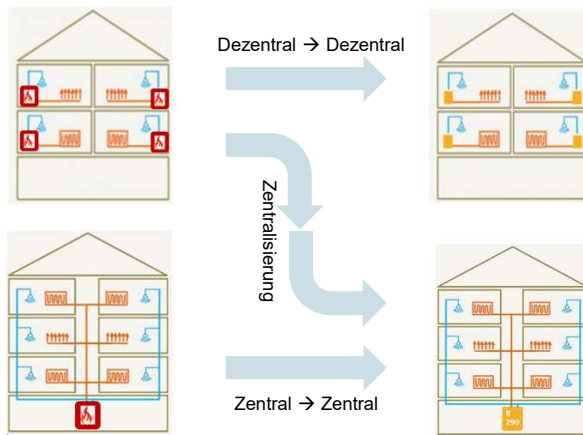


12

© Fraunhofer ISE

Mögliche Sanierungspfade mit Wärmepumpen

Ohne Berücksichtigung der Wärmequellen und BWB-Bereitung



Bewertungskriterien*

- El. Anschlussleistung
- Platzbedarf (innen, außen)
- Flexibilitätpotenzial
- Investitionskosten
- Außenwirkung (optisch, akustisch)
- Aufwand Sicherheit
- Komfort (thermisch, akustisch)
- Kältemittel
- Gestaffelte Renovierung
- Effizienz

* Ohne Anspruch auf Vollständigkeit

13
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Projekt LCR290 Beispielgebäude



Zusammenarbeit mit fünf Wohnbaugesellschaften

- Beispielhafte Planung einer WP-basierten Wärmeversorgung (mit R290 als Kältemittel) für ausgewählte Beispielgebäude
- Gegenüberstellung verschiedener Varianten (Quellerschließung, Anpassung an Hydraulik / Übergabesystem)
- Ausschreibung der Planungsleistung bis LP3, keine reale Umsetzung im Projekt

14
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Zentrale WP-Konzepte

Potsdam, Großbeerenstraße

Grundfläche	1074 m ²
Gebaut / renoviert	1915 / 1996
Wohnungen	16 + 2 Gewerbeflächen
Heizung vorhanden	Zentral (Gas)
Warmwasser	zentral (Gas)
Auslegungs- Heizlast	89 kW
Wärmeverbrauch	172 kWh/(m ² a)



15

© Fraunhofer ISE
confidential

Foto: Google Street View

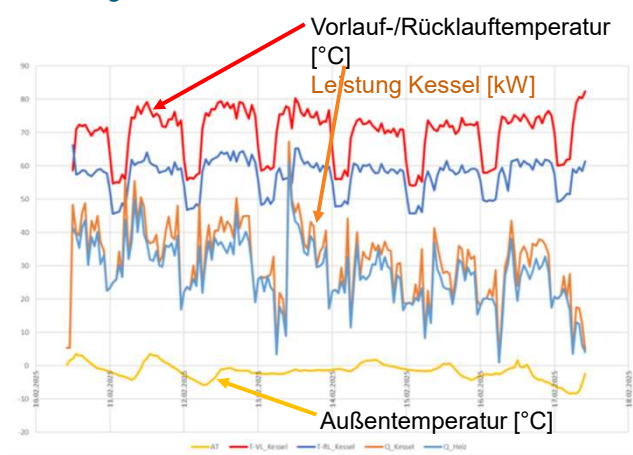
Fraunhofer
ISE

Zentrale WP-Konzepte

Potsdam, Großbeerenstraße – Vorgehen bei der Planung

Wärmezähler (temporäre "clamp-on" WMZ)

- Gesamtwärme, installiert hinter der Gastherme
 - Vergleich mit Daten des Gaszählers
- Separater Zähler für Warmwasser (Heizungsseite)
 - Abgleich mit den Daten des Dienstleisters (techem)



Heizleistung der bestehenden Anlage

16

© Fraunhofer ISE
vertraulich

Plan und Grafik: Solares Bauen

Fraunhofer
ISE

Zentrale WP-Konzepte

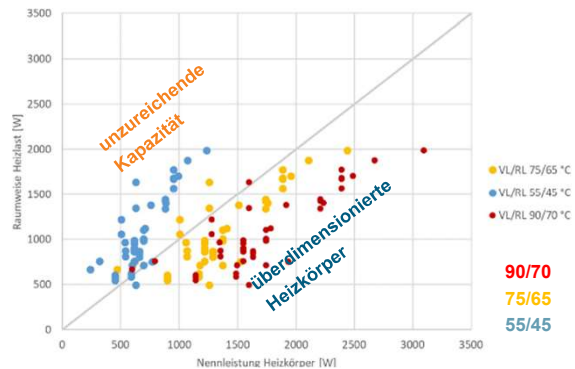
Potsdam, Großbeerenstraße

Ergebnisse:

- Aktuelle Heizkurve: 80°C bei $T_{amb} = -5^\circ\text{C}$
- Leistung bei 0°C: 45 kW
- Umgerechnet auf T_{amb} : Auslegung -12°C: 73 kW
- Hohe Vorlauftemperatur aufgrund schlecht isolierter Gebäudehülle und unzureichender Kapazität der Heizkörper erforderlich

➤Vorschlag: bivalentes System mit

Gasheizkessel	Heizlast
Berechnung der Heizlast	89 kW
Heizlast nach Messung	73 kW
Warmwasser (12h Ladezeit, 32 Personen)	8 kW
Planungsgrundlage	89 kW



Vorhandene Heizkörper und Raumwärmebelastung

17

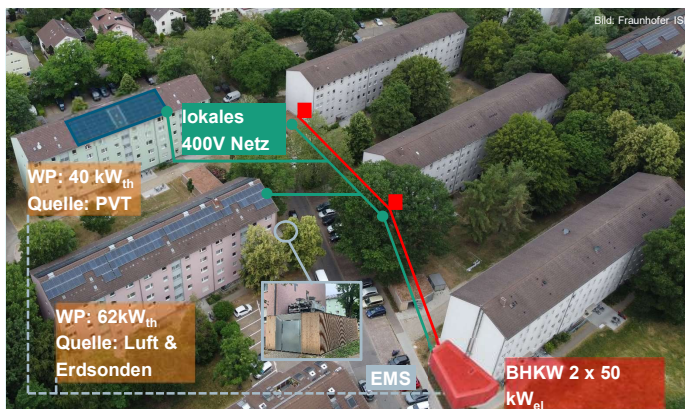
© Fraunhofer ISE
vertraulich

Fraunhofer
ISE

Quartierslösungen und unterschiedliche Quellerschließung

große Mehrfamiliengebäude: Smartes Quartier Durlach

Gefördert durch:
Bundesministerium für Klimaschutz und Umwelt
im Rahmen des Bundesprogramms
EnEff:Stadt: KA-Durlach
FKZ: 03ET1590



- Integration der WP in bestehendes Heizungssystem (Gebäude: 2.200m², 30 WE)
- Wie weit kann das Temperaturniveau mit bestehenden Heizkörpern abgesenkt werden?
- Wie ist der Einfluss dieses Temperaturniveaus auf die Wärmepumpeneffizienz?
- Einsatz von Photovoltaisch-Thermischen (PVT) Kollektoren als Quelle
- Kombination von Luft und Erdreich als Mehrquellensystem
- intelligente Regelung der Wärmeversorgung durch Maximierung von PV-Eigenstromnutzung

18

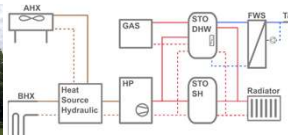
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

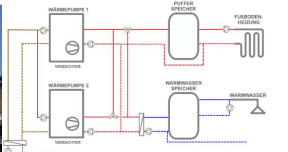
LowEx-Bestand: Demonstrationsgebäude Erfahrungen und Herausforderungen

Gefördert durch:

 Bundesministerium
 für Klimaschutz,
 Umwelt und Energie
 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages
 FKZ: 03SBE0001 A-C
 LowEx im Bestand



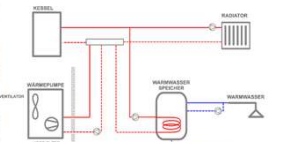
JAZ₃ 3,3



JAZ₁ 5,6

JAZ₁ 2,7

JAZ_{3,ges} 3,5



AZ₃ 3,0*

* nach Sanierung, kein ganzes Jahr erfasst

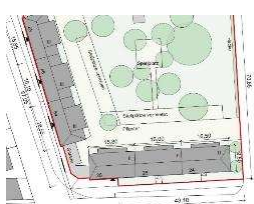
- Gebäudehülle häufig bereits thermisch ertüchtigt
- Heizkörper oft überdimensioniert, Temperaturabsenkung möglich, raumweise Heizlastberechnung zum gezielten Austausch einzelner Heizkörper
- Trinkwassererwärmung: Herausforderung durch Anforderungen an TW-Hygiene
- Wärmequellen: FuE Bedarf für Konzepte zur Quellerschließung
- typische Herausforderungen:
 - Platz für Anlagentechnik
 - Elektrische Anschlussleistung
 - Wenig Betriebserfahrung mit WP in Mehrfamilienhäusern

19
© Fraunhofer ISE



Dezentrale Systeme - Zentralisierung Schönebeck, Leipziger Straße

Grundfläche	1090 m ²
Gebaut / renoviert	1938 / 1995
Wohnungen	23
Heizung vorhanden	dezentral (Gas)
Warmwasser	dezentral (Gas)
Auslegungs-Heizlast	72 kW
Wärmeverbrauch	134,6 kWh/m ² a



20
© Fraunhofer ISE
confidential

Bild: GWG Schönebeck



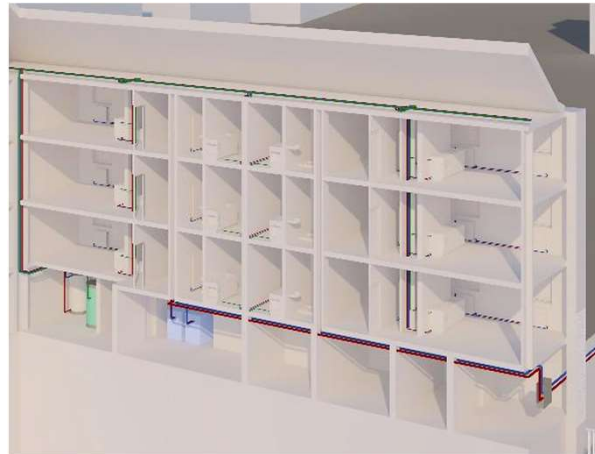
Dezentrale Systeme - Zentralisierung

Schönebeck, Leipziger Straße

Ergebnisse:

- Umstellung auf zentrale Wärmepumpe
- Quelle: Grundwasser
- Trotz hoher Vorlauftemperaturen: keine Notwendigkeit für Hybridsystem aufgrund der Grundwassernutzung
- Herausforderungen:
 - Niedrige Deckenhöhe im Keller
 - Verfügbarkeit von WP mit R290 und hohen Temperaturen

Temperatur	Heizlast
Berechnung der Heizlast	72 kW
Heizlast nach Gasverbrauch	70 kW
Warmwasser (12h Ladezeit, 32 Personen)	4 kW
Planungsgrundlage	76 kW



21

© Fraunhofer ISE
vertraulich

Planen: Solares Bauen

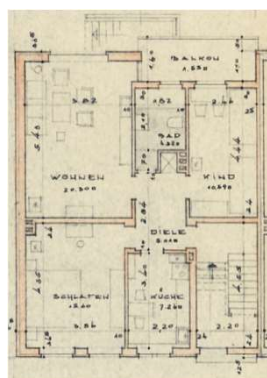
Fraunhofer
ISE

Dezentrale WP-Konzepte

Beispielhafte Darstellung

Ausgangslage

- Gasheizkessel, Installation in Küche (alternativ häufig im Bad)
- Kein Speicher
- 230 V, 16A-Sicherung



Herausforderungen

- Zugang zur Wohnung
- unterschiedliche Lebensdauern vorhandener Geräte
- teilweise keine einheitliche Installation
- **kein Platz**
- Zentralisierung der Wärmeversorgung?
- wenn dezentral: Quellerschließung: zentral / dezentral? Quellnetz? Temperatur-Anhebung plus Booster?

22

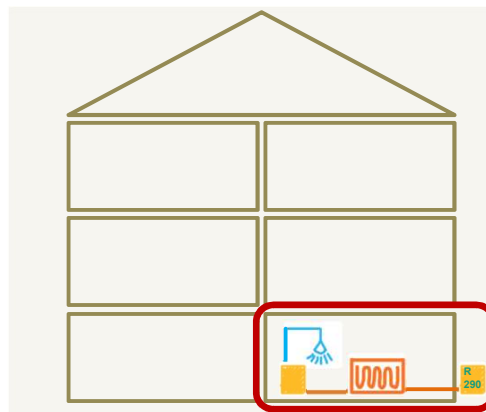
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Dezentrale Wärmepumpenvarianten

Luft-Wasser-WP, wohnungsweise I

- Umsetzung
 - Heizung: WP (Monoblock, ggf. Sole-Split)
 - BWW: WP (wie Heizung)
 - Quellerschließung: dezentral
- Eigenschaften
 - Mittlerer Invest
 - Kurze Einbauzeit
 - Platzbedarf ähnlich wie Gastherme
 - Umrüstung einzelner Wohnungen möglich
 - Ggf. aufwändige Wartung (außen an der Fassade)
 - Ggf. Einschränkungen bzgl. Aufstellort wegen Sicherheitsabständen für R290

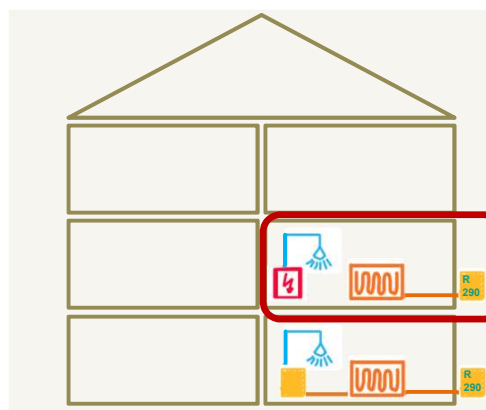


23
© Fraunhofer ISE

Dezentrale Wärmepumpenvarianten

Luft-Wasser-WP, wohnungsweise II

- Umsetzung
 - Heizung: WP (Monoblock, ggf. Sole-Split)
 - BWW: elektrischer Durchlauferhitzer
 - Quellerschließung: dezentral
- Eigenschaften
 - Mittlerer Invest
 - Kurze Einbauzeit
 - Kaum Platzbedarf innen
 - Umrüstung einzelner Wohnungen möglich
 - Hohe elektrische Anschlussleistung und geringe Effizienz Durchlauferhitzer
 - Aufwändige Wartung (außen an der Fassade)
 - Ggf. Einschränkungen bzgl. Aufstellort wegen Sicherheitsabständen für R290

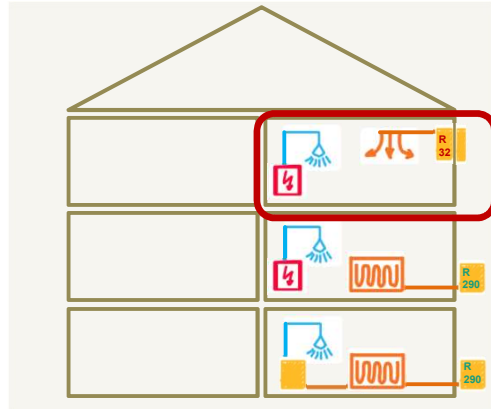


24
© Fraunhofer ISE

Dezentrale Wärmepumpenvarianten

Luft-Luft-WP, wohnungsweise

- Umsetzung
 - Heizung: WP (Luft-Luft, Multi-Split); Bad: IR-Heizung oder Heizkonvektor
 - BWW: elektrischer Durchlauferhitzer
 - Quellerschließung: dezentral
 - Eigenschaften
 - Relativ geringer Invest
 - Kurze Einbauzeit
 - Kaum Platzbedarf innen
 - Umrüstung einzelner Wohnungen möglich
 - Hohe el. Anschlussleistung für Durchlauferhitzer und Badheizung
 - Sehr aufwändige Wartung (innen und außen an der Fassade)
 - Ggf. Komforteinschränkung durch Luftzug und Geräusche
- 25 KEIN R290 möglich (bzw. aktuell nur Mono-Split)

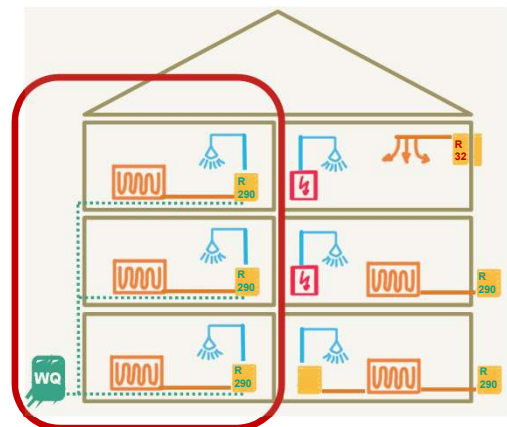


25
© Fraunhofer ISE

Dezentrale Wärmepumpenvarianten

Sole-Wasser-WP, wohnungsweise

- Umsetzung
 - Heizung: WP
 - BWW: WP (wie Heizung)
 - Quellerschließung: zentral
- Eigenschaften
 - Einfache Wartung
 - Keine Einschränkung bzgl. Aufstellort (<150g R290)
 - Flexibel bzgl. Umgebungswärmequellen
- Quellerschließung nur für Gesamtgebäude sinnvoll
 - Höherer Invest
 - Längere Einbauzeit
 - Etwas mehr Platzbedarf als Gastherme



26
© Fraunhofer ISE

Dezentrale WP-Konzepte

mögliche dezentrale Konzepte – jeweils mit 150gr Propan

Option 1: „Schrank“

- Warmwasserspeicher >150l
- A) 230 V, 16A Absicherung (HP)
→ 18 / 35** min Dusche*
- B) 400V, 32 A → ∞ min
- $JAZ_{DHW} > 2$

Option 2: „Mini-WP“

- Warmwasserspeicher ~60l
- A) 230 V, 16A-Sicherung
→ 7,5 (15**) min Dusche*
- B) 400 V, 32 A → ∞ min
- $JAZ_{DHW} > 2$

Option 3: abgesetzter Speicher

- Warmwasserspeicher ~120l
- A) 230 V, 16A-Sicherung
→ 15 (30**) min Dusche*
- B) 400 V, 32 A → ∞ min
- $JAZ_{DHW} > 2$

Größenordnung JAZ_{System} für alle Varianten bei 3,2 (Quelle Luft) bzw. 3,7 (Quelle Erreich)



27

© Fraunhofer ISE

10°C Kaltwasser, 40°C Warmwasser
durchschnittliche Speichertemperatur: 60°C
12l/min (6l/min**) Zapfmenge

Fraunhofer
ISE

WP für MFH
„lessons learned“

28

© Fraunhofer ISE
vertraulich

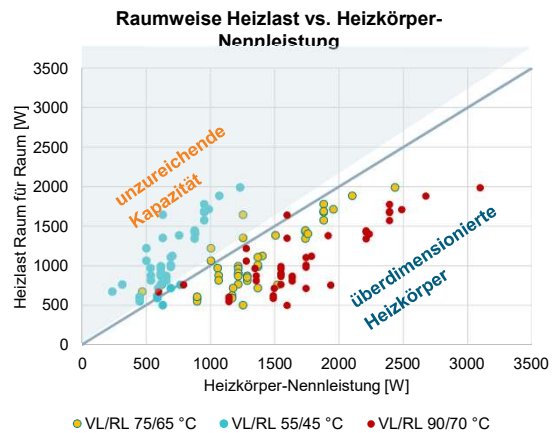
Fraunhofer
ISE

Anpassungen im Wärmeübergabesystem Absenkung der Systemtemperaturen

Der Austausch von Heizkörpern ist ein wichtiger Kostenfaktor

- Größere Heizflächen (und höhere Volumenströme) sind erforderlich, wenn die Vorlauftemperatur gesenkt wird
- In der Praxis werden Heizkörper nur in wenigen Räumen pro Gebäude ausgetauscht
- Höhere Vorlauftemperatur oder Hybridsystem wird in der Regel als vorrangig akzeptiert

Vor allem für Bestandsgebäude WP mit hohen Vorlauftemperaturen vorteilhaft



29
© Fraunhofer ISE

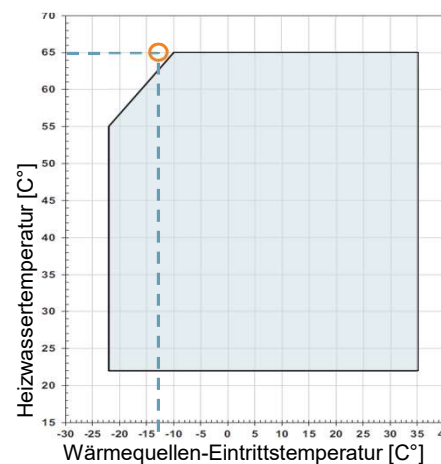
Fraunhofer
ISE

Ausreichende Datengrundlage für die Planung Zugänglichkeit von technischen Informationen

Mangel an wichtigen Informationen

- Technische Informationen sollten für alle gängigen Anwendungsbereiche bereitgestellt werden
- Z.B. Heizkennlinien, Heizgrenzen und garantierte Vorlauftemperaturen bei niedrigen Umgebungstemperaturen

Für Planung leicht zugängliche und detaillierte Informationen über die Leistung der Wärmepumpe benötigt



30
© Fraunhofer ISE
vertraulich

Grafik: Unterlagen Dimplex

Fraunhofer
ISE

Normative Vorgaben

Standard-Heizlastberechnung

Heizlast bei einer Standard-Außentemperatur nach DIN 12831 > benötigte Leistung unter kalten Bedingungen

Berücksichtigt:

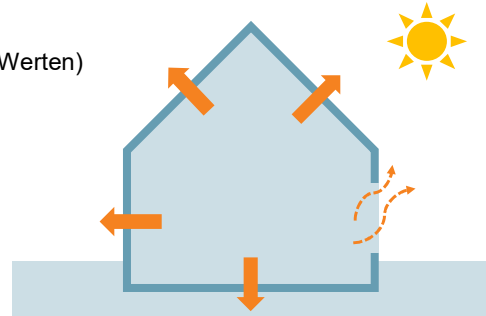
- Transmissionswärmeverluste (in Abhängigkeit von den U-Werten)
- Lüftungswärmeverluste

Nicht berücksichtigt:

- Interne Wärmegewinne
- Solare Wärmegewinne

Variabel:

- Wiederaufheizfaktor
- Innentemperatur (Standard=20°C)



Trotz Standardisierung variiert die Berechnung und damit die Auslegungsgrundlage in der Praxis. Die Heizlastberechnung bietet keine Hilfestellung für die Auslegung der Wärmepumpe. Sie führt tendenziell zu einer Überdimensionierung der Wärmepumpe/der Heizkörper.

31
© Fraunhofer ISE
vertraulich

Fraunhofer
ISE

Datenbestand / vorhandene Informationen

Heterogener Gebäudebestand

- Dokumente stimmen oft nicht mit den realen Bedingungen überein
- Unbekannter Zustand des Rohrnetzes
- Für jedes Gebäude müssen Lösungen für unterschiedliche Probleme gefunden werden
 - große Heizlast, kleines Grundstück
 - unzureichende Deckenhöhe im Keller
 - Platzbedarf für Anlagentechnik: Speicher, Hydraulik

Struktur / Methodik zur Datenhaltung wird wichtiger. Digitalisierung dieser Prozesse als zentraler Hebel.



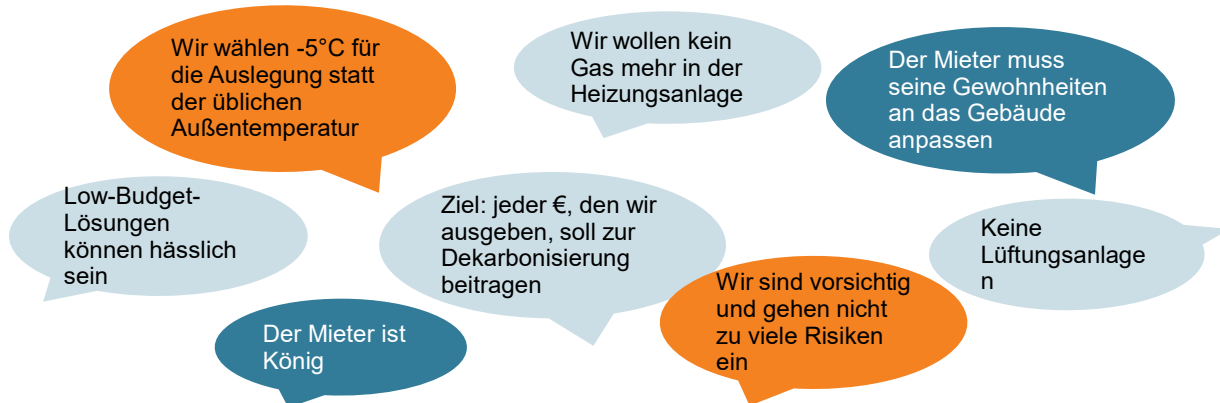
32
© Fraunhofer ISE
vertraulich

Foto: ProPotsdam

Fraunhofer
ISE

Vielfältige Wünsche und Anforderungen der Nutzer / Betreiber

Heterogene Eigentümergrundsätze und Wünsche



Standardisierung der Planung in Mehrfamilienhäusern bleibt eine Herausforderung

33
© Fraunhofer ISE
vertraulich

Fraunhofer
ISE



Fazit und Ausblick



34
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Wärmepumpen in Mehrfamilien(bestands)gebäuden

Herausforderungen und F&E Bedarf



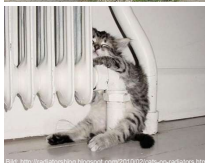
Platzbedarf Anlagentechnik und Speicher

Kosten der Anlagentechnik und Installation (Zeit), begrenzte Erfahrung im Handwerk



Akustik, Ästhetik, Betrieb: Akzeptanz der NutzerInnen

Aufwändige Datenerhebung



Zusammenspiel verschiedener Gewerke

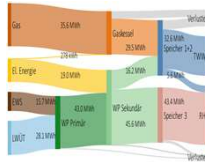
hohe Temperaturen bei TWW Systemen



Grundlagen und Systemverständnis Wärmepumpe

Verfügbare Umweltenergiequellen

Auslegung und Betriebskonzepte



Interaktion mit elektrischen Netzen

konkrete Handlungsempfehlungen und praktische Beispiele für die Planung, Installation und den Betrieb von Wärmepumpen



Klärung regulatorischer Rahmenbedingungen (etwa Eigen-Nutzung lokal erzeugter Strom)

35
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Wärmepumpen in Mehrfamilien(bestands)gebäuden

Lösungsansätze und Forschungsbedarf

- Aus technischer Sicht gibt es kaum Gründe, Wärmepumpen in Bestandsgebäuden *nicht* einzusetzen
- Wärmepumpen können auch mit Heizkörpern sehr gut arbeiten
- Umfangreiche Betriebserfahrung in Ein- bis kleinen Mehrfamilienhäusern

aber:

- Wenig wissenschaftlich ausgewertete Daten für Mehrfamiliengebäude, wenig Betriebserfahrung mit Komponenten in dieser Anwendung
- Herausforderungen bei der Quellerschließung im urbanen, verdichteten Bestand
- Herausforderungen beim Ausbau elektrischer Infrastruktur, speziell bei MFH
- hohe Kosten der Anlagentechnik, zusätzlich höherer Zeitaufwand bei der Installation

- **Planung:** Bestandsaufnahme aufwändig
 - Dimensionierung / Heizlastberechnung
 - Absenkung / Optimierung der Heizkreistemperatur
 - FuE: digitale Bestandserfassung, Methoden zum hydraulischen Abgleich, Standardisierung, Qualitätssicherung
- **Umbau:** Umbauzeit noch zu lange (und teuer)
 - Platzbedarf (Wärmepumpe, Speicher, Quelle)
 - Hüllsanierung und Austausch der Heizungsanlage können auch zeitlich unabhängig voneinander erfolgen
 - FuE: Effizienzsteigerung durch Digitalisierung von Prozessen; einheitliche, standardisierte Komponenten
- **Betrieb:** Effizienzüberwachung wichtig
 - Datengestützte Inbetriebnahme und laufendes Monitoring sichern Effizienz der Anlage
 - FuE: Qualitätssicherung; Monitoring Kampagnen für (große) MFH

36
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Wärmepumpen in Mehrfamilien(bestands)gebäuden weitere Informationen

- Handreichung „Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser im Bestand“:
Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Projekt „LowEx im Bestand“, über Webseite www.lowex-bestand.de



Fraunhofer
ISE

UN
Freiburg | INATECH

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

- Praxis-Leitfaden für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern:
Herausgeber: Deutsche Energieagentur dena, zusammen mit Bundesverband Wärmepumpe (BWP), Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) und dem Fraunhofer ISE
verfügbar über www.gebaeudeforum.de

dena
Deutsche Energie-Agentur

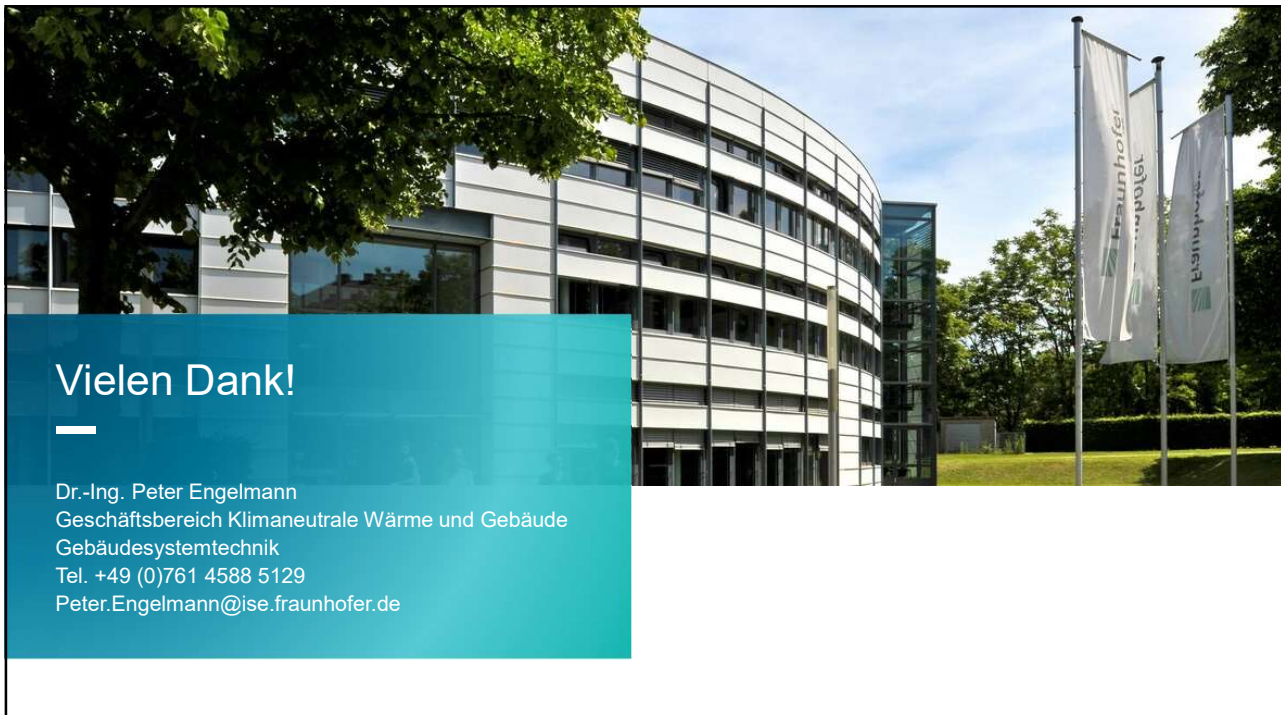
Deutscher Gewerkschaftsbund
GdW

Fraunhofer
ISE

bwp Bundesverband
Wärmepumpe e.V.

37
© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE



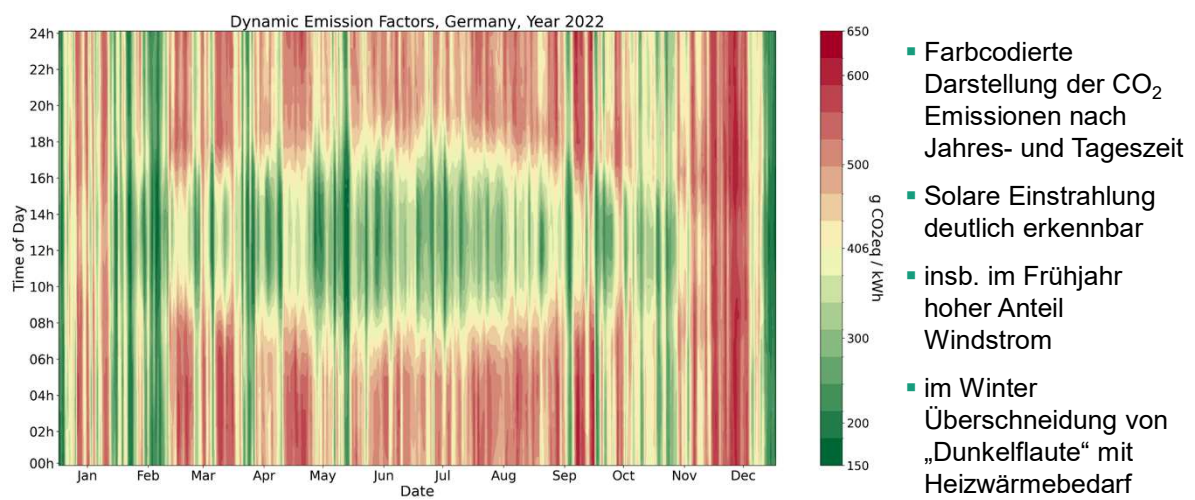
BACKUP



39
© Fraunhofer ISE

CO₂ Emission

wie „grün“ ist der Strom in Abhängigkeit der Jahreszeit?



40
© Fraunhofer ISE