

EFFIZIENZ VON WÄRMEPUMPEN IM EFH-BESTAND: ERGEBNISSE EINER FELDSTUDIE

Endergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand“



Danny Günther, Jeannette Wapler, Robert Langner, Sebastian Helmling, Marek Miara

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg

TGA-Kongress 2020/2021

Online, 28./29.01.2021

www.ise.fraunhofer.de

Agenda

- Projektvorstellung
- Charakterisierung Gebäude und Wärmepumpensystem
- Effizienz
- Wärmeübergabesystem & Heizkreistemperatur
- Zusammenfassung

WP_{smart} im Bestand

Schwerpunkte

- Effizienz von Elektrowärmepumpen im EFH-Bestandsbereich (Feldmessung und Analyse des Zustandes von Gebäude, WÜS usw.)
- Lastmanagement mit Wärmepumpen (Feldmessung und Systemsimulation)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



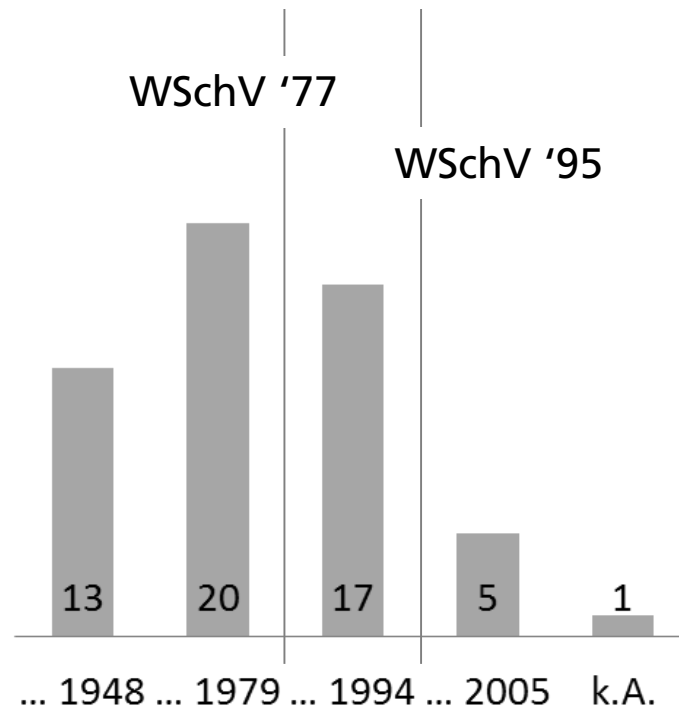
Datenbasis Gebäude

Gebäudetyp

- 42 Einfamilienhäuser
- 10 Zweifamilienhäuser
- 4 kleine MFH (3 bzw. 4 Wohnungen)

Beheizte Wohnfläche

- 90 bis 420 m²
- Median: 180 m²



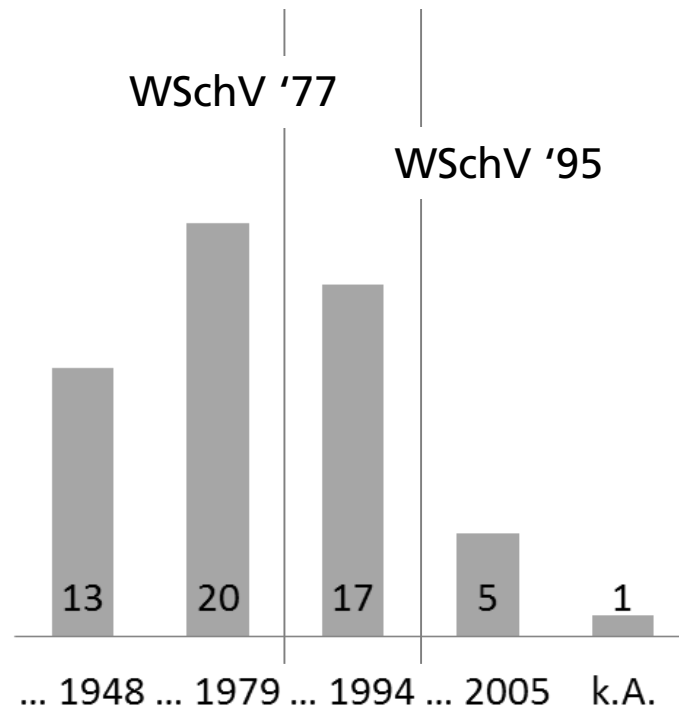
Datenbasis Gebäude

Sanierungstiefen

- Baujahr bis 1979:
teil- oder vollsaniert
- Baujahr nach 1979:
unsaniert oder geringfügige saniert

Spez. Heizwärmeverbrauch*

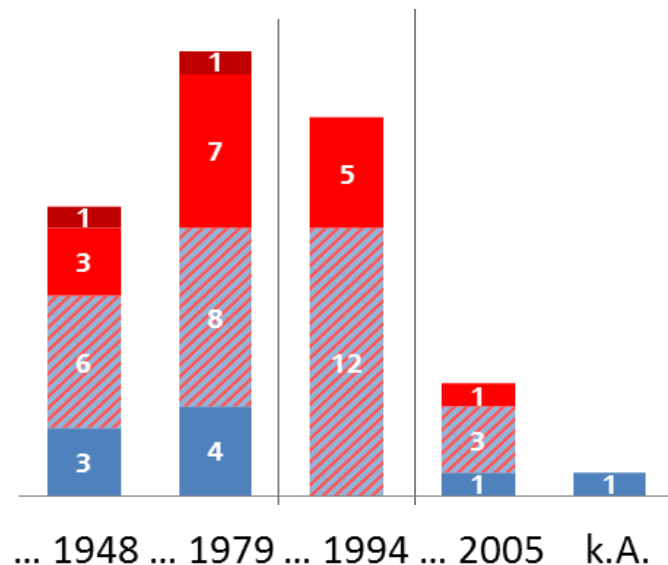
- 50 ... 180 (250) kWh/(m²*a),
Mittel: 110 kWh/(m²*a)



Datenbasis Wärmeübergabesystem

Wärmeübergabesystem

- Nur Fußbodenheizung: 16%
- „Mischsystem“: 52 %
(Flächenheizung und Heizkörper)
- Nur Radiator: 29 %
(Glieder-, Plattenheizkörper)
- Nur sonst. Heizkörper: 4%
(Konvektor oder Gebläsekonvektor)



Datenbasis Wärmepumpe

Wärmequelle der Heizungswärmepumpe

- 41 Außenluft (12 fixed speed, 21 Inverter, 8 zwei Verdichter)
- 15 Erdreich (14 fixed speed WP; 13 Erdwärmesonde, 2 Eisspeicher)
- Baujahr: 75% in 2013 - 2016

Betriebsweise

- 46 WPA monoenergetisch oder monovalent
- 10 WPA bivalent mit Öl- / Gaskessel

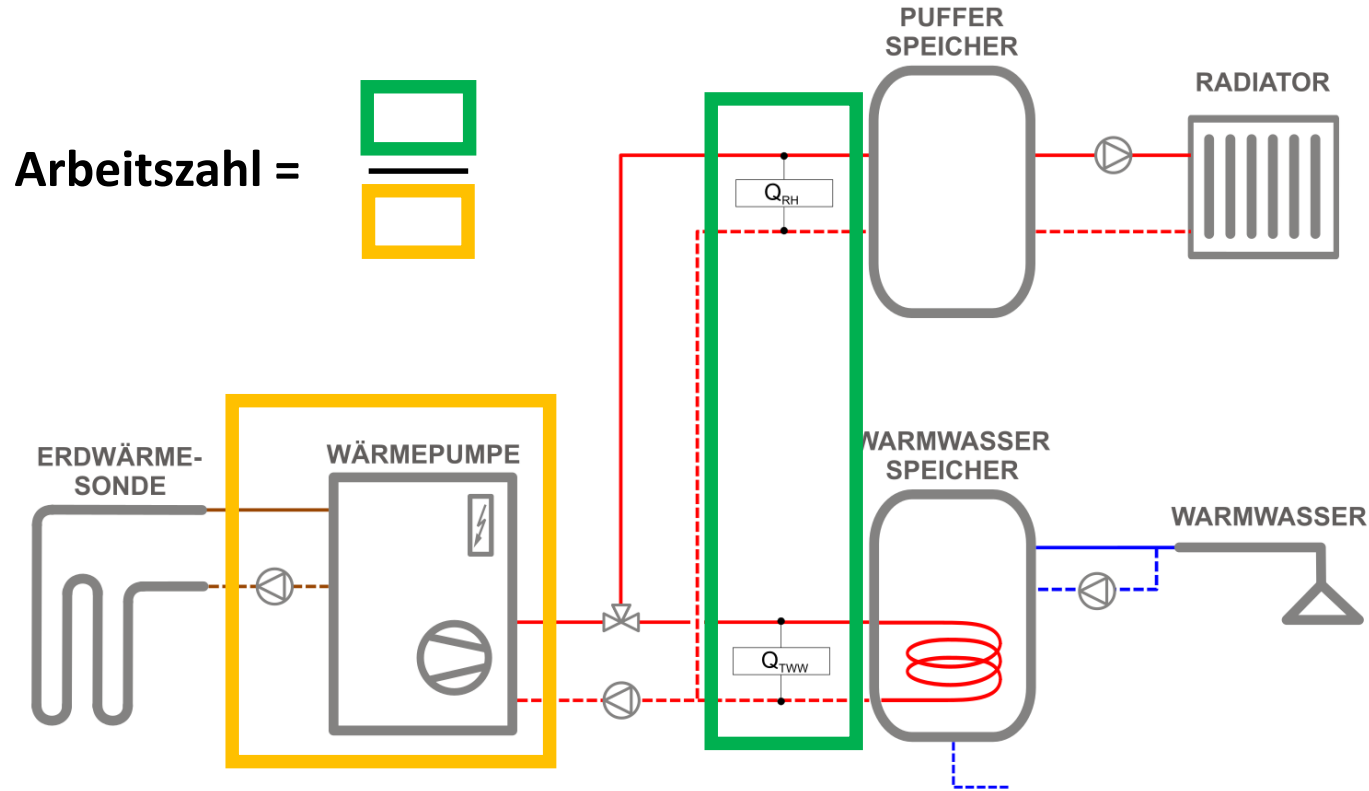
Solarthermie

- 3 Anlagen mit Solarthermie zur Trinkwassererwärmung

Agenda

- Projektvorstellung
- Charakterisierung Gebäude und Wärmepumpensystem
- Effizienz
- Wärmeübergabesystem & Heizkreistemperatur
- Zusammenfassung

Methodik Berechnung der Arbeitszahl



Datenbasis JAZ Vergleichbare Anlagengruppen

- Auswerteperiode: Juli 2018 bis Juni 2019
- 41 Messobjekte vergleichend auswertbar
 - 29 Außenluft-Wärmepumpen
 - 12 Erdreich-Wärmepumpen (alle mit Erdwärmesonden)

Jahresarbeitszahl 3

1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0



Außenluft-Wärmepumpen

Bandbreite aller Anlagen:
2,4 ... 4,6

Bandbreite v. 80% Anlagen:
2,6 ... 3,6

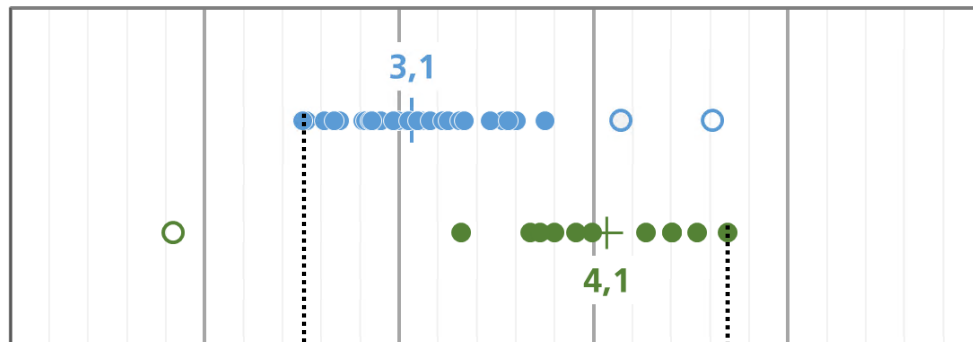
Erdreich-Wärmepumpen

Bandbreite aller Anlagen:
1,8 ... 4,7

Bandbreite v. 80% Anlagen:
3,6 ... 4,4

Jahresarbeitszahl 3

1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0



● 29 Außenluft-Wärmepumpen

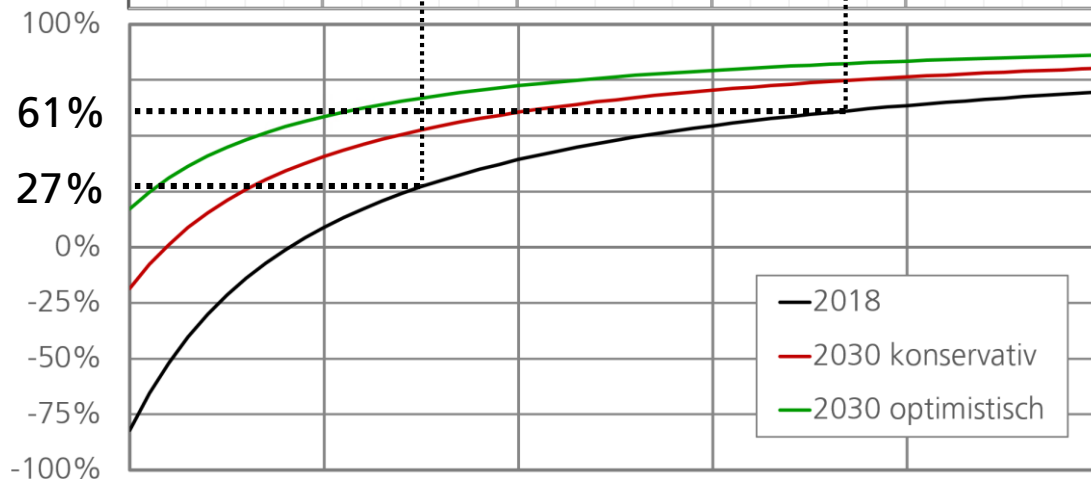
Ausreißer: ○

● 12 Erdreich-Wärmepumpen

Mittelwert

exklusive

Ausreißer: +

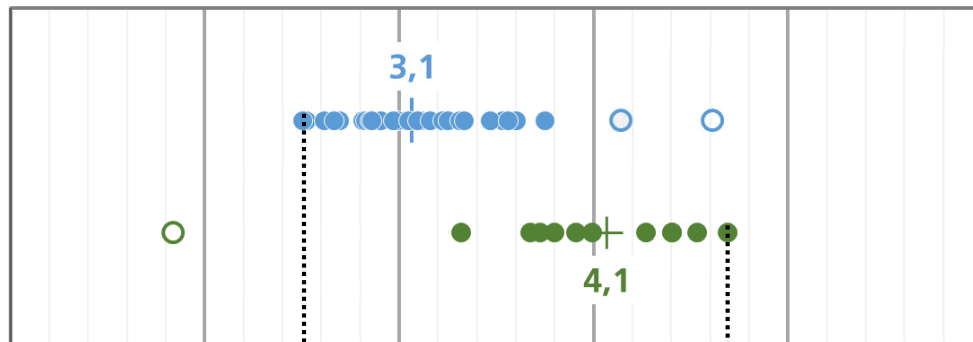


CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 86,6 % Jahresnutzungsgrad nach [Wolff 2004]
- Emissionsfaktoren in gCO₂-Äq/kWh_{EE} nach [GEMIS 2019]
 - Strom 2018: 505
 - Strom 2030 konservativ: 319
 - Strom 2030 optimistisch: 195
 - Erdgas 2018: 240
 - Erdgas 2030 konservativ: 233
 - Erdgas 2030 optimistisch: 204

Jahresarbeitszahl 3

1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0



● 29 Außenluft-Wärmepumpen

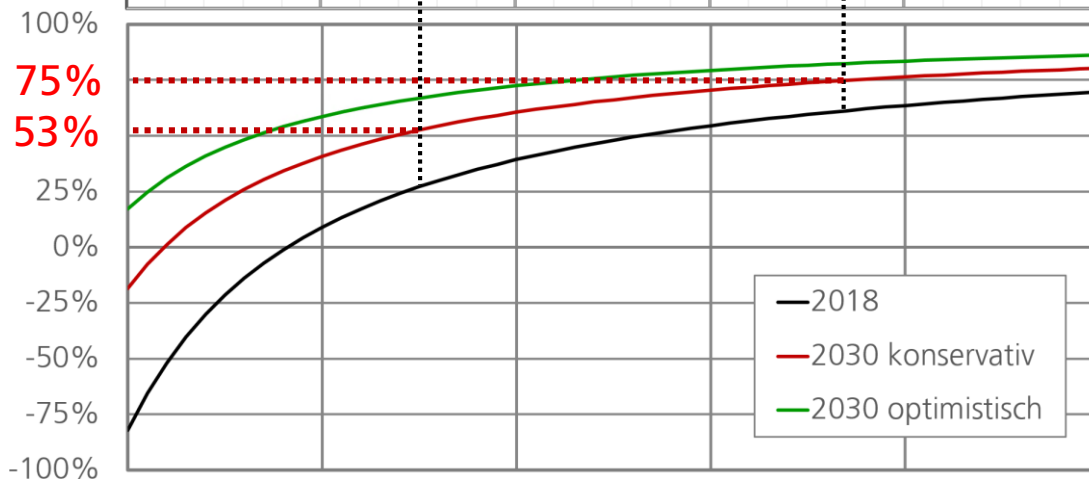
Ausreißer: ○

● 12 Erdreich-Wärmepumpen

Mittelwert

exklusive

Ausreißer: +

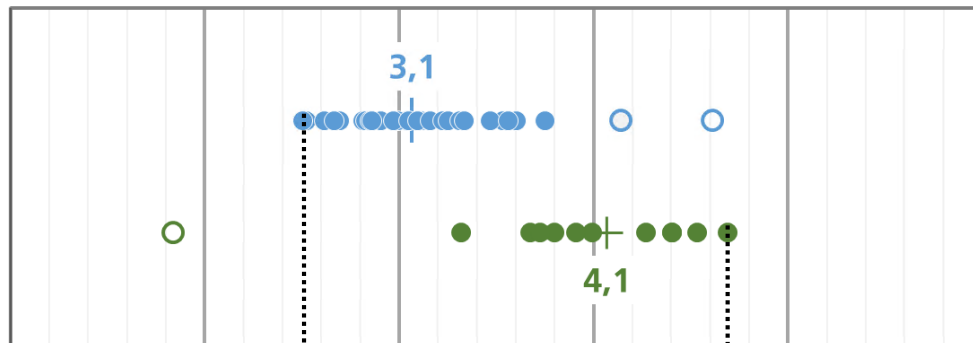


CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 86,6 % Jahresnutzungsgrad nach [Wolff 2004]
- Emissionsfaktoren in gCO₂-Äq/kWh_{EE} nach [GEMIS 2019]
 - Strom 2018: 505
 - Strom 2030 konservativ: 319
 - Strom 2030 optimistisch: 195
 - Erdgas 2018: 240
 - Erdgas 2030 konservativ: 233
 - Erdgas 2030 optimistisch: 204

Jahresarbeitszahl 3

1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0



● 29 Außenluft-Wärmepumpen

Ausreißer: ○

● 12 Erdreich-Wärmepumpen

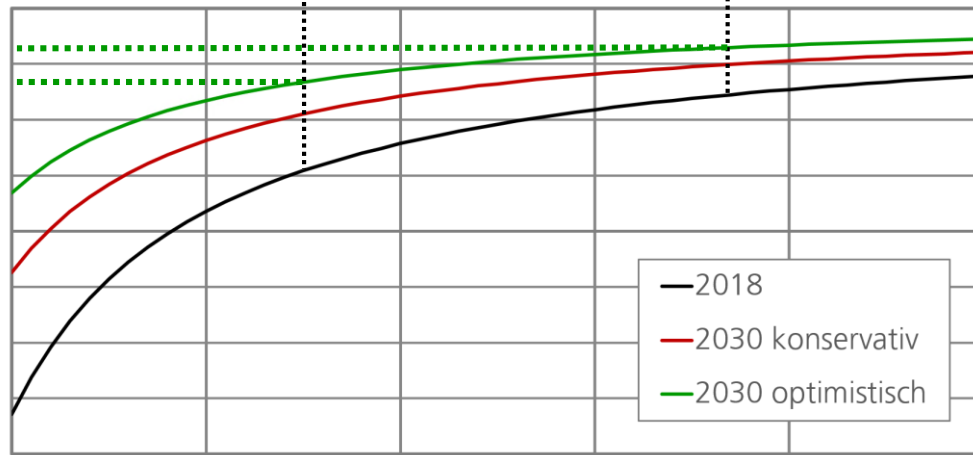
Mittelwert

exklusive

Ausreißer: +

82%
67%

50%
25%
0%
-25%
-50%
-75%
-100%



CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 86,6 % Jahresnutzungsgrad nach [Wolff 2004]
- Emissionsfaktoren in gCO₂-Äq/kWh_{EE} nach [GEMIS 2019]
 - Strom 2018: 505
 - Strom 2030 konservativ: 319
 - Strom 2030 optimistisch: 195
 - Erdgas 2018: 240
 - Erdgas 2030 konservativ: 233
 - Erdgas 2030 optimistisch: 204

Effizienz JAZ und Einflussfaktoren

Norm-Leistungszahl COP

- Außenluft-WP (A2 / W35): 3,1 ... 4,3 (Mittel +/-15%)
- Erdreich-WP (B0 / W35): (4,1) 4,5 ... 5,0 (Mittel +/- 5% (-15%))

Betrieb Heizstab*

- Außenluft-Wärmepumpen:
 - 19 Anlagen ohne Heizstabbetrieb
 - 9 Anlagen: 0 ... 6%; 1 Anlagen 23%
- Erdreich-Wärmepumpen
 - 10 Anlagen ohne Heizstabbetrieb; 2 Anlagen mit 0,4 bzw. 4%

Effizienz JAZ und Einflussfaktoren

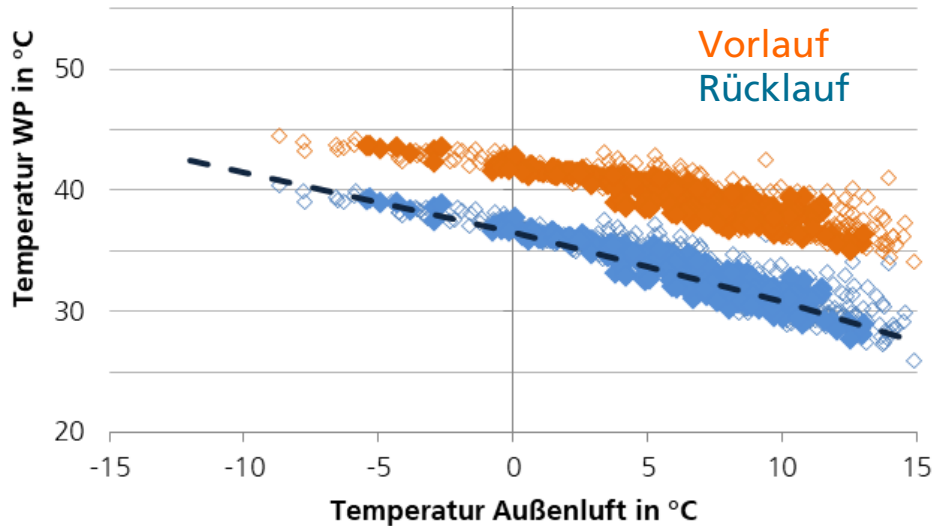
Temperaturniveau und Energieanteil Raumheizung / Trinkwassererwärmung:

- Anteil Trinkwassererwärmung:
4 % ... 42% (Mittel: 15%)
- Betriebstemperatur Raumheizung
folgende Folien

Agenda

- Projektvorstellung
- Charakterisierung Gebäude und Wärmepumpensystem
- Effizienz
- Wärmeübergabesystem & Heizkreistemperatur
- Zusammenfassung

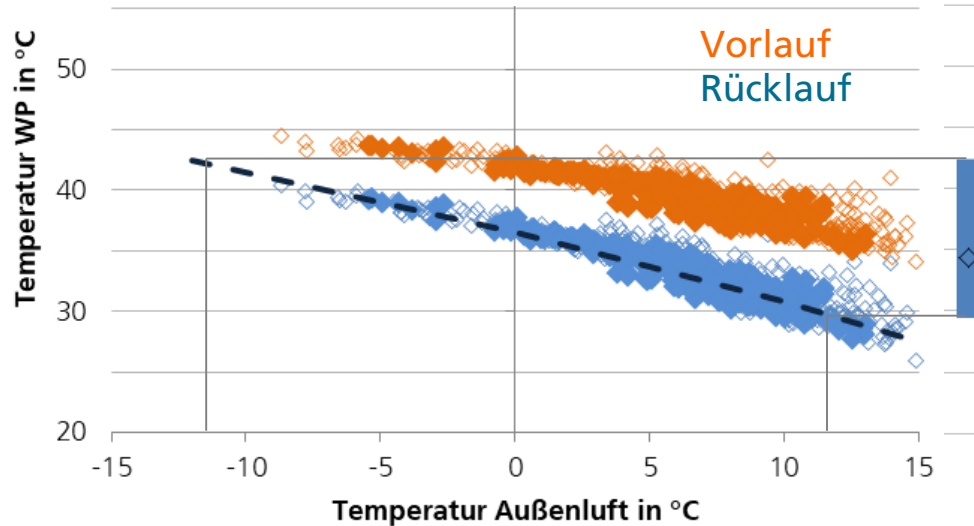
Betriebstemperaturen Raumheizung



Methodik:

- Tagesmitteltemperaturen
- Bezugsgröße Rücklauf
- Trendlinie für 46 Anlage
- Funktion in Anlehnung an witterungsgeführte Heizkurven, ggf. mit Temperatur-Begrenzung

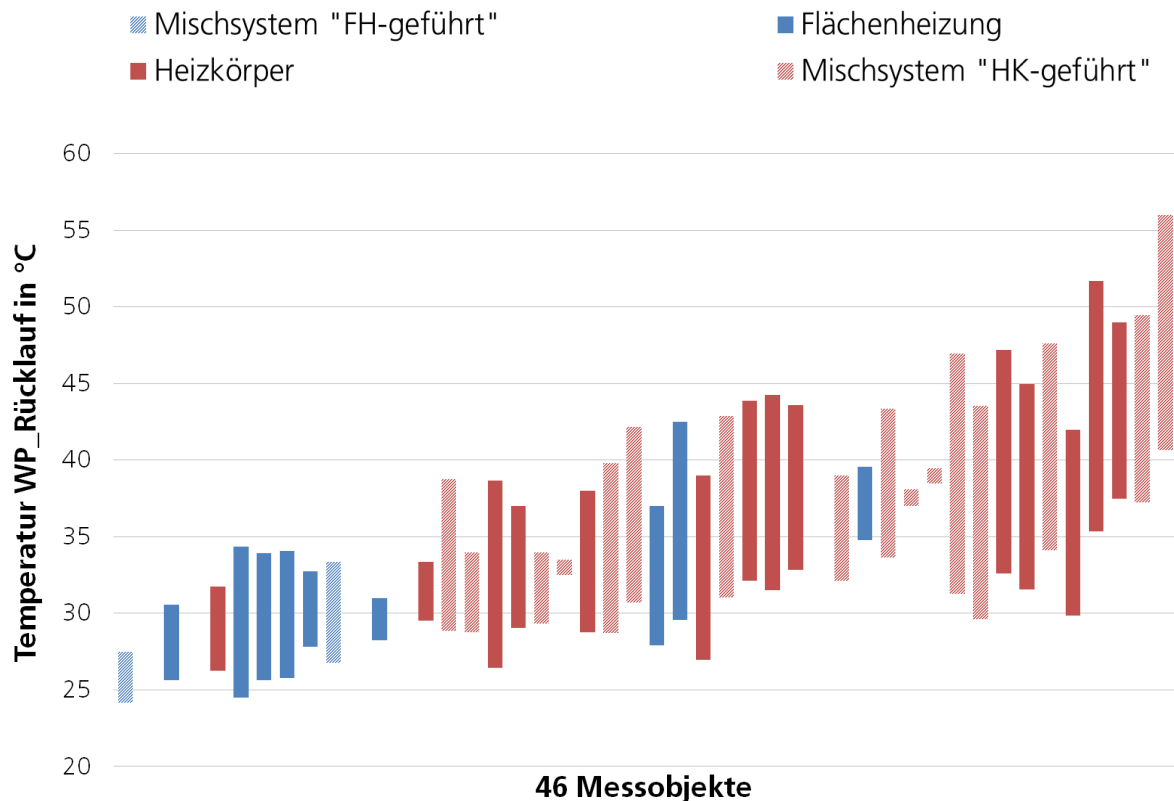
Betriebstemperaturen Raumheizung



Methodik:

- Säule zwischen -12°C und +12°C Außenlufttemperatur
- Raute: Energetisch gewichteter Jahresmittelwert der Rücklauftemperatur

Betriebstemperaturen Raumheizung



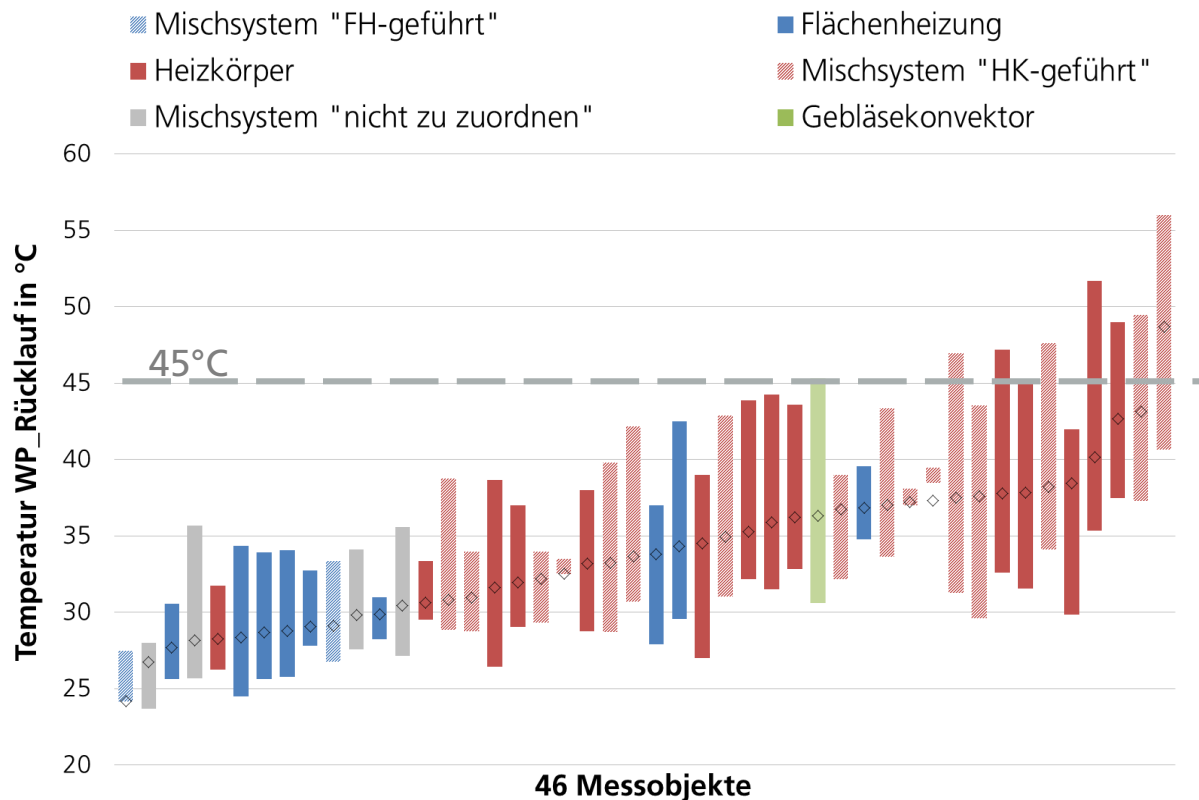
Flächenheizung oder Mischsystem „FH-geführt“

- bei -12°C : von $33/28^{\circ}\text{C}$ bis $48/43^{\circ}\text{C}$
- bei $+12^{\circ}\text{C}$: von $29/24^{\circ}\text{C}$ bis $40/35^{\circ}\text{C}$

Heizkörper oder Mischsystem „HK-geführt“

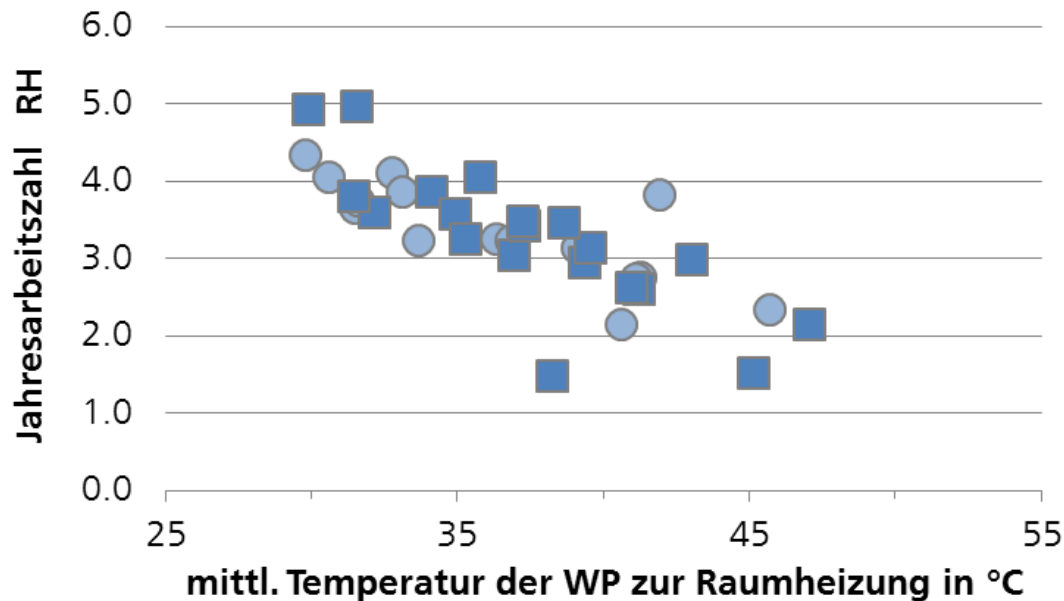
- bei -12°C : von $39/32^{\circ}\text{C}$ bis $64/56^{\circ}\text{C}$
- bei $+12^{\circ}\text{C}$: von $34/26^{\circ}\text{C}$ bis $52/41^{\circ}\text{C}$

Betriebstemperaturen Raumheizung



- Große Bandbreiten in allen Gruppen
- Mittlere Rücklauf-temperatur wesentlich geringer als bei -12°C Außenlufttemperatur

JAZ und Betriebstemperaturen Raumheizung



Außenluft-Wärmepumpen

- Autarker WE vorhanden oder Messlücken
- Messung vollständig, kein autarker WE vorhanden

Fazit

- Beim Betrieb der Wärmepumpen kam es nur selten zu Störungen; offensichtliche Fehler bei der Installation oder Parametrierung der Regler traten im Vergleich zu vorherigen Feldtests nur selten auf
- Sanierung auf energetischem Neubaustandard ist nicht erforderlich, um Wärmepumpen ökologisch zweckmäßig zu betreiben
- Keine Korrelation zwischen den Effizienzwerten und den Baujahren der Gebäude erkennbar
 - Korrelation ausschließlich zwischen JAZ und Heizkreistemperatur erkennbar
 - individuelle Gegebenheiten bzgl. des Wärmeübergabesystems und der Heizlast entscheiden maßgeblich über die Heizkreistemperatur und damit über die Effizienz
- Heizkreistemperatur im Normauslegungspunkt nicht entscheidend für die JAZ (Heizkurve!)
- Signifikanter Heizstabeinsatz nur bei WP-Defekt (eine Anlage), falscher Parametrierung oder im Legionellen-Modus detektiert (nicht auf Folien enthalten)
- JAZ von 1,8 für eine Erdreich-Wärmepumpe zeigt die Grenzen zweckmäßigen WP-Betriebs und den Bedarf an Qualitätssicherungsmaßnahmen von der Planung bis zum Betrieb

Abschlussbericht inklusive Anlagensteckbriefen



The image shows a stack of report pages. The top page is titled 'ID 363' and contains the following sections:

Basistext

Baujahr: 1973
Beschreibung: Kellerrandhaus mit zwei Vollgeschossen, teilbeheiztem Dachgeschoss sowie teilbeheiztem Keller
beheizte Fläche: 210 m²
Energetischer Gebäudezustand: Originalzustand

Bestandteil	Werte
Wand	0,10 W/(m ² K)
Fenster	1,10 W/(m ² K)
Gebäude	0,10 W/(m ² K)
Wand	0,10 W/(m ² K)
Fenster	1,10 W/(m ² K)

Ein Foto des Gebäudes ist rechts neben dem Text zu sehen.

Beschreibung des Versorgungssystems

Erdbaujahr WP	2014
Wärmequelle WP	Erdbereich (Erdbauwärme)
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe: Ri, TWE Heizstab: Ri (im Speicher), TWE (im Speicher)
Wärmeübergangssystem	Plattenheizkörper

Messdaten für die Bewertungsperiode Juli 2010 bis Juni 2015

Spez. Heizwärmeverbrauch	77 kWh/(m ² a)	JAZ 3 (WP & HS)	3,7
T _{WP_Heizkreis} mittel	41,3 °C	Verhältnis HS zu Verd.: Ri/TWE	0 % / 0 %
T _{WP_TVS} -Belastung: mittel	50,4 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	14 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

Außenwand	Originalzustand
Fenster	Originalzustand
Dach	1990: 200 mm Zwischengiebelndämmung (IGW)
Wärmeübergangssystem	2009: Einbau Plattenheizkörper (Bad)
Wärmeerzeuger	2009: Austausch Ölkessel (Ri) 1972 durch Wärmepumpe 2014: Austausch Wärmepumpe

Kommentar

Im Hinblick auf die Effizienz dieser Wärmepumpe ist anzumerken, dass sie (abgesehen von der Anlage 0.363) innerhalb der Gruppe der Erdbau-Wärmepumpen die höchsten mittleren Temperaturen zur Ri bereitstellt.



Laufzeit: 12/2014 – 07/2019

Fokus **Effizienzanalyse**

FKZ: 03ET1272A

<https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-smart-im-bestand/german/index/index.html>

Laufzeit: 12/2019 – 11/2022

Fokus **Qualitätssicherung**

FKZ: 03EN2029A

wp-monitoring.ise.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich