

**CONNECTING
EXPERTS.**



CHILLVENTA eSPECIAL

Refrigeration | AC & Ventilation | Heat Pumps

13.–15.10.2020

NÜRNBERG MESSE

EFFIZIENZANALYSE VON WÄRMEPUMPEN IM EFH-BESTAND AUF BASIS VON FELDTTESTDATEN

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand“



Danny Günther, Jeannette Wapler, Robert Langner, Sebastian Helmling, Marek Miara
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
ISE, Freiburg

CHILLVANTA eSPECIAL

Online, 15.09.2020

www.ise.fraunhofer.de

WP_{smart} im Bestand

Schwerpunkte

Fokus des Vortrages

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

LEW
Lechwerke

E-Werk
Mittelbaden
Dahem gut versorgt

STADTWERKE
STUTT GART

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich
FKZ: 03ET1272A

 **BOSCH**

STIEBEL ELTRON
Technik zum Wohlfühlen

HELIO THERM
WÄRMEN

VIESSMANN
climate of innovation

-weishaupt-

Dimplex
INNOVATIVES HEIZEN UND KÜHLEN

 **alpha innotec**

 **Vaillant**

Weiterführende Informationen

- Projekt-Webseite

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

- Endbericht (inkl. detaillierter Steckbriefe aller Messobjekte)

https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-smart-im-bestand/download/Berichte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf

- Chillventa Roundtable „Wärmepumpen im Einfamilienhausbestand“

- Heute von 11:00 Uhr bis 12:30 Uhr

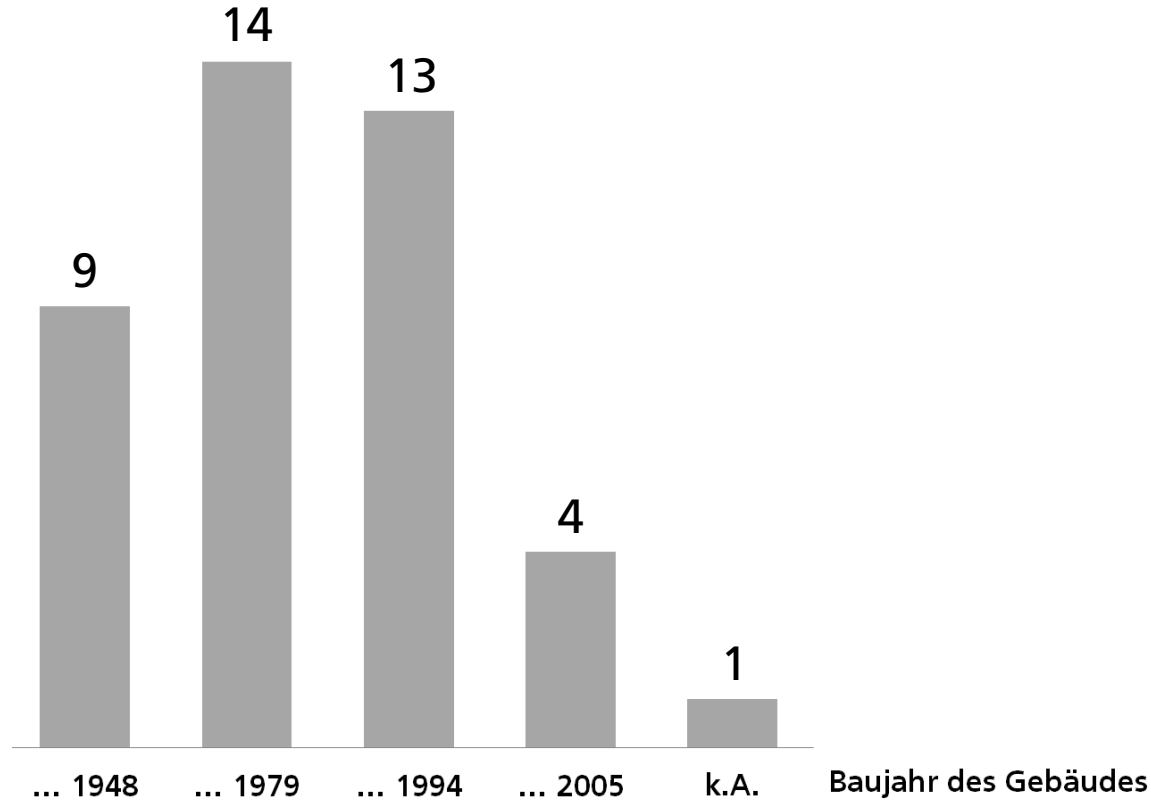
- Zugang über Aussteller-Seite des Fraunhofer ISE

Charakterisierung der Datenbasis

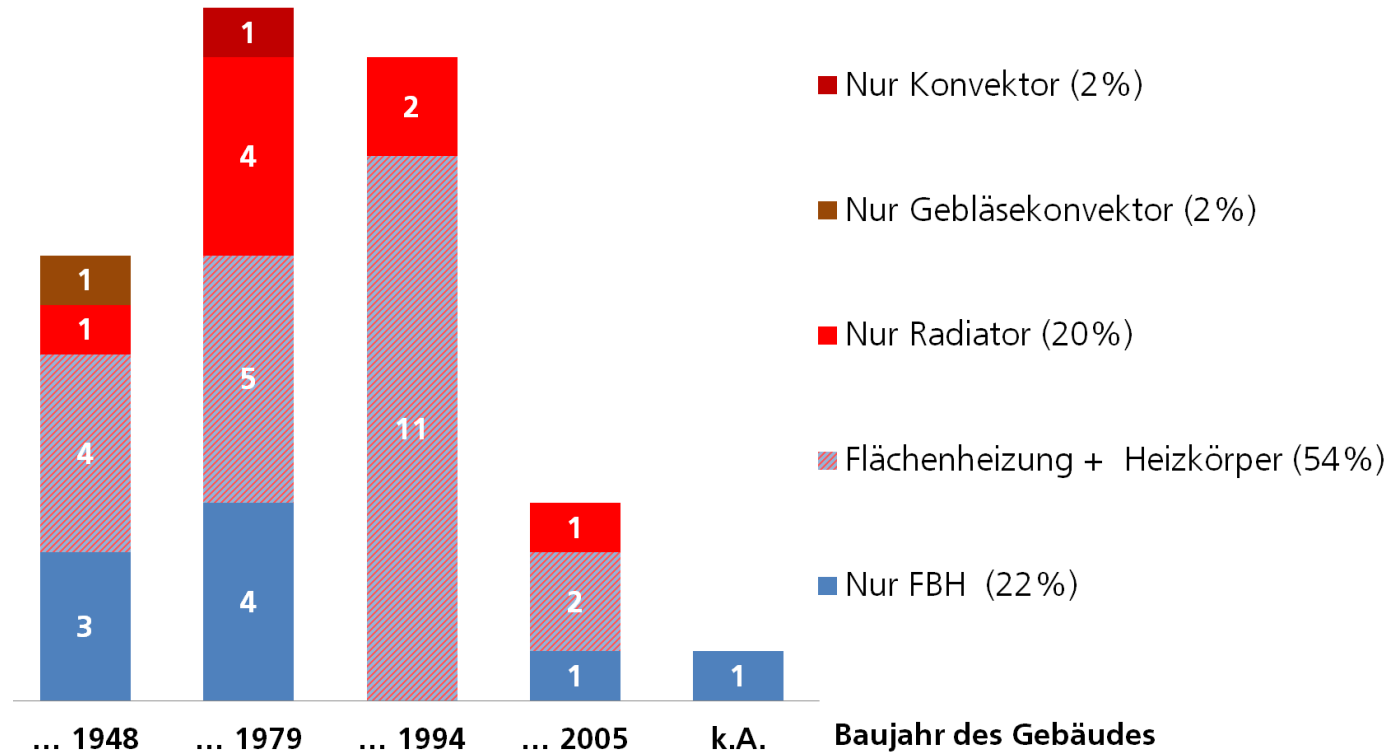
Datenbasis Vergleichbare Anlagengruppen

- Projekt umfasst 56 Messobjekte
- 41 Messobjekte vergleichend auswertbar
 - Gemeinsamer Messzeitraum Juli 2018 bis Juni 2019
 - Gemeinsame Bilanzgrenze 3 zur Effizienzermittlung möglich
 - 29 Außenluft-Wärmepumpen
 - 12 Erdreich-Wärmepumpen (alle mit Erdwärmesonden)

Datenbasis Gebäude und Wärmübergabesystem



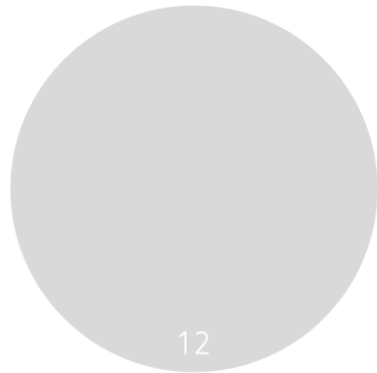
Datenbasis Gebäude und Wärmübergabesystem



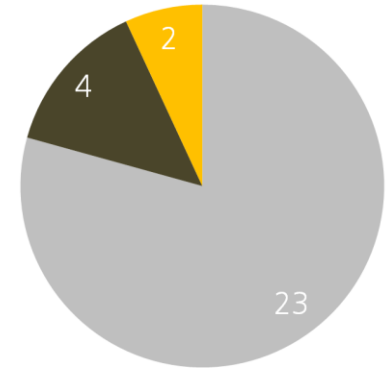
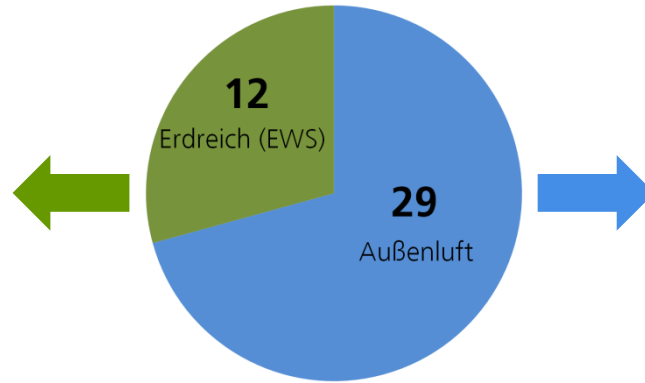
Datenbasis Gebäude und Wärmübergabesystem

- Mittlere beheizte Wohnfläche der Gebäude*: 199m² [91...423m²]
- Mittlerer gemessener spez. Heizwärmeverbrauch**: 110 kWh/(m²*a) [48...233 kWh/(m²*a)]
- Gebäude, errichtet bis 1979
 - Alle Gebäude mindestens teilsaniert
 - Mittlere U-Werte reichen vom Niveau der WSchV'77 bis knapp oberhalb des Grenzwertes der WSchV'95
- Gebäude, errichtet nach 1979
 - Unsaniert oder geringfügig saniert
 - U-Werte liegen überwiegend auf dem Niveau des Grenzwertes der WSchV'95

Datenbasis Wärmepumpen – zusätzliche Kessel

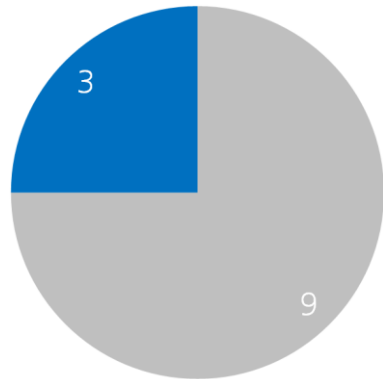


- ohne
- Ölkessel (TWE & RH)
- Gaskessel (TWE & RH)

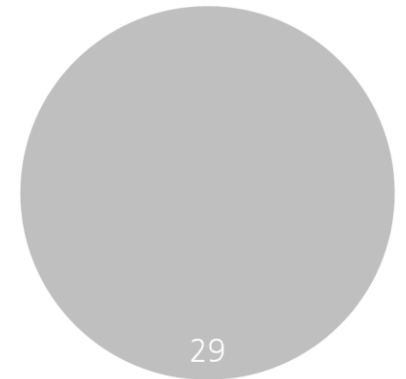
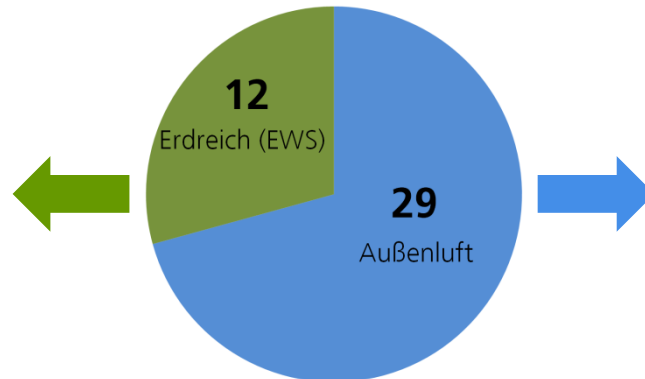


- ohne
- Ölkessel (TWE & RH)
- Gaskessel (TWE & RH)

Datenbasis Wärmepumpen – Einbindung Solarthermie



- ohne
- zur TWE
- zur TWE und RH

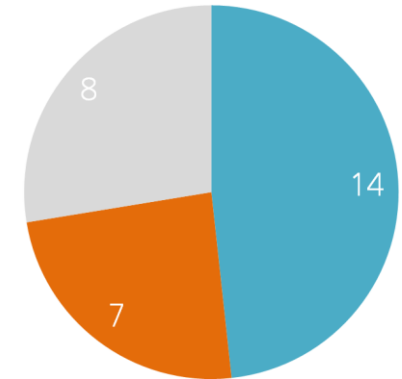
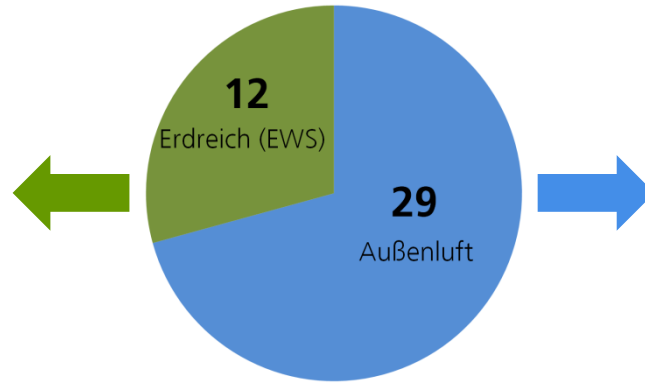


- ohne
- zur TWE
- zur TWE und RH

Datenbasis Wärmepumpen – Leistungsregelung

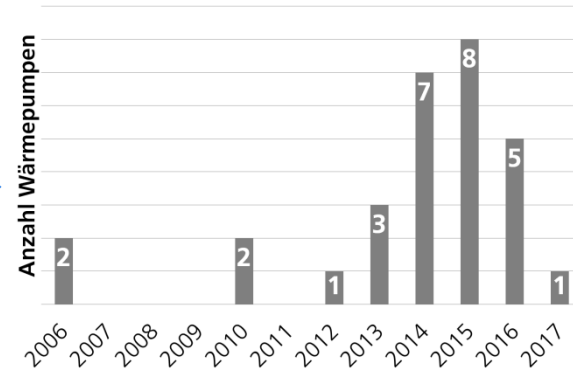
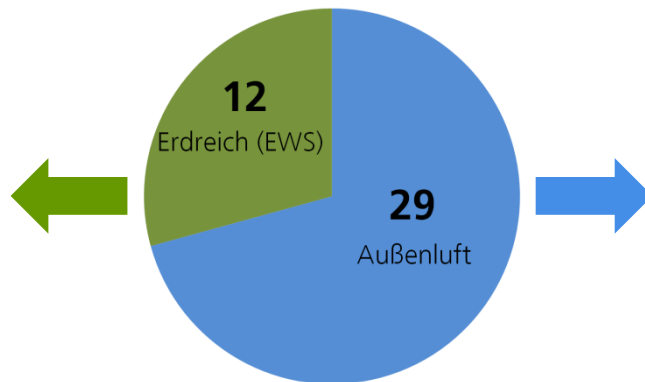
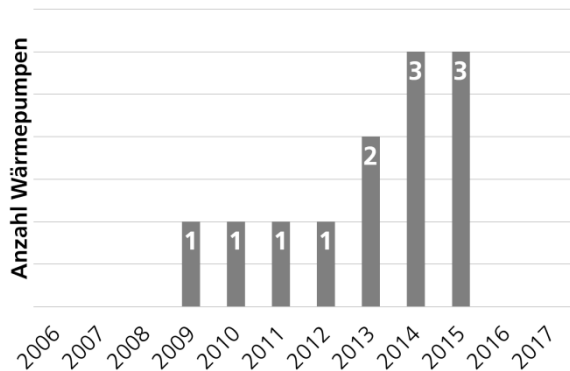


- Inverter geregelt
- Verdichter-Stufen
- unregelt

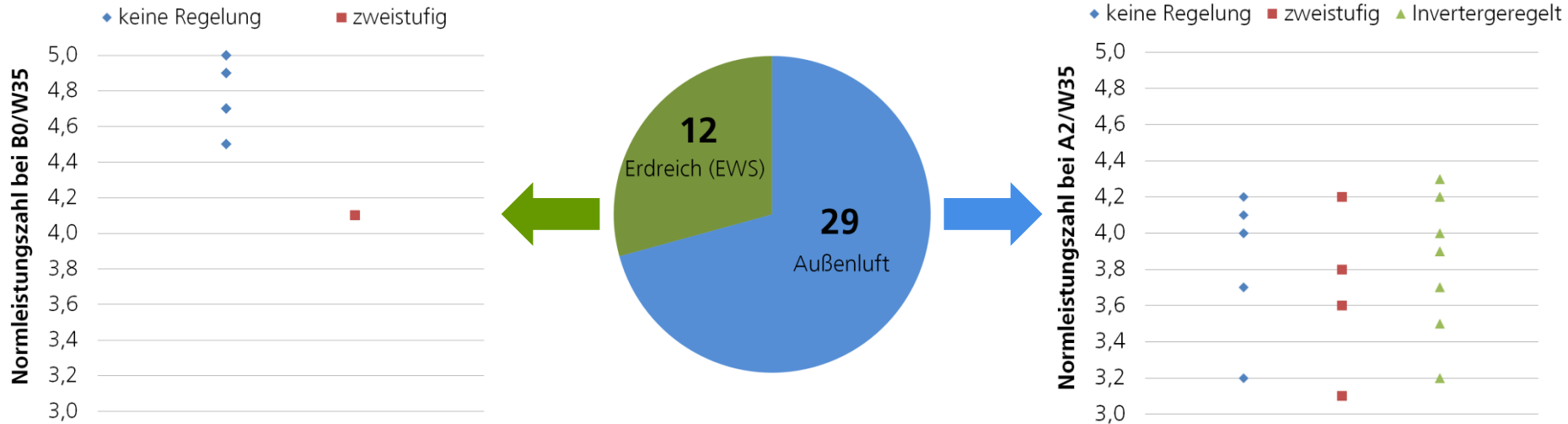


- Inverter geregelt
- Verdichter-Stufen
- unregelt

Datenbasis Wärmepumpen – Baujahre



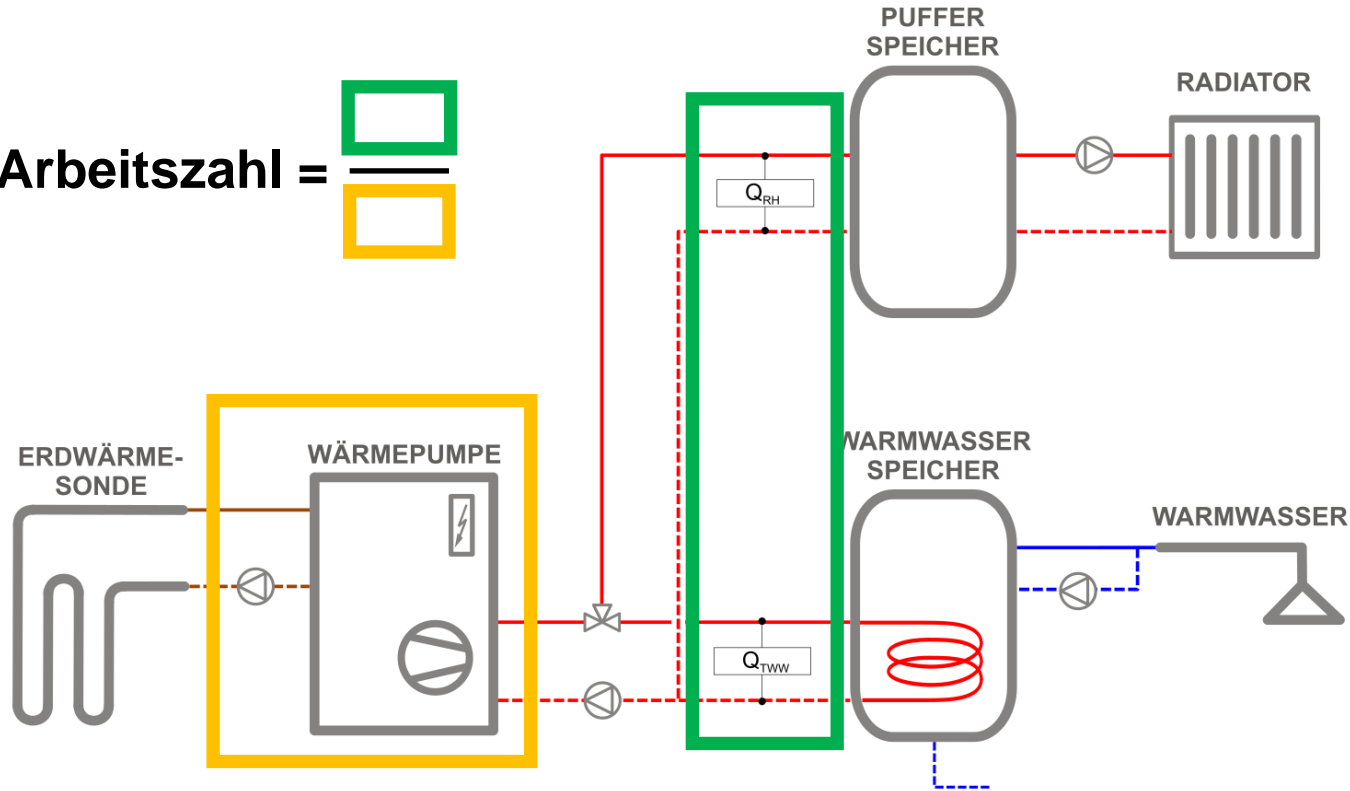
Datenbasis Wärmepumpen – Norm-Leistungszahlen



Ergebnisse

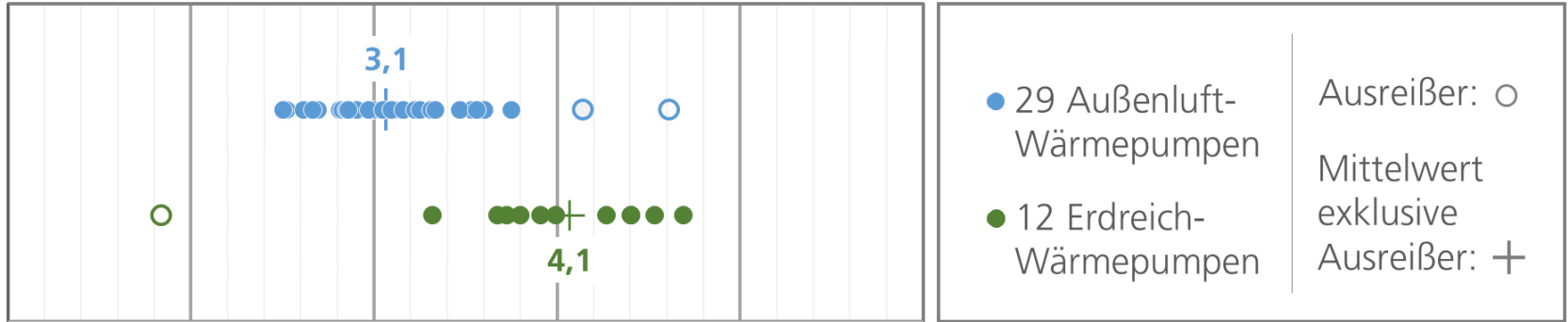
Systemgrenze 3 für die Berechnung der Arbeitszahlen

$$\text{Arbeitszahl} = \frac{\boxed{\phantom{Q_{RH}}}}{\boxed{\phantom{Q_{TWW}}}}$$



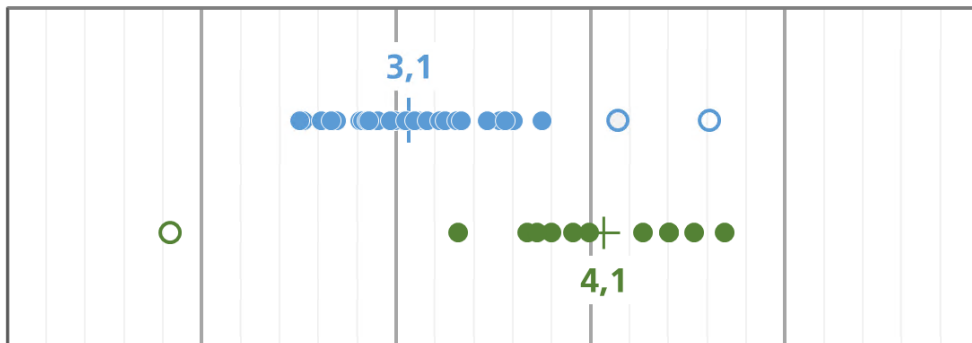
Jahresarbeitszahl 3

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



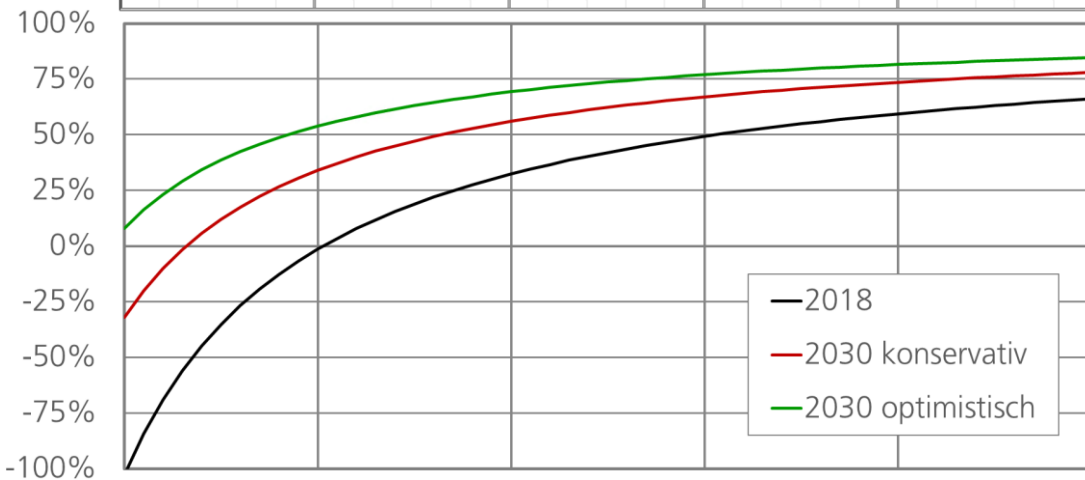
Jahresarbeitszahl 3

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



- 29 Außenluft-Wärmepumpen
- 12 Erdreich-Wärmepumpen

Ausreißer: ○
Mittelwert exklusive Ausreißer: +

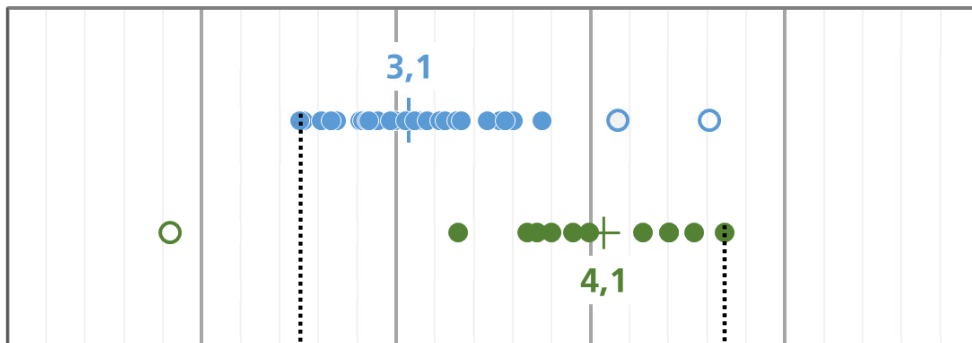


CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

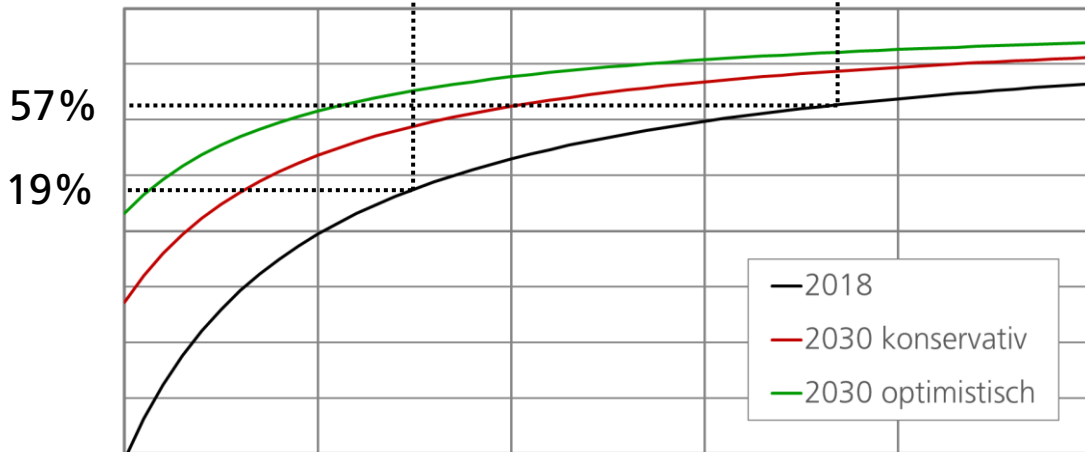
- 86,6 % Jahresnutzungsgrad nach [Wolff 2004]
- Emissionsfaktoren in gCO₂-Äq/kWh_{EE} nach [GEMIS 2019]
 - Strom 2018: 505
 - Strom 2030 konservativ: 319
 - Strom 2030 optimistisch: 195
 - Erdgas 2018: 240
 - Erdgas 2030 konservativ: 233
 - Erdgas 2030 optimistisch: 204

Jahresarbeitszahl 3

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



● 29 Außenluft-Wärmepumpen	Ausreißer: ○
● 12 Erdreich-Wärmepumpen	Mittelwert exklusive Ausreißer: +

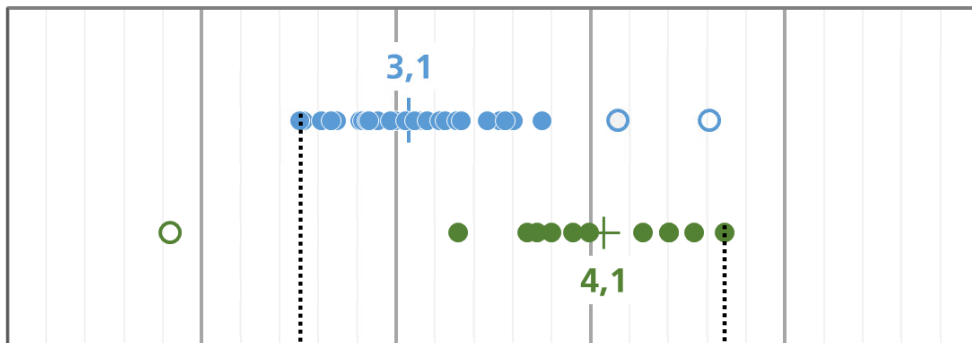


CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 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: ○

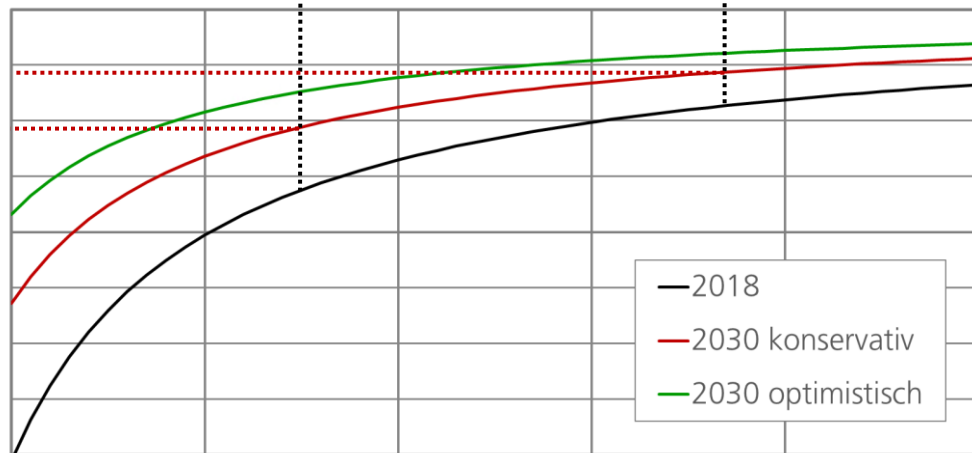
● 12 Erdreich-Wärmepumpen

Mittelwert

exklusive

Ausreißer: +

76%
47%

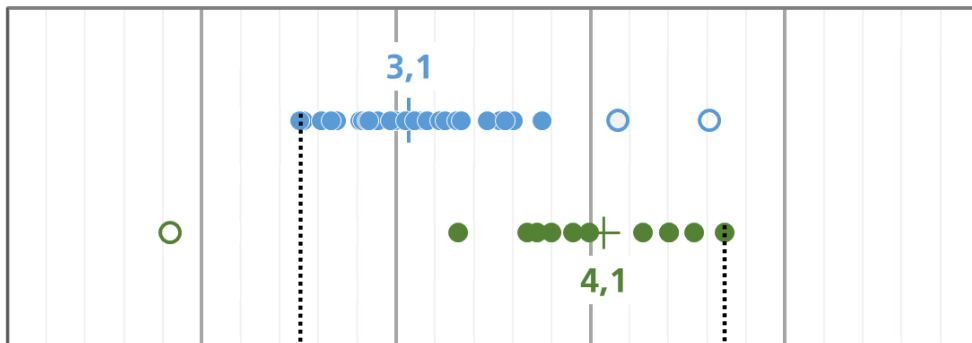


CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 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

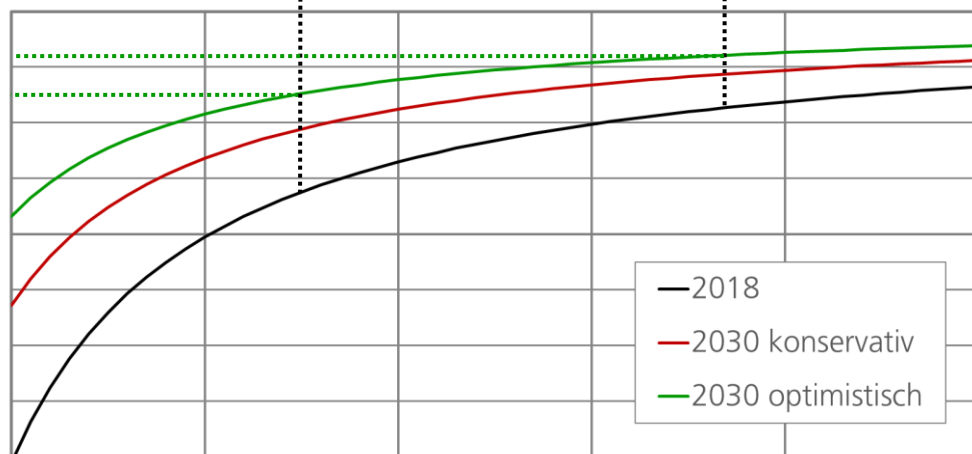
Jahresarbeitszahl 3

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



● 29 Außenluft-Wärmepumpen	Ausreißer: ○
● 12 Erdreich-Wärmepumpen	Mittelwert exklusive Ausreißer: +

80%
60%



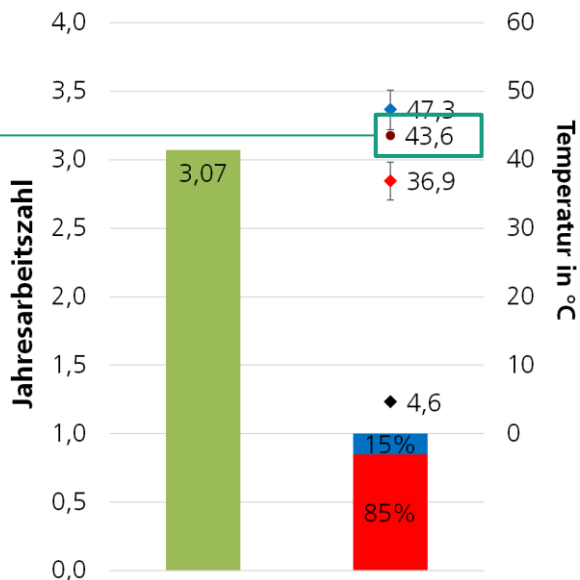
CO₂-Äq-Emissionsminderungen ggü. Gaskessel bei folgenden Annahmen:

- 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

Ergebnisse Mittlere Betriebsbedingungen

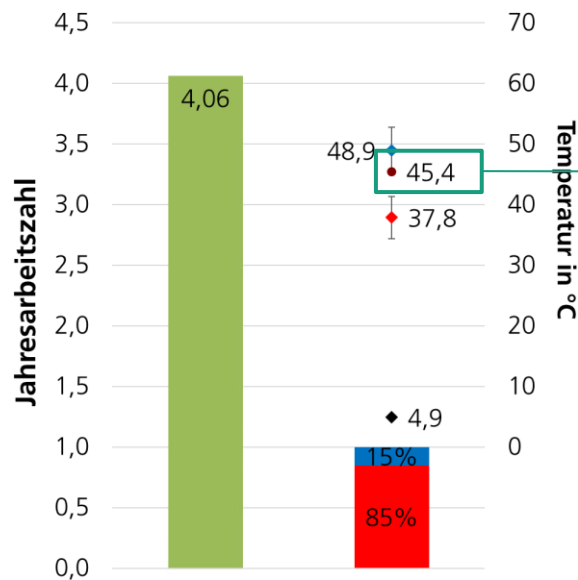
- Jahresarbeitszahl 3
- Energieanteil RH
- Energieanteil TWE
- ◆ T_Wärmequelle
- ◆ T_RH_Mittel
- ◆ T_TWE_Mittel
- T_RH_Vorlauf_max

34,6...52,4°C
bei mittlerer
Außenluft-
temperatur
von -3,0°C



27 Außenluft-Wärmepumpen

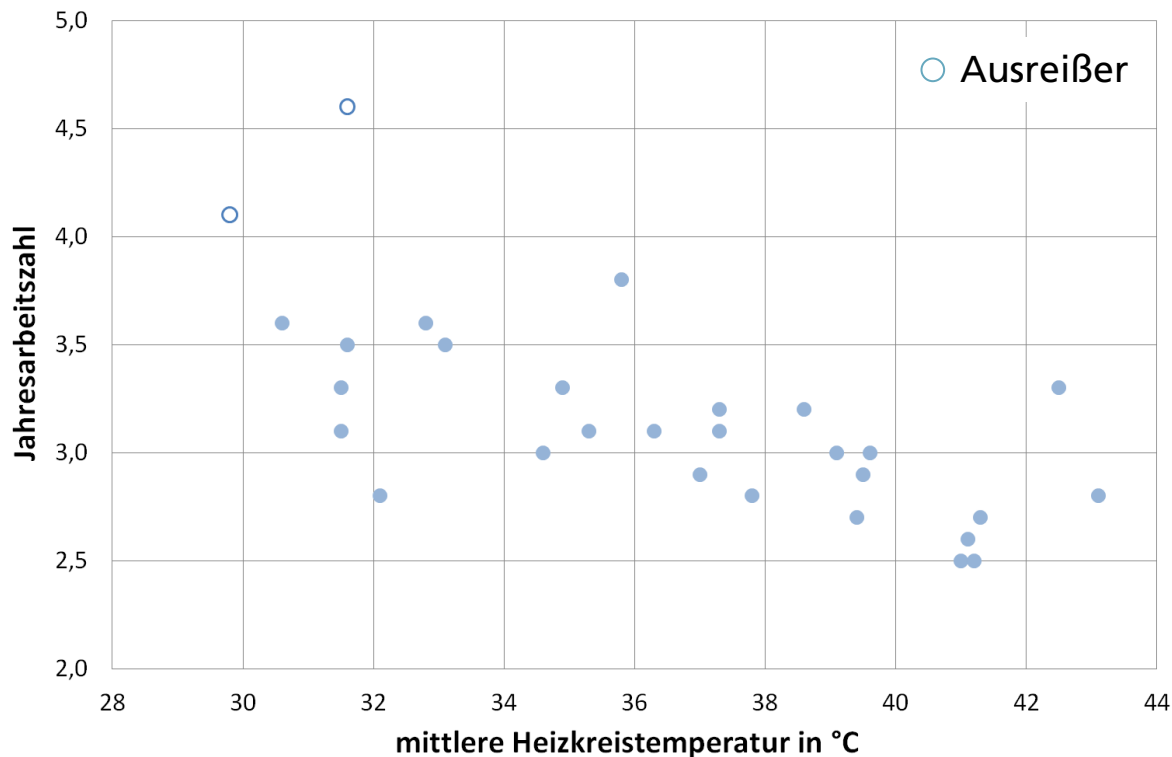
37,3...52,0°C
bei mittlerer
Außenluft-
temperatur
von -4,6°C



11 Erdreich-Wärmepumpen

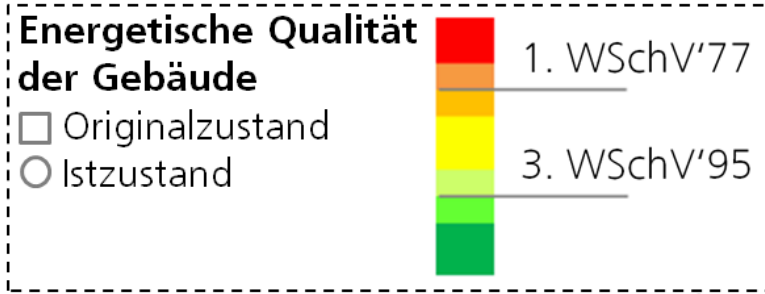
Ergebnisse mit Fokus Außenluft-Wärmepumpen

Ergebnisse JAZ über mittlere Heizkreistemperaturen



- Überlagerung einer Vielzahl von Einflüssen, u.a.
 - Temperatur und Energieanteil zur Trinkwassererwärmung
 - Norm-Leistungszahl
 - Deckungsbeiträge weiterer Wärmerzeuger
 - ...
- Lediglich zur Heizkreistemperatur zeigt die kombinierte JAZ eine Abhängigkeit

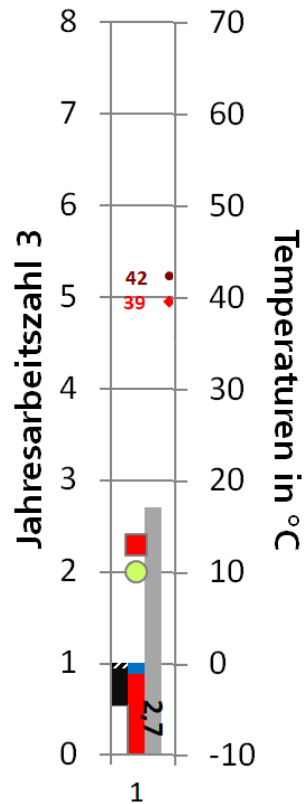
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



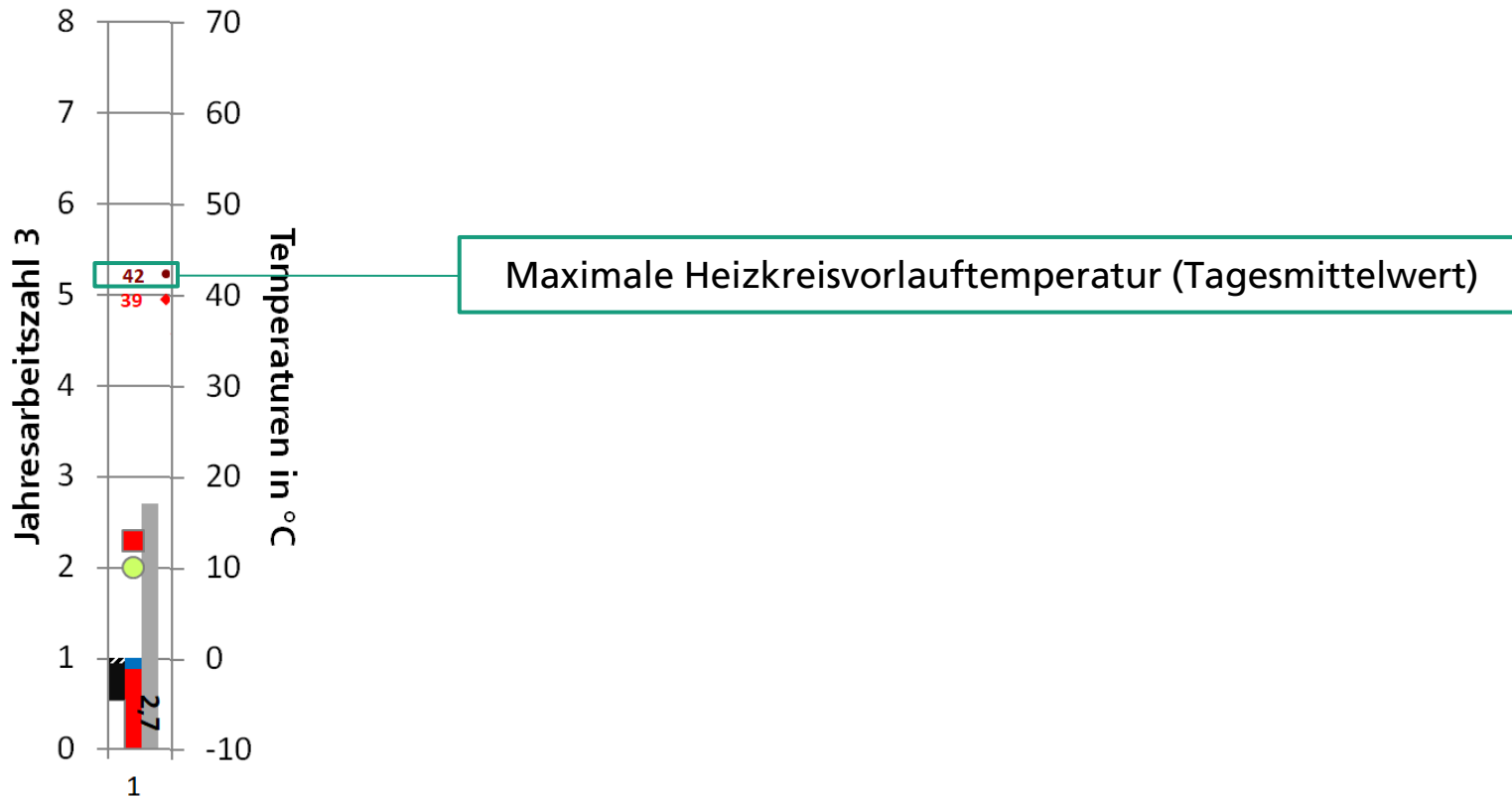
Methodik zur Ermittlung des Gebäudekennwertes

- Zweistufige Befragung der Anlagenbetreiber (Bewohner) zum Zustand des Gebäudes und der erfolgten Sanierungsmaßnahmen
- Ermittlung von U-Werten für Dach, Außenwand und Fenster
- Ermittlung eines mittleren U-Wertes für ein Referenzgebäude
- Orientierung der mittleren U-Werte an den Grenzwerten der WSchV'77 und '95

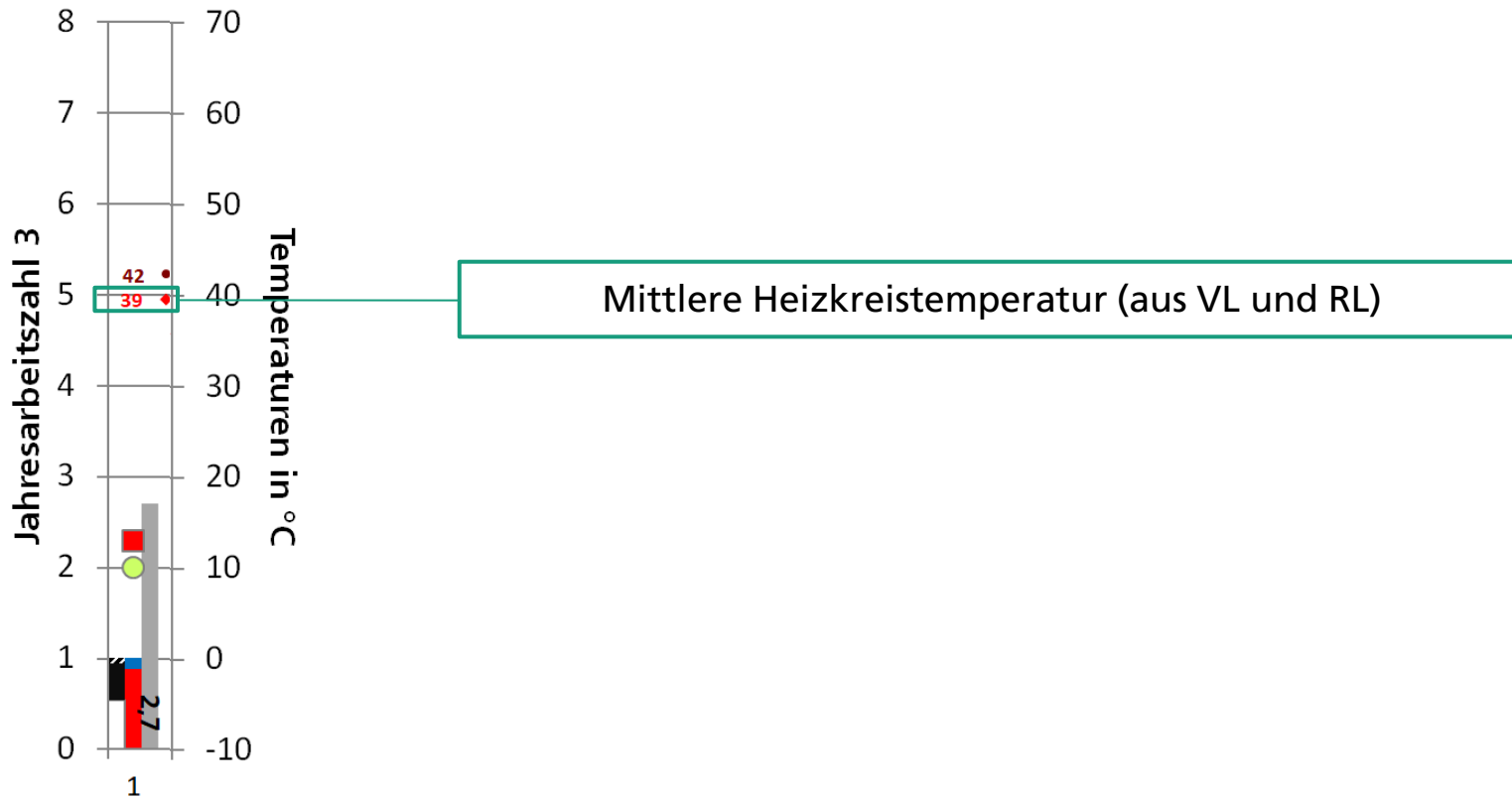
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



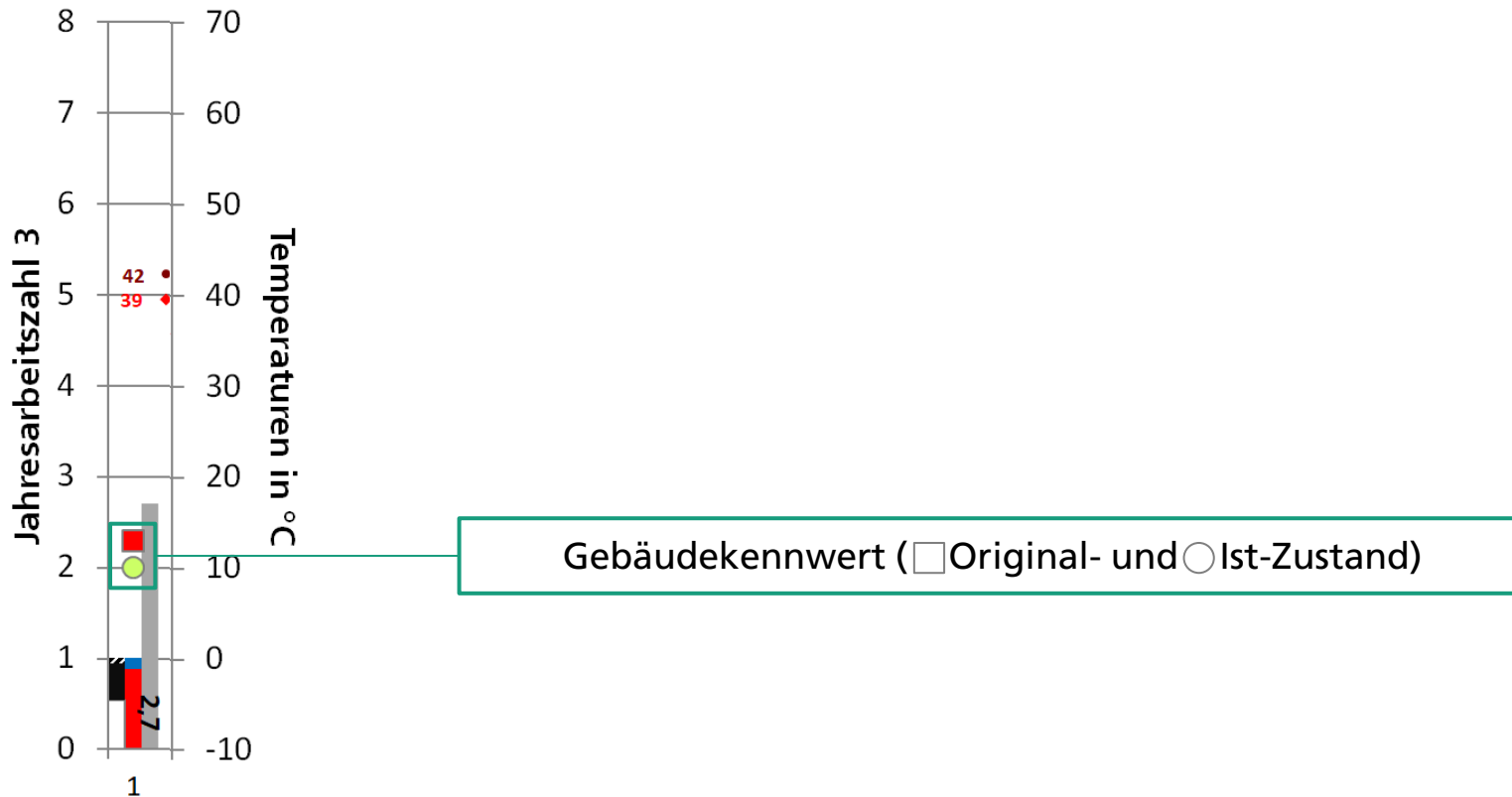
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



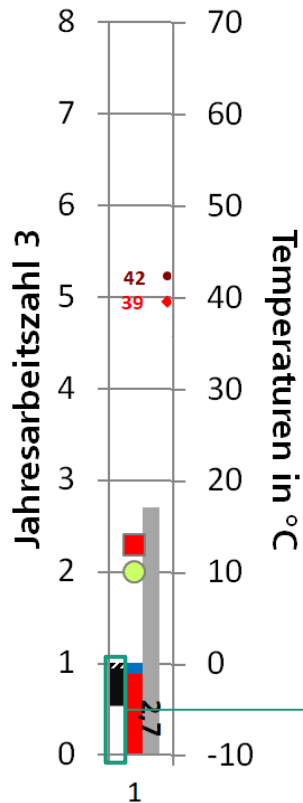
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



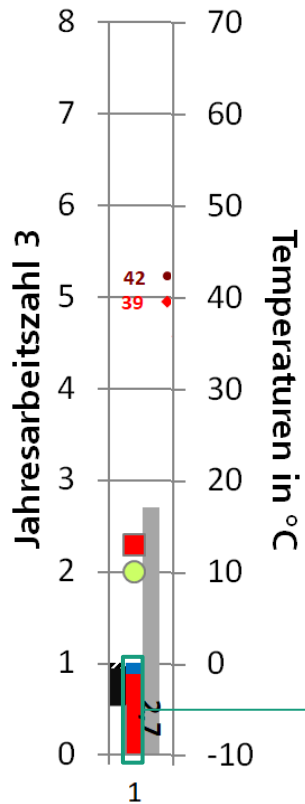
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



Anteil beheizte Fläche mit Wärmeübergabesystem:

- ▨ Anteil gemischt (FH+HK)
- Anteil nur Flächenheizung
- Anteil nur Heizkörper

Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften

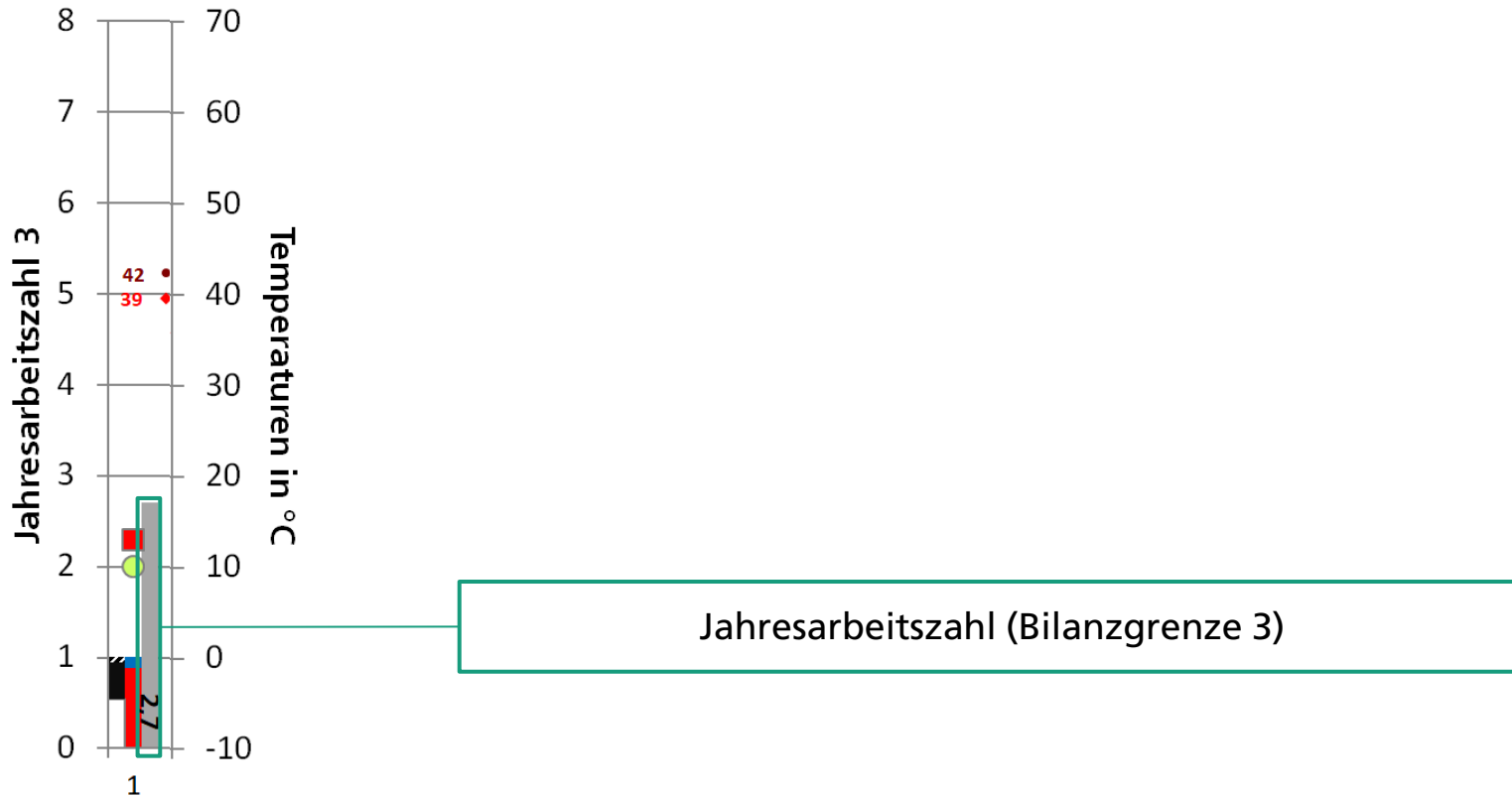


Anteil der Wärmepumpe bereitgestellter Energie für:

■ Trinkwassererwärmung

■ Raumheizung

Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften



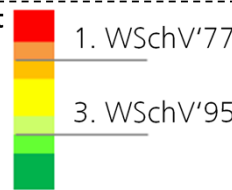
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften

■ Jahresarbeitszahl 3

■ Anteil Heizenergie

■ Anteil TW-Energie

**Energetische Qualität
der Gebäude**



□ Anteil nur Flächenheizung

■ Anteil nur Heizkörper

■ Anteil nur gebl. Konv

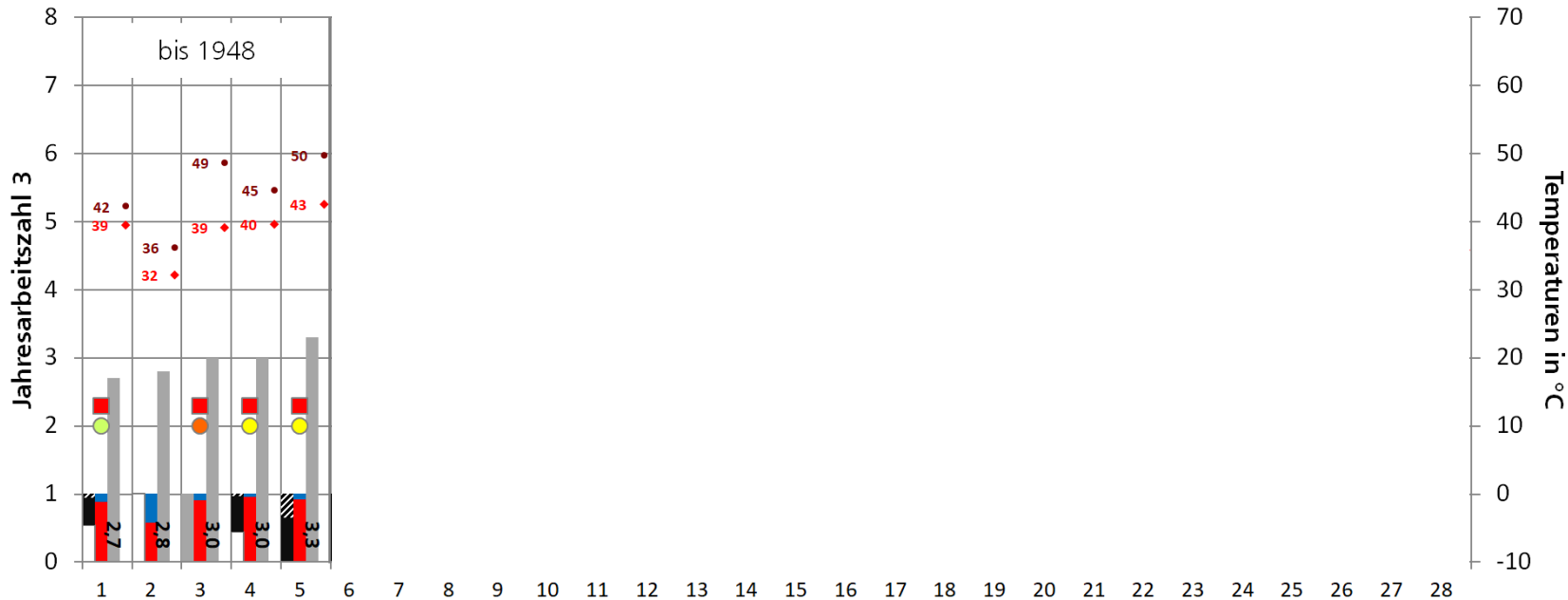
□ Originalzustand

○ Istzustand

▨ Anteil gemischt (FH+HK)

◆ T_Heiz Mittel (Gesamtzeit)

● T_Heiz Vorlauf (max)




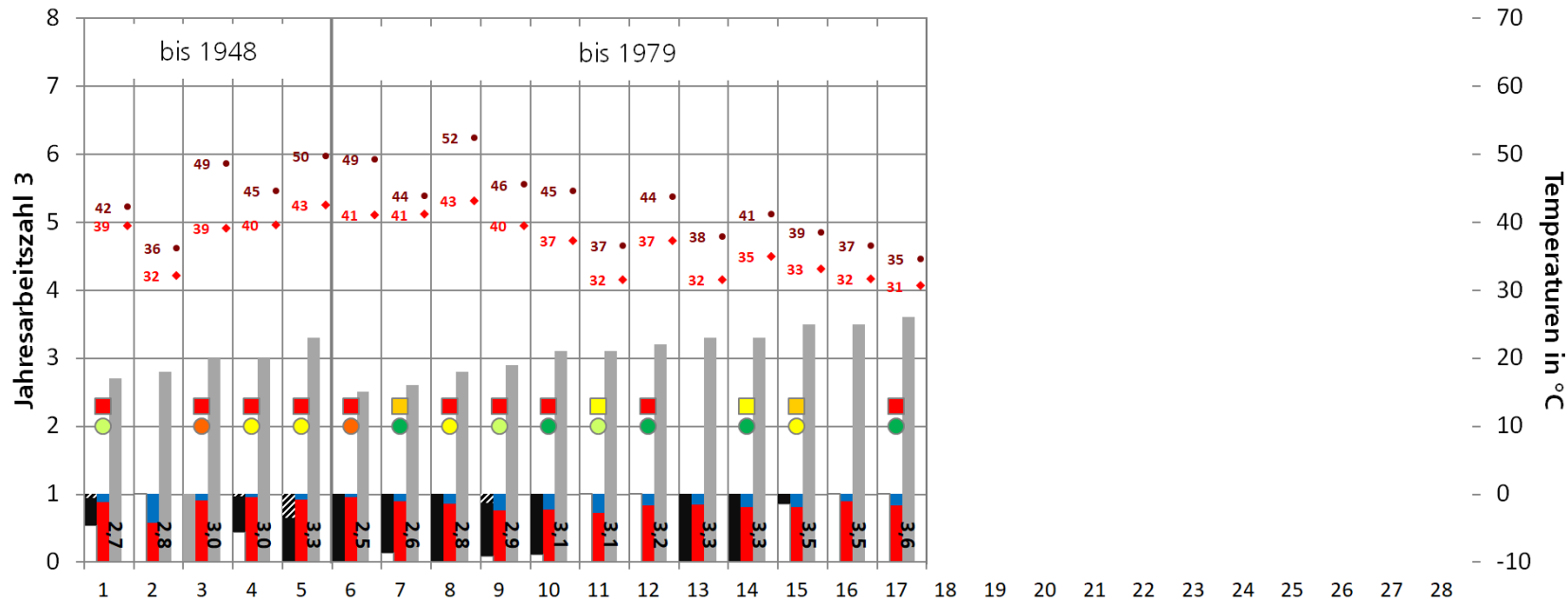
Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften

- Jahresarbeitszahl 3
- Anteil Heizenergie
- Anteil TW-Energie
- Anteil nur Flächenheizung
- Anteil nur Heizkörper
- Anteil nur gebl. Konv.
- ▨ Anteil gemischt (FH+HK)
- ◆ T_Heiz Mittel (Gesamtzeit)
- T_Heiz Vorlauf (max)

Energetische Qualität der Gebäude

- 1. WSchV'77
- Originalzustand
- Istzustand
- 3. WSchV'95





Ergebnisse Messergebnisse und Gebäudeeigenschaften

■ Jahresarbeitszahl 3

■ Anteil Heizenergie

■ Anteil TW-Energie

**Energetische Qualität
der Gebäude**

1. WSchV'77

□ Anteil nur Flächenheizung

■ Anteil nur Heizkörper

■ Anteil nur gebl. Konv.

□ Originalzustand

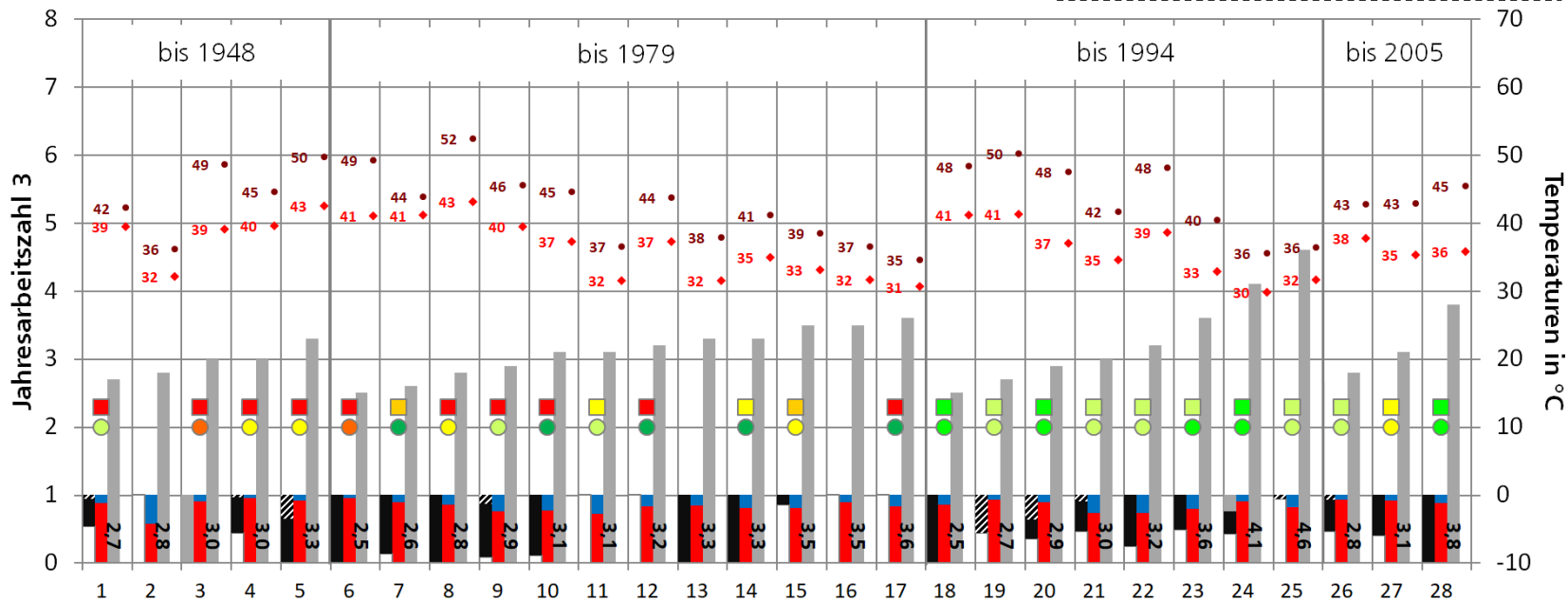
○ Istzustand

3. WSchV'95

▨ Anteil gemischt (FH+HK)

◆ T_Heiz Mittel (Gesamtzeit)

● T_Heiz Vorlauf (max)



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 (Günther et al. 2014), (Miara et al. 2011) 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

WP^{smart} im Bestand



W P Q S im Bestand

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



Vielen Dank!

danny.guenther@ise.fraunhofer.de

**Thank you for your
attention.**

**CONNECTING
EXPERTS.**

