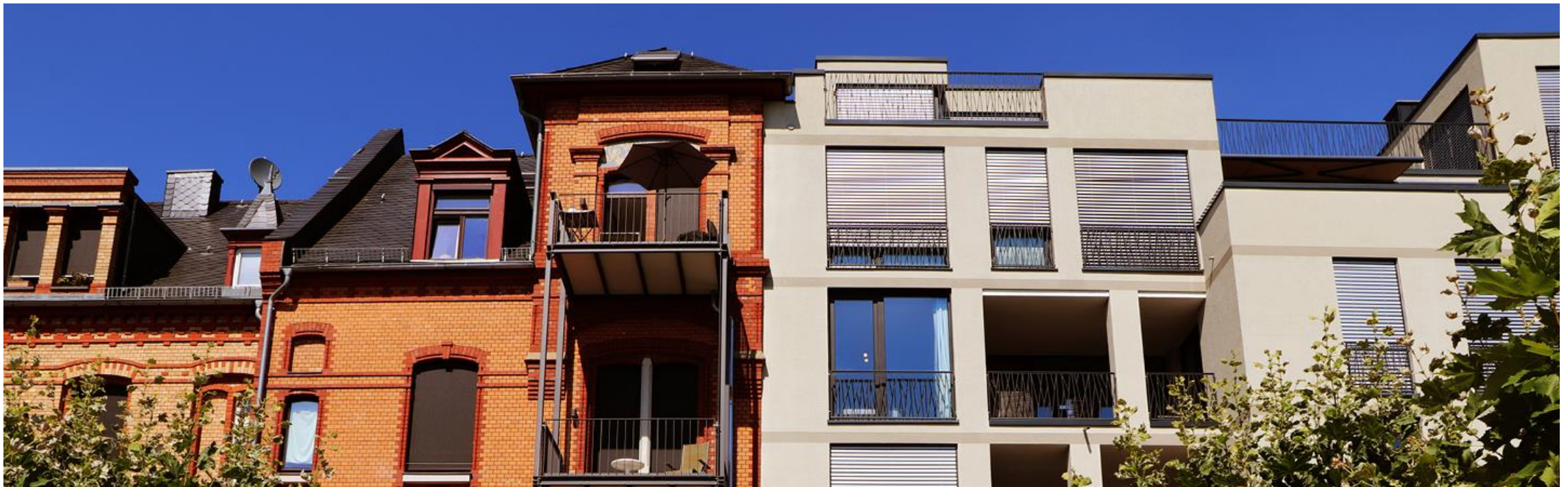


# Wärmepumpen – Aktuelle Entwicklungen und Lösungen für den Gebäudebestand

Dr. Constanze Bongs – Fraunhofer ISE

Dr. Michael Krause – Fraunhofer IEE

Niklas Kracht – ISFH



© Fraunhofer IEE / M. Krause

# Wärmepumpen – Aktuelle Entwicklungen und Lösungen für den Gebäudebestand

## Agenda

- Status Quo: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden
- Herausforderungen
- Kältemittelreduzierte Propan-Kältekreise
- Innovative Quellensysteme: PVT-Kollektoren und Mehrquellensystem
- Wärmepumpen im Quartier: Konversionsgebiet Lagarde Campus Bamberg

# Energieverbrauch in Bestandsgebäuden

## Kenndaten

- 1979: Erste Wärmeschutzverordnung
- 62% des Gebäudebestands wurde vor 1979 errichtet [1]
- Gebäude mit Baualter <1979 verursachen 68% des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor [2]



© Nils Theurer

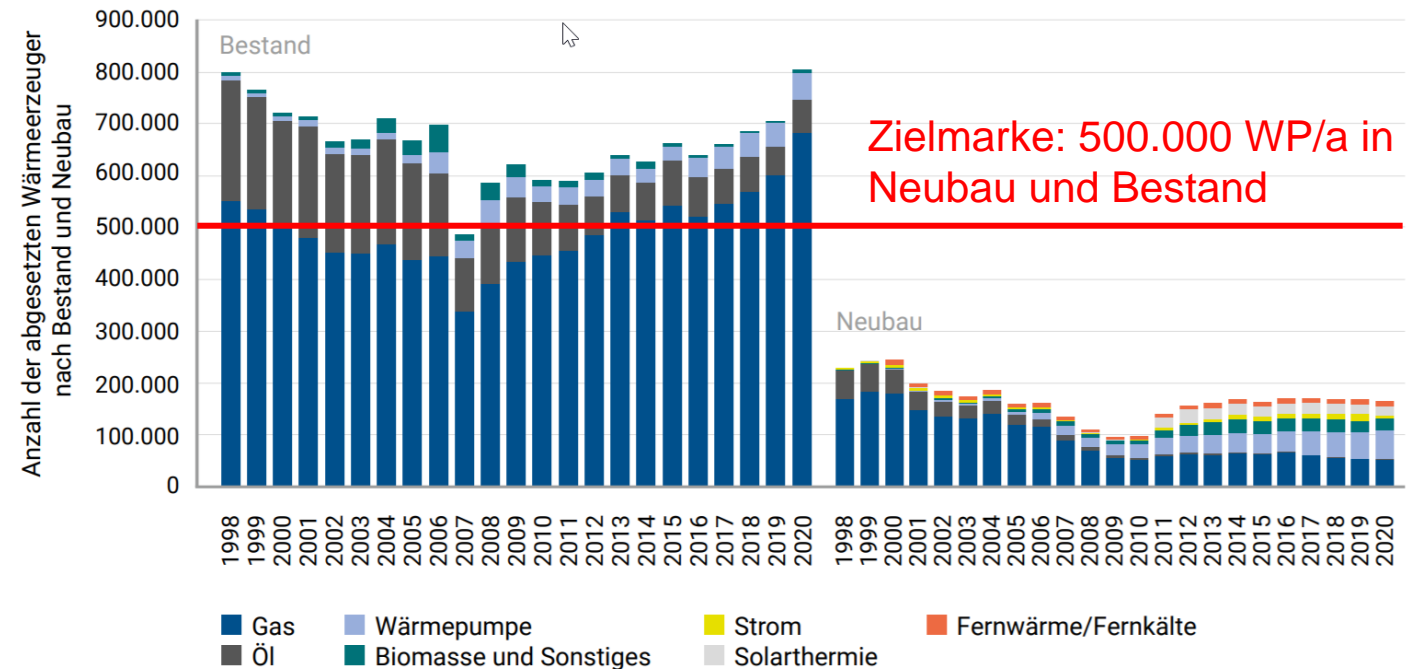
[1] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Januar 2020, Berlin: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.

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

# Ausgangslage Anlagentechnik

## Altersstruktur und Austauschrate

- Altersstruktur Anlagentechnik
  - Mittleres Alter: 17 Jahre
  - 40% der Anlagentechnik > 20 Jahre
- Jährliche Austauschrate
  - 2,5-3%/a des Wärmeerzeugerbestands



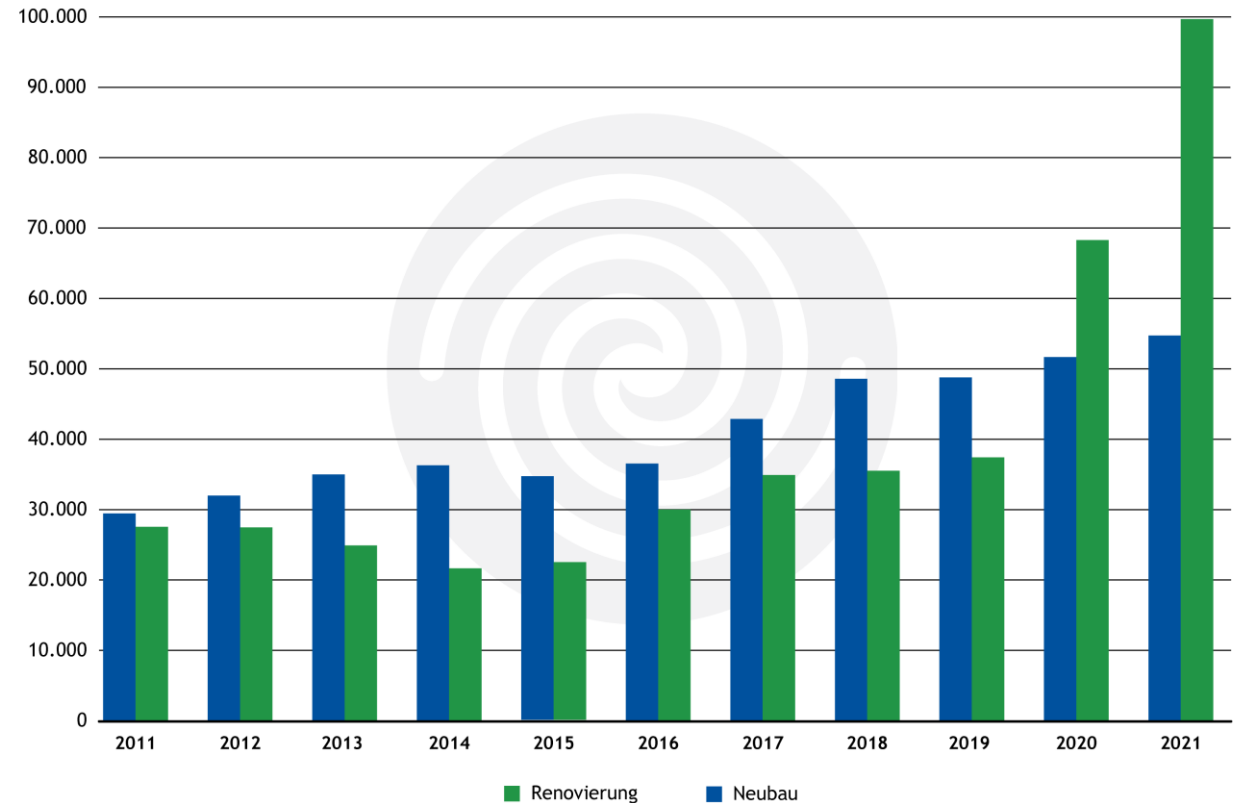
Bildquelle: DENA Gebäudereport 2022, S. 27

# Ausgangslage Anlagentechnik

## Absatzentwicklung

- Altersstruktur Anlagentechnik
  - Mittleres Alter: 17 Jahre
  - 40% der Anlagentechnik > 20 Jahre
- Jährliche Austauschrate
  - 2,5-3%/a des Wärmeezeugerbestands
- Anteil WP bei Ersatz im Bestand steigend
  - 2020/2021: Anstieg von 6% auf 9-10%

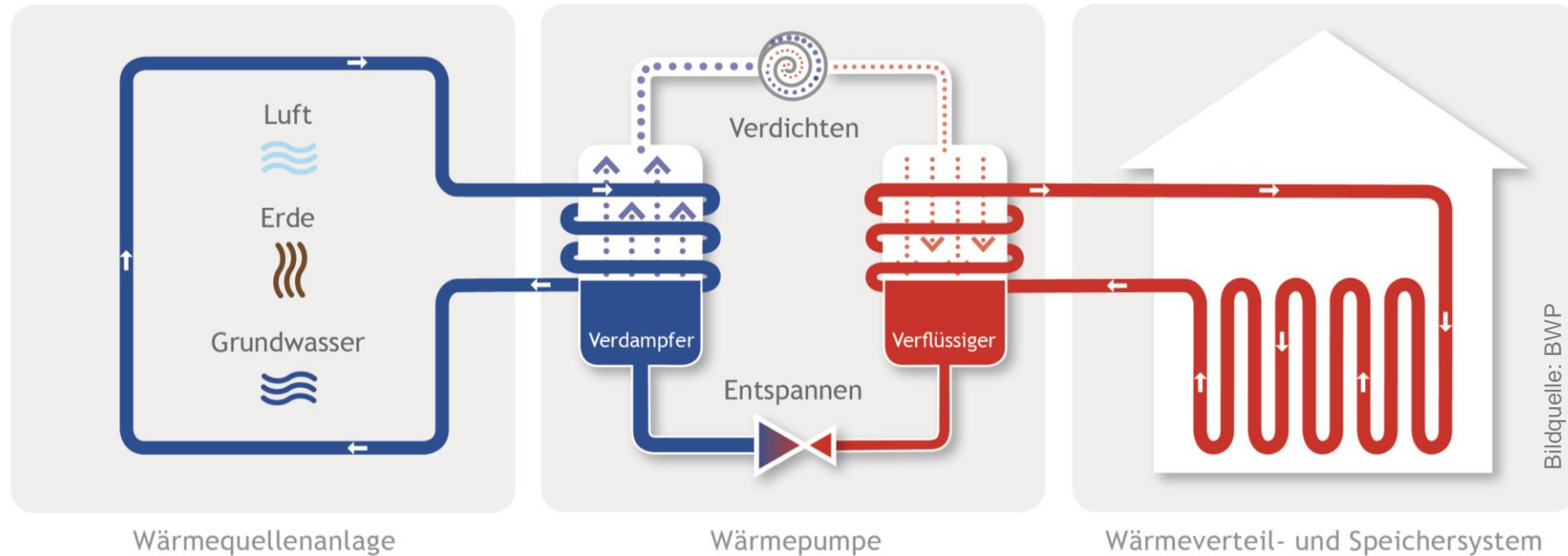
Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2011-2021  
Nach Absatz in den Neubau und die Renovierung



Quelle: BWP/BDH-Absatzstatistik, Baufertigstellungsstatistik

bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.

## Herausforderungen für Wärmepumpen im Bestand

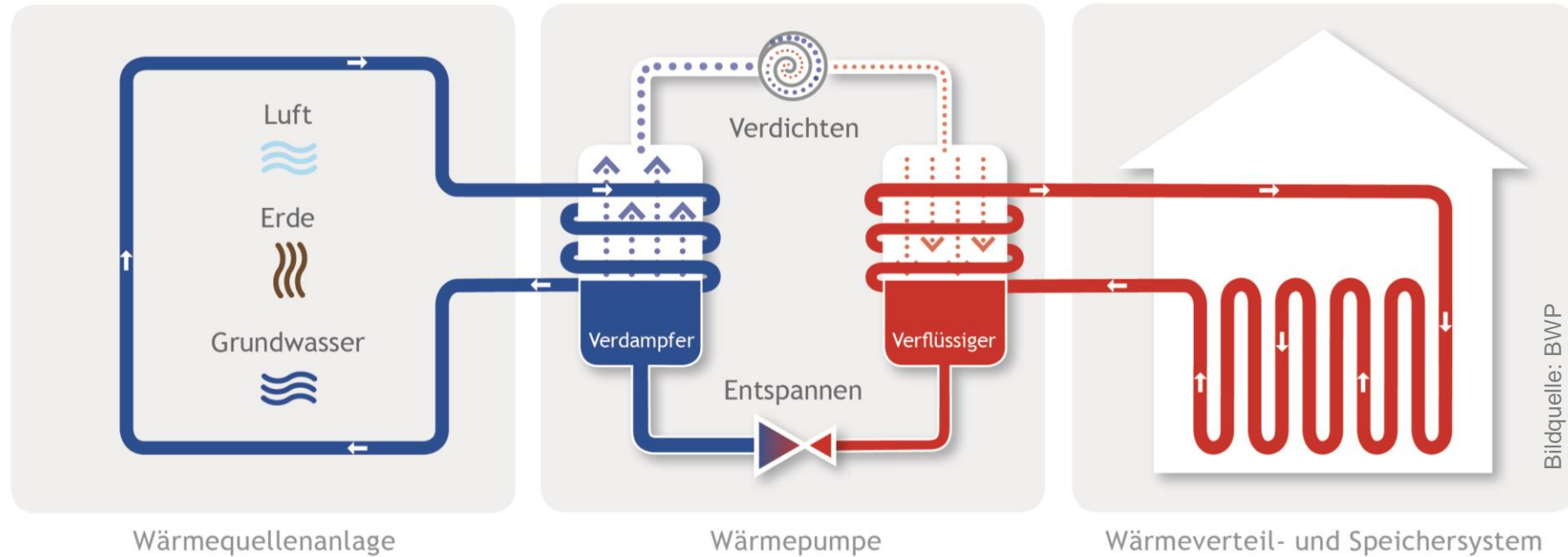


- Erschließung der Wärmequelle
- Luft-WP: Schallemission
- Sole-WP: Flächenverfügbarkeit für Bohrung

- Umstellung auf klimafreundliche Kältemittel (z.B. Propan)
- Bereitstellung höherer Temperaturen bei guter Effizienz

- Absenkung von Systemtemperaturen (TWW + RW)
- Weiternutzung von Bestandshydraulik
- Nutzerakzeptanz für geringere Vorlauftemperaturen

# Lösungsansätze



- Weiterentwicklung Propan-WP und Sicherheitskonzepte
- Standardisierung
- Industrialisierung der Fertigung / Skalierung

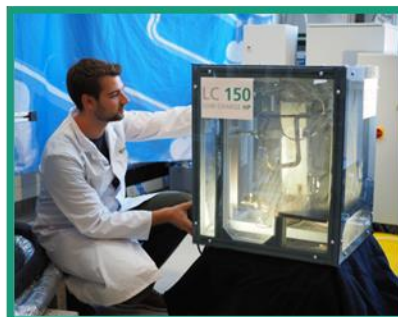
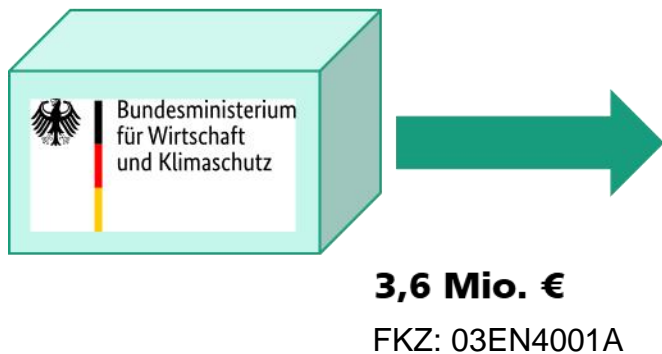
# Plattformprojekt LC150

**LC 150**  
LOW CHARGE HP

## Propan-Kältekreise für Wärmepumpen mit Füllmengenreduktion



1,2 Mio. €



### LC150 PLATTFORMENTWICKLUNG EINES KÄLTEMITTEL-REDUZIERTEN WÄRMEPUMPEN-MODULS MIT PROPAN

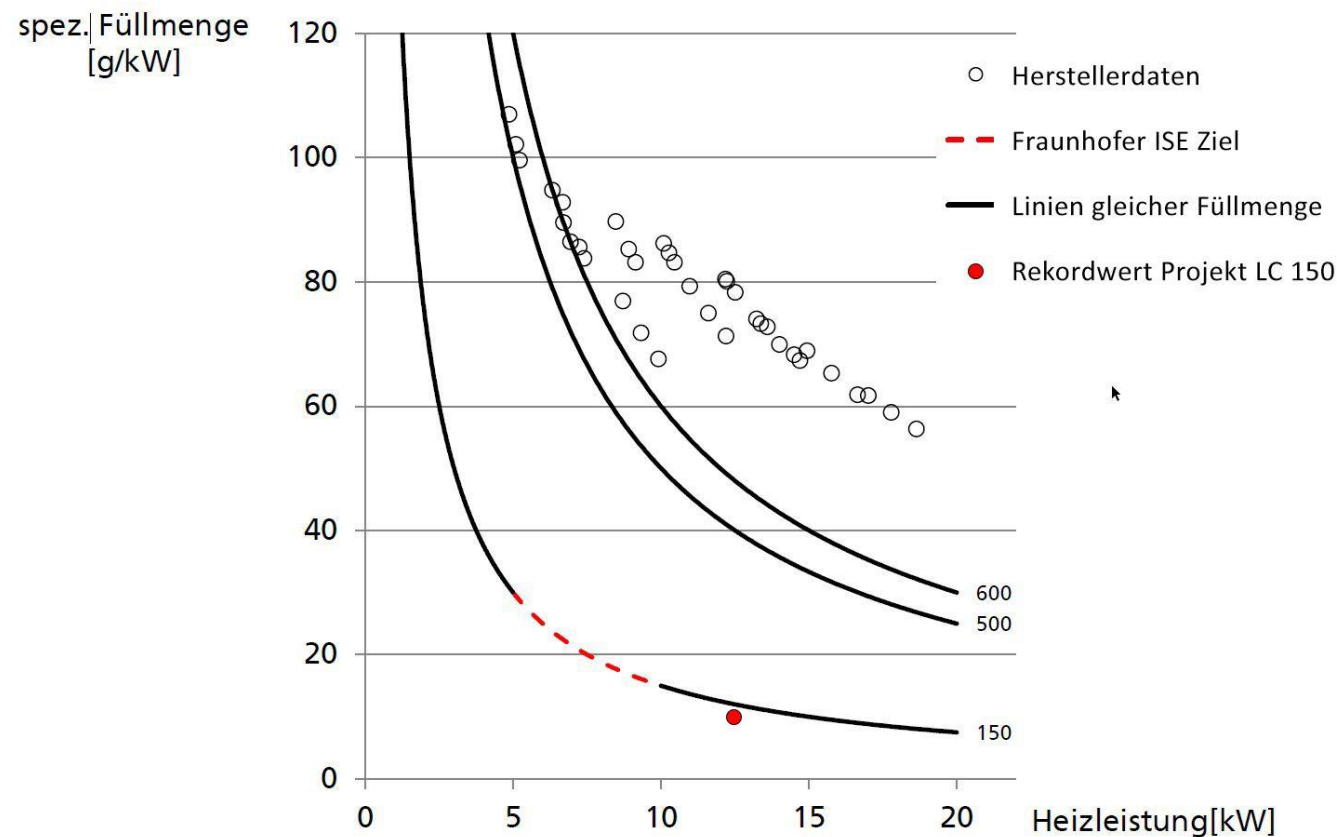
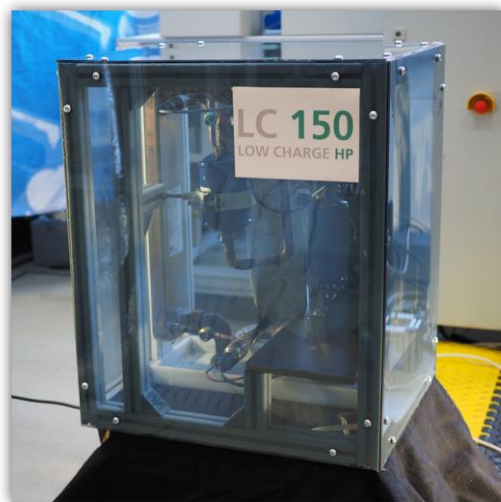
- Komponententests (Wärmeübertrager, Kompressoren, Ventile etc.) in Einzelkomponententests und Breitenevaluierung
- Kältemittelreduktion und Kältemittel-Lokalisierung
- Betriebsstrategien
- Standardisierung
- Netzwerk und Plattform für Hersteller



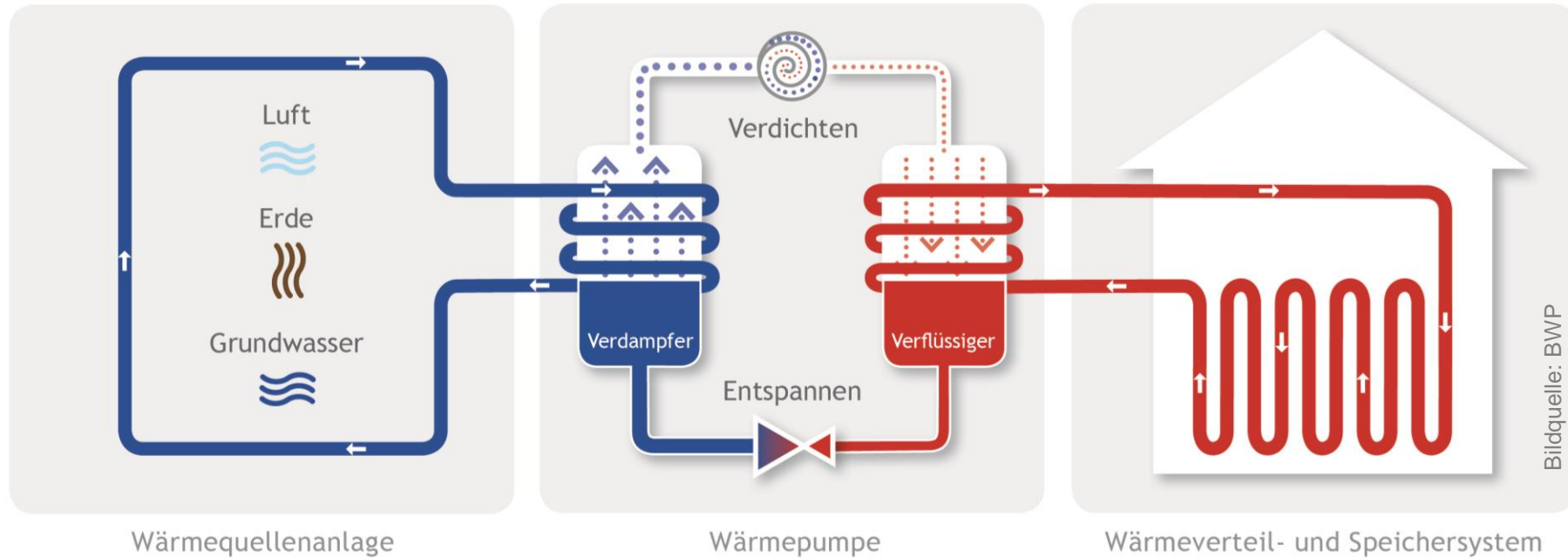
# Plattformprojekt LC150 – Rekord-Kältekreis entwickelt

## Propan-Kältekreise für Wärmepumpen mit Füllmengenreduktion

- 5 Feuerzeuge für 1 Kilowatt Heizleistung
- 124 g für 12,8 kW ~ 9,7 g Propan/kW mit Automotive-Kompressor bei Effizienz von 4,7  
=> Zielwert von 15-30 g/kW übertroffen
- 164 g für 8,1 kW mit Standardkompressor und Effizienz von 4,8



# Lösungsansätze



- Fassadenintegration Quelle
- PVT-Kollektoren
- Mehrquellen-Systeme
- Quartierslösungen
- Bivalente Systeme

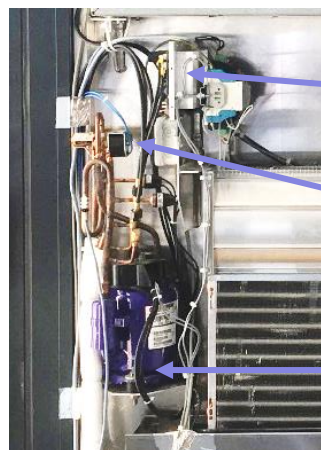
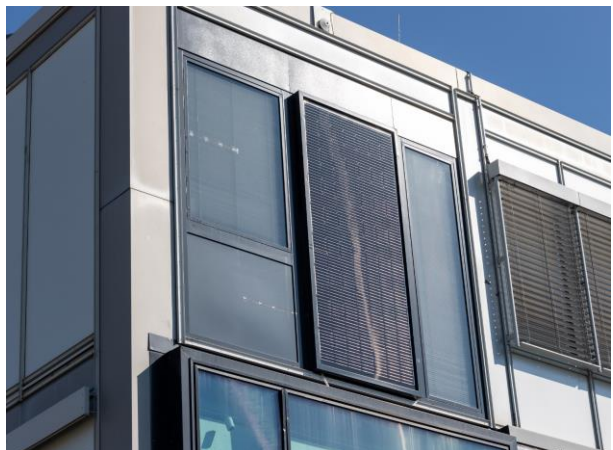
- Weiterentwicklung Propan-WP und Sicherheitskonzepte
- Standardisierung
- Industrialisierung der Fertigung / Skalierung

- Selektiver Heizkörperaustausch und hydraulischer Abgleich
- Weiterentwicklung digitaler Methoden für Hydraulik-Erfassung und Planung

# Modulfassade mit Anlagenintegration

## Fassadenintegrierte Wärmepumpensysteme für Nichtwohngebäude in Neubau und Bestand

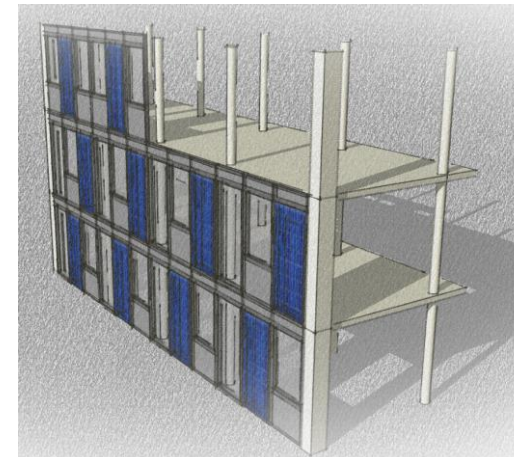
- Modulfassade mit hohem Vorfertigungsgrad des Fassadensystems und vollständiger Integration aller anlagentechnischen Bauteile → beschleunigter Bauprozess und kürzere Fertigstellungszeit
- Versorgung d. Raums mit Wärme, Kälte, Lüftung ausschließlich über Fassade → keine zentrale Anlagentechnik nötig
- geringer Installations- und Abstimmungsaufwand auf der Baustelle (lediglich Stromanschluss)
- keine abgehängten Decken oder aufgeständerte Böden nötig
- Nutzung lokal erzeugter regenerativer Energie durch PV (ggf. mit Speicherung)
- Hohe Kostensicherheit (Investment, Wartung und Betrieb)



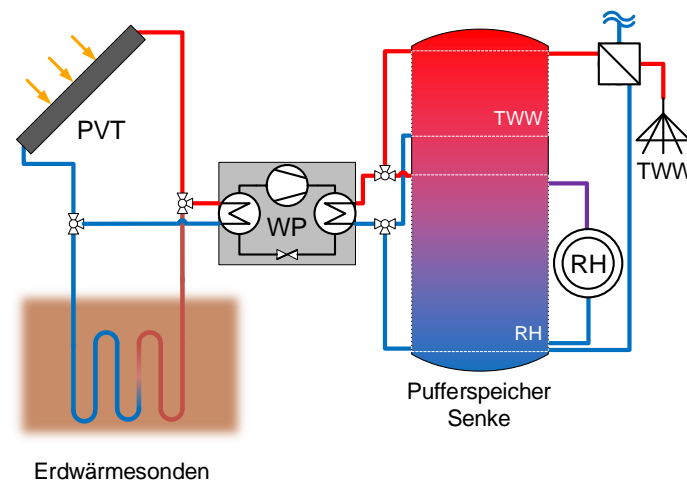
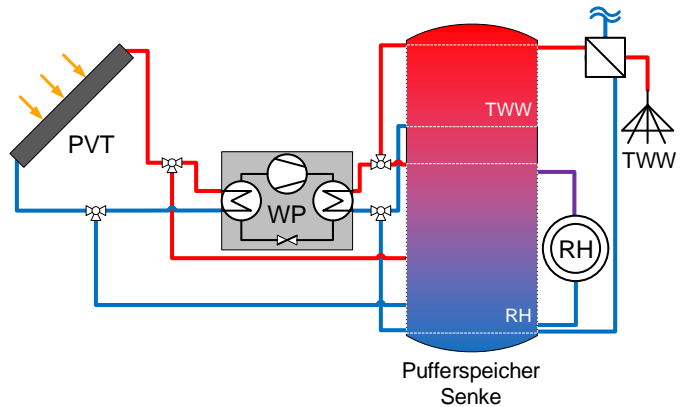
Reglerplatte  
Wärmepumpe

Umschaltventil  
Heizen/Kühlen

Drehzahl geregelter  
Verdichter



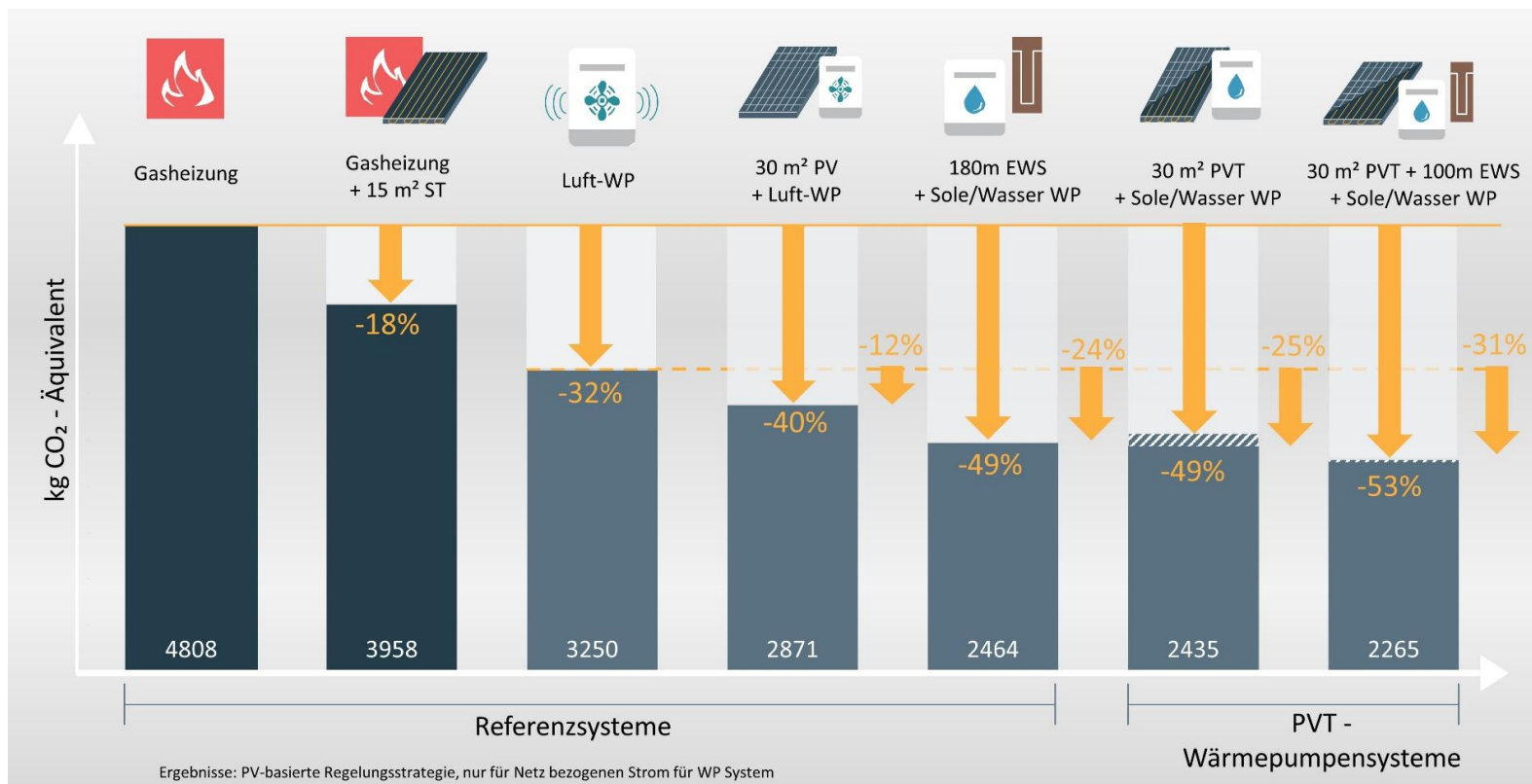
# Photovoltaisch-thermische Kollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen im Gebäudebestand



- PVT-Kollektoren liefern gleichzeitig Wärme und Strom für die Wärmepumpe
- PVT-Kollektoren sind leise, unsichtbar und überall einsetzbar
- Clamp-On-Kollektoren sind auch an bestehenden PV-Anlagen nachrüstbar
- PVT-Kollektoren als alleinige Wärmepumpen-quelle oder als Ergänzung zu Erdwärme geeignet

# Photovoltaisch-thermische Kollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen im Gebäudebestand

## Simulationsergebnisse: CO<sub>2</sub>-Emissionen für ein EFH-Bestandsgebäude

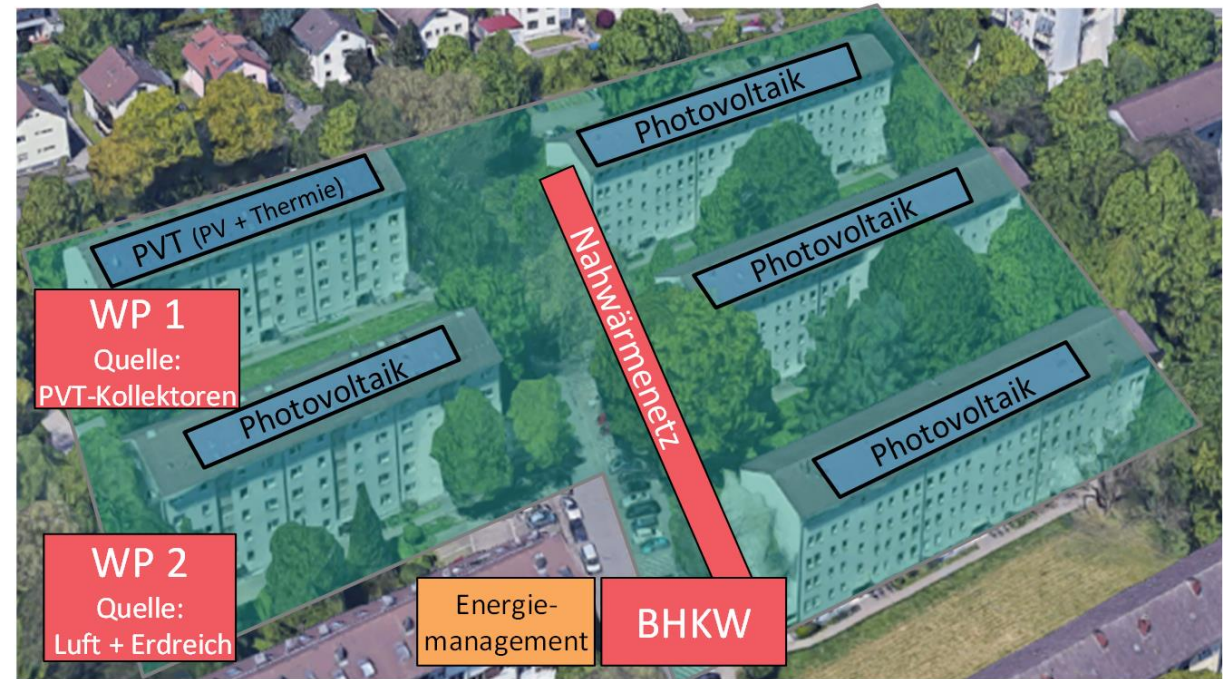


- PVT-Wärmepumpensysteme zeigen hohes CO<sub>2</sub> – Einsparpotenzial (ca. 50 %)
- PVT-Kollektoren kombiniert mit Erdwärmesonde (EWS) erreichen die höchste Einsparung und reduzieren die notwendige Länge der EWS

# Innovative Quellsysteme im Smarten Quartier Karlsruhe Durlach

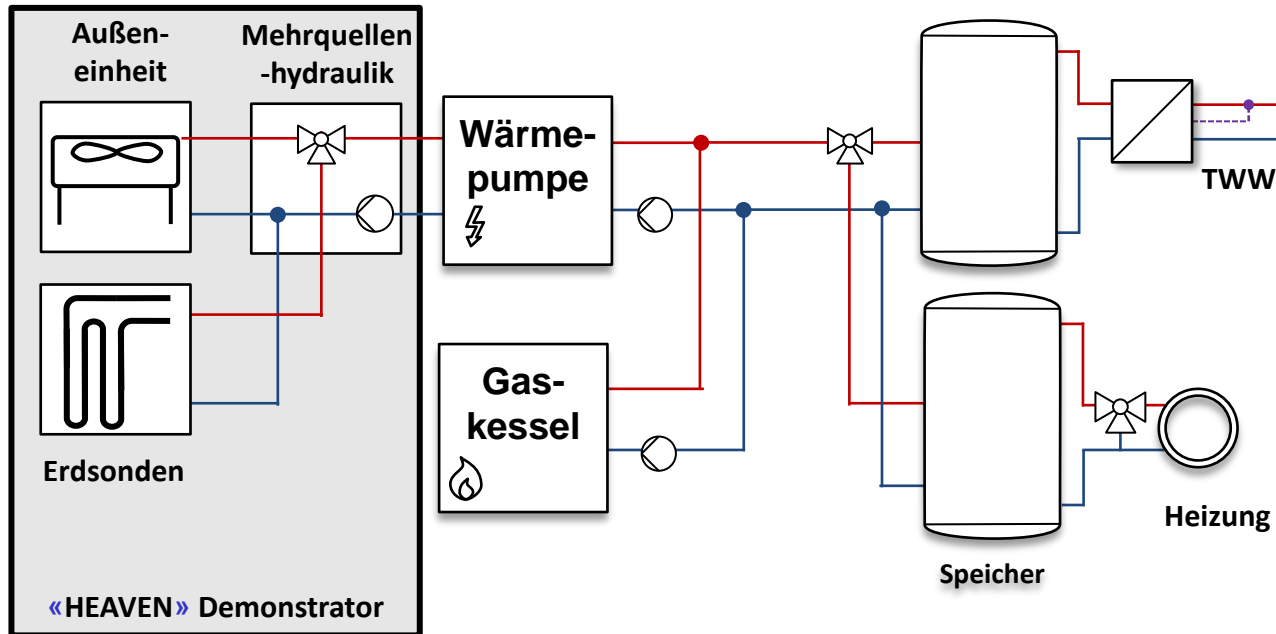
## Quartierslösung: Kombination Wärmepumpen, PV und BHKW

- Erschließung von Umweltwärme:
  - PVT-Kollektoren
  - Mehrquellen-WP-System: Luft + Erdreich
- Smarte Integration bewährter Technologien: Wärmepumpen, PV, BHKW
- Aus Quartierssimulation:
  - Erzeugung des Wärmepumpenstroms von PV + BHKW (Autarkiegrad 88 %)
  - Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 52 %



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

# Mehrquellen-Wärmepumpensystem im Mehrfamilienhausbestand

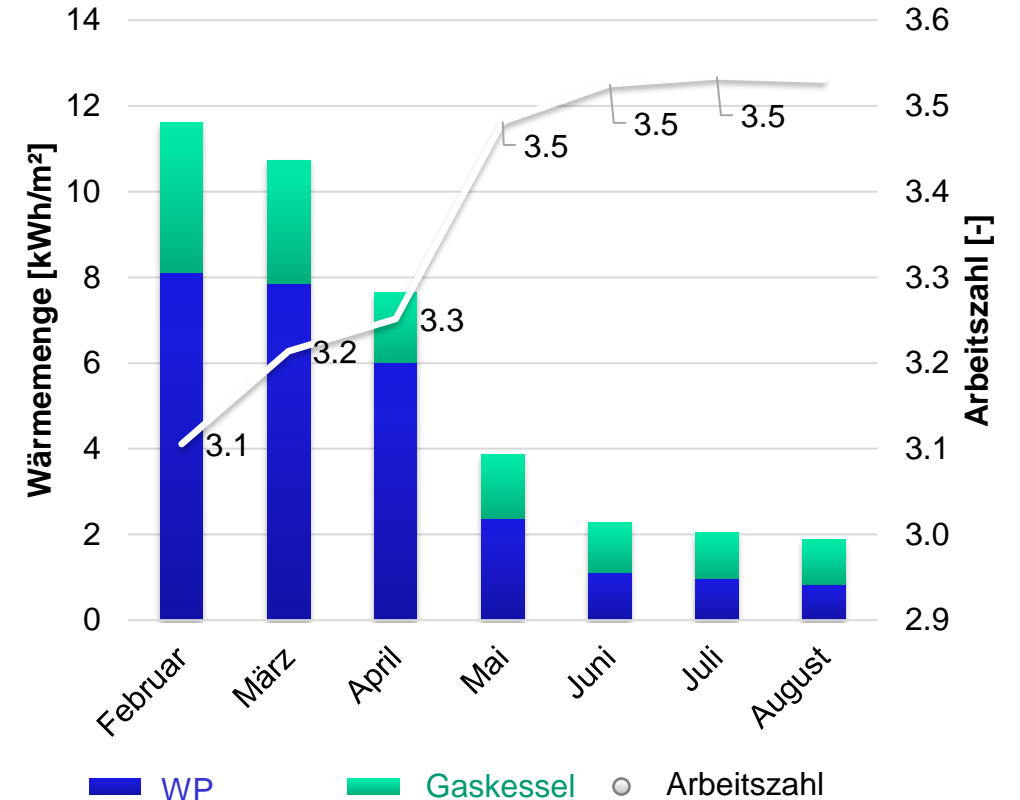
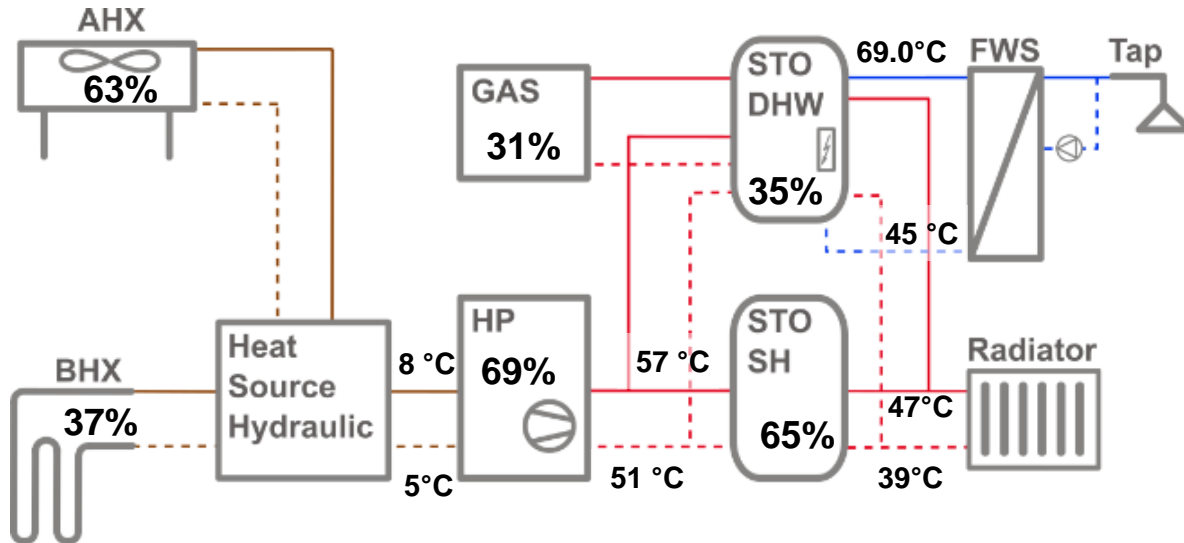


Luft/Sole-Wärmeübertrager auf neu errichtetem Müllhaus

- Nutzung kombinierter Wärmequellen im Mehrfamiliengebäude
  - Dimensionierung der Erdwärmesonde für Grundlast
  - Flexible Dimensionierung der Außenlufteinheit

Reduzierte Dimensionierung der Erdwärmesonde und der Investitionskosten

# Mehrquellen-Wärmepumpensystem im Mehrfamilienhausbestand



Arbeitszahl 3 des Wärmepumpensystems (Februar – Juli 2022):

$$AZ_3 = Q_{WP}/E_{HP} = 3.2$$

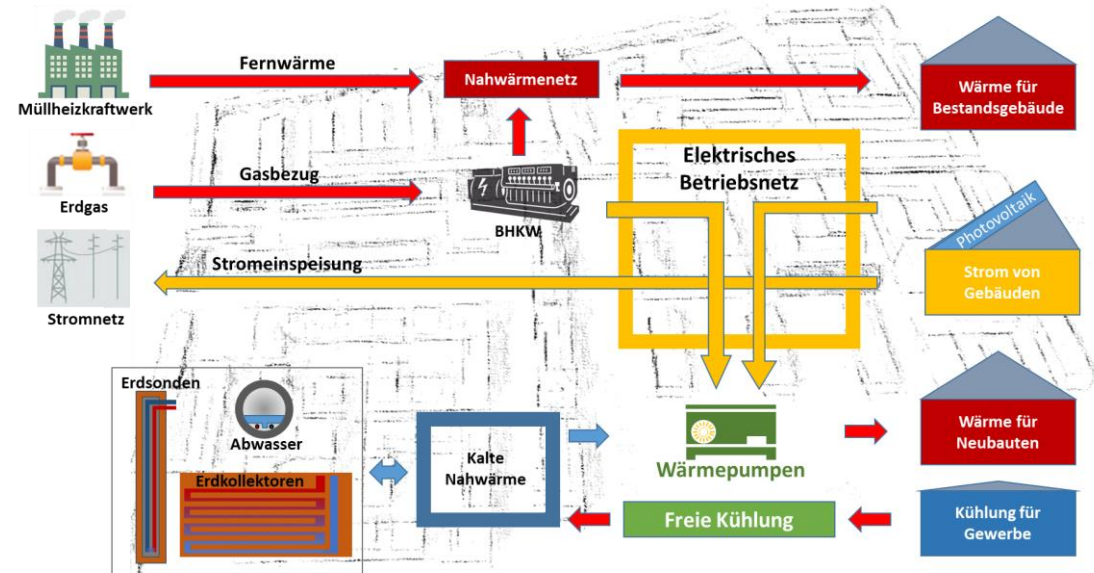
$E_{HP}$  für  $AZ_3$  enthält: Verdichter, Quellen-Förderpumpen, Ventilator, WP-Primärförderpumpen, Quellen-Heizstäbe



# Wärmepumpen im Quartierskontext

## Lagarde Campus Bamberg

- Quartiersversorgungen mit Wärmenetzen ermöglichen die Hebung von Synergien
  - Zentrale Großwärmepumpen, dezentrale WP mit kalten Netzen, getrennte Lösungen für Neu- und Altbau
- Energiekonzept:
  - Teilw. Hochtemperaturversorgung notwendig: Fernwärme + BHKW
  - NT-Versorgung allein mithilfe Geothermie nicht ausreichend: Abwasser, Erdkollektoren, Erdsonden
- Elektrisches Betriebsnetz



# Wärmepumpen – Aktuelle Entwicklungen und Lösungen für den Gebäudebestand

## Zusammenfassung und Ausblick

- Wärmepumpen im Bestand sind Schlüssel für die Erreichung von Klimaschutzzielen und Gasreduktion
- Entwicklung von füllmengenreduzierten Propan-Kältekreisläufen mit 10 g/kW demonstriert
- Systemische Herausforderungen hinsichtlich Wärmequellen und Systemtemperaturen
- Insbesondere in größeren Bestandsgebäuden im urbanen Bereich => Quellenverfügbar teils limitiert
- Lösungsansätze aus Projekten der FVEE-Partner:
  - Quellerschließung und Wärmepumpenintegration in Modulfassade
  - PVT-Kollektoren mit quellseitiger Einbindung
  - Mehrquellensysteme ermöglichen kleinere Dimensionierung von Erdsonden
  - Auf Quartiersebene:
    - Integration unterschiedlicher Quellensysteme in kaltem Nahwärmenetz
    - Separation von Temperaturniveaus auf der Versorgungsseite
- Praxisbeispiele bestehen => In Zukunft: Weitere Umsetzung in großen Stückzahlen notwendig!

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Dr.-Ing. Constanze Bongs**

**constanze.bongs@ise.fraunhofer.de**

Fraunhofer ISE  
Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

IntegraTE	FKZ 03EGB0023
LowEx-Bestand	FKZ 03SBE0001
SQ Durlach	FKZ 03ET1590
HEAVEN	FKZ 03ET1540
LC150	FKZ 03EN4001A
ENable	FKZ 03EN3061B
EE-MODUL	FKZ 03ET1530A