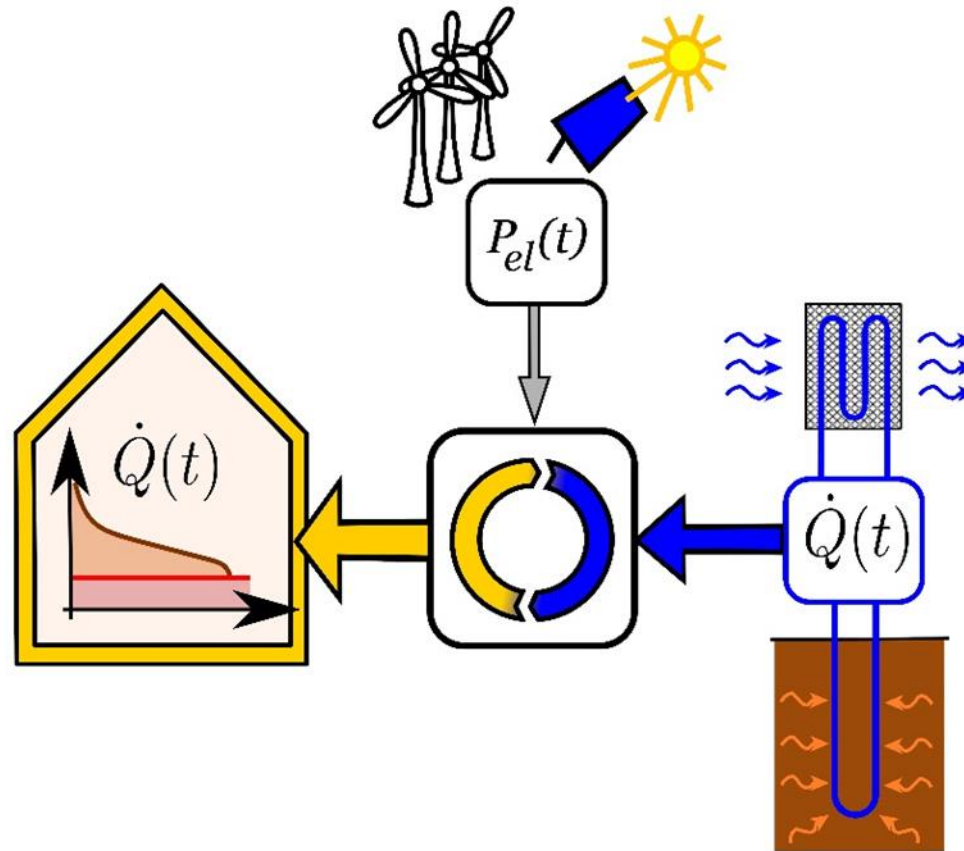


Wärmepumpen machen Umweltwärme in Gebäuden nutzbar

Der Schlüssel zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung

Dr. Volker Lenz • DBFZ | Dr. Constanze Bongs • Fraunhofer ISE | [Fabian Hüsing](#) • ISFH | Felix Klinker • ZAE Bayern

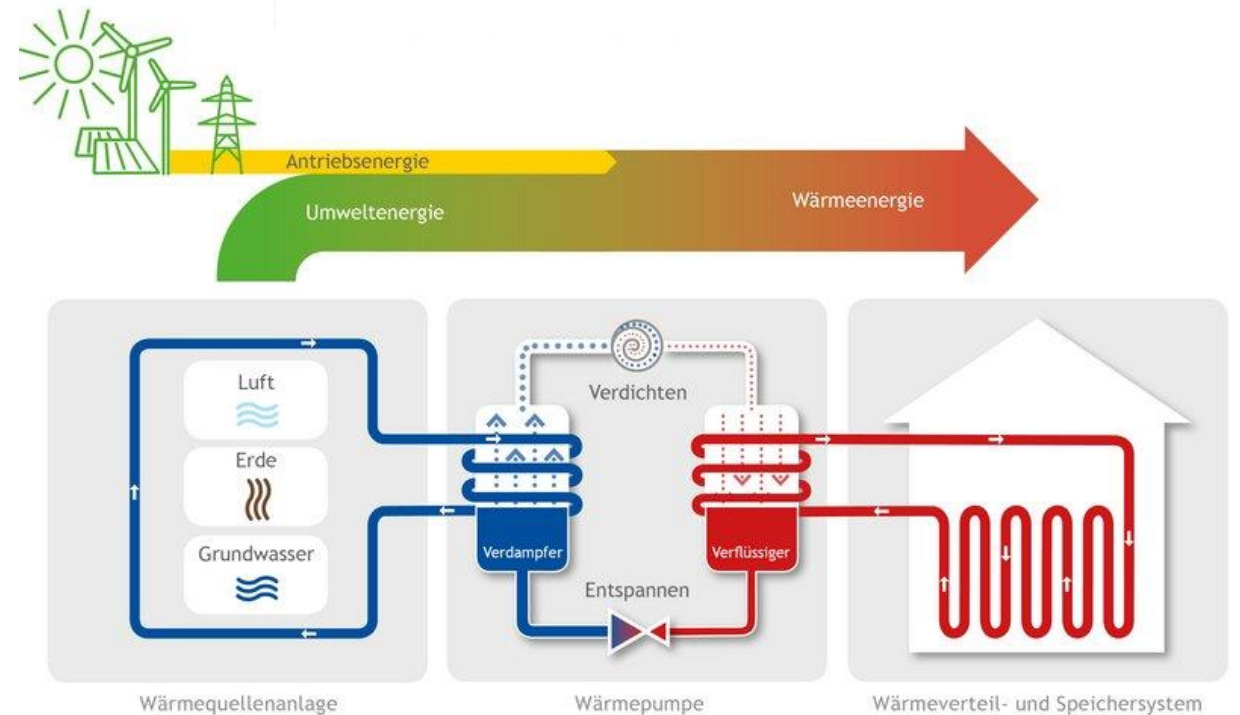


Funktion einer Kompressionswärmepumpe

- Umweltenergie verdampft Kältemittel bei niedrigem Druck
- Antriebsenergie wird eingesetzt, um den Kältemitteldampf zu verdichten
- Wärme wird durch Kondensation des Kältemittels bei hohem Druck abgegeben
- Kältemittel wird entspannt und liegt wieder im Ausgangszustand vor
- Eine Wärmepumpe...

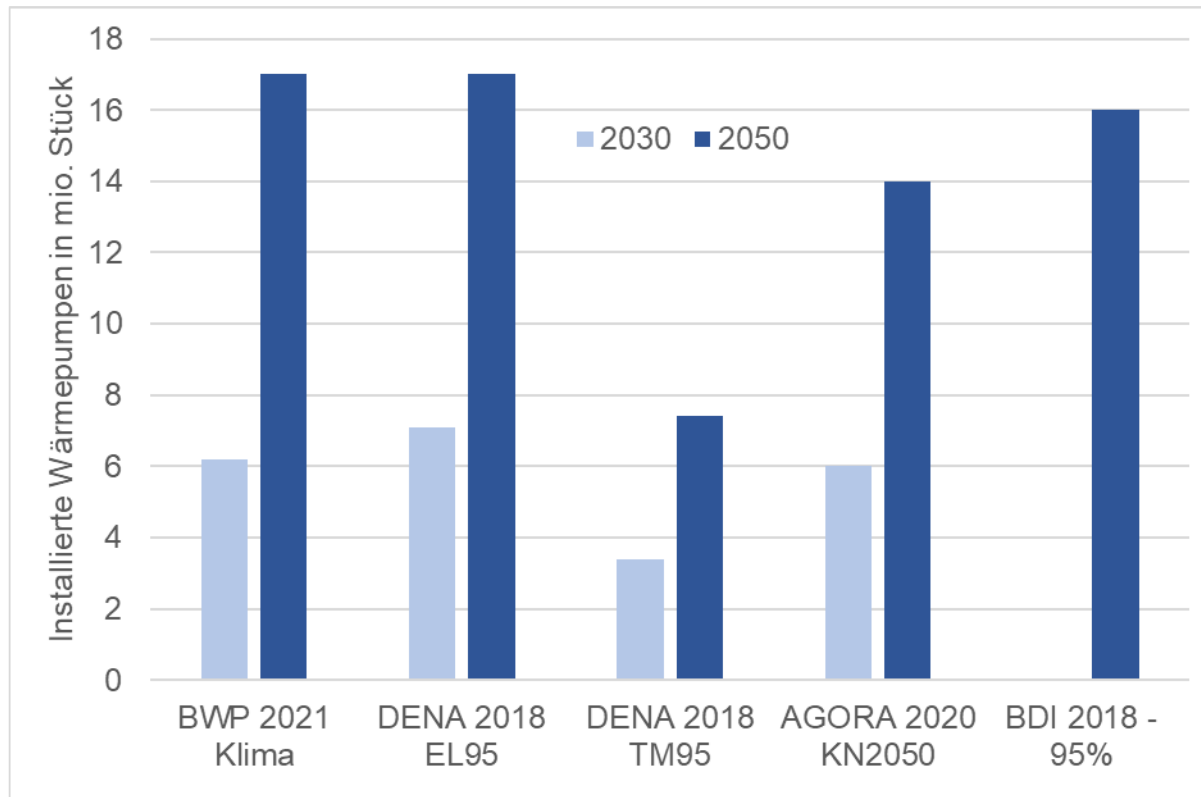
...kann mehr Heizwärme bereitstellen als sie Strom aufnimmt

...ist Temperatursensitiv, d.h. ihre Effizienz hängt stark von den Temperaturen auf Quell- und Senkenseite ab



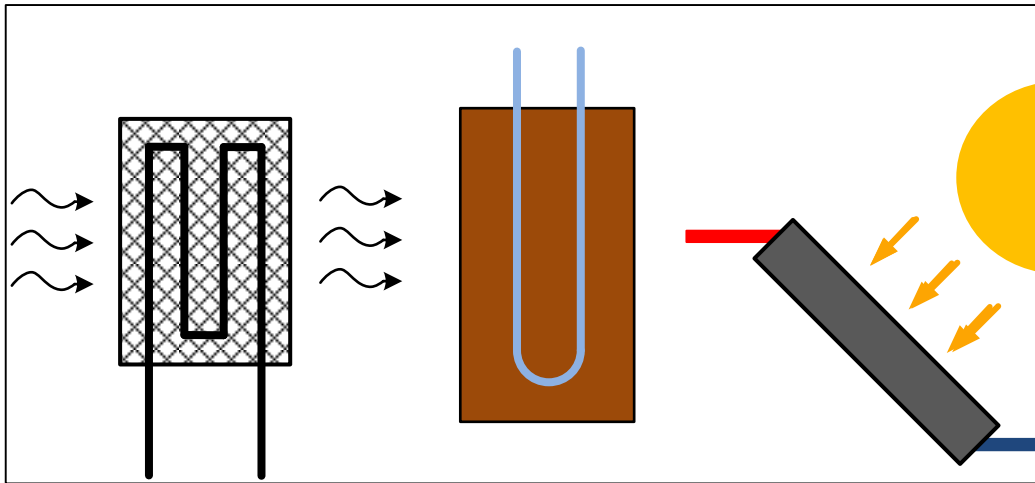
Ausbau Wärmepumpe

Szenarien zur Klimaneutralität in Deutschland und Implikationen

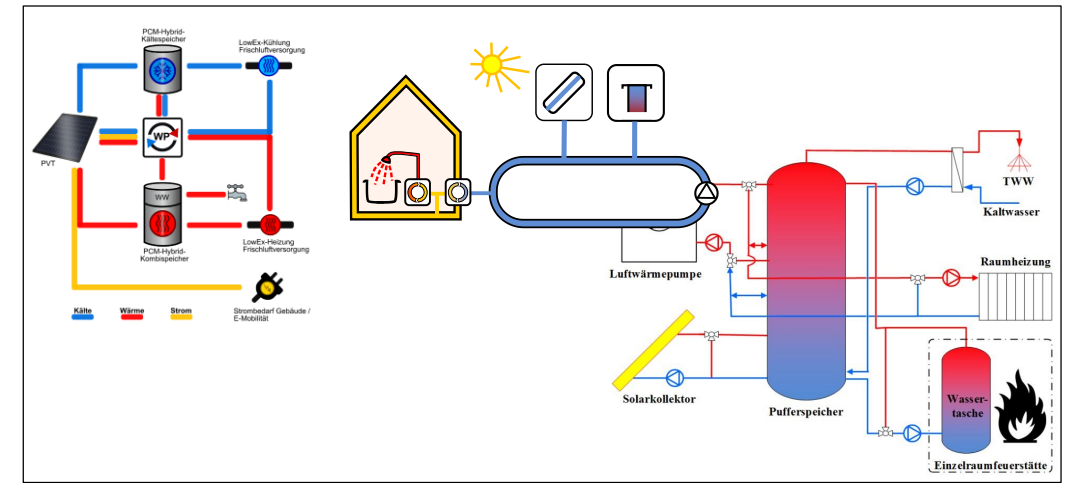


- ~30% Endenergiebedarfs Haushaltswärme
- 3,4-7,1mio. (2030) bzw. 7-17mio. (2050) WP ergeben den ökonomisch besten Weg zur Dekarbonisierung
- Elektrische und thermische Leistungsbedarfe für Kompressoren und Quellwärme resultieren
- Infrastruktur gezielt auszubauen und effizient zu nutzen ist eine zentrale Aufgabe der Gegenwart
- Lösungen werden von den Instituten des FVEE entwickelt und in die Umsetzung begleitet

Betrachtete Handlungsfelder in diesem Vortrag



Innovative Quellwärmesysteme

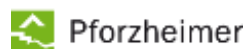
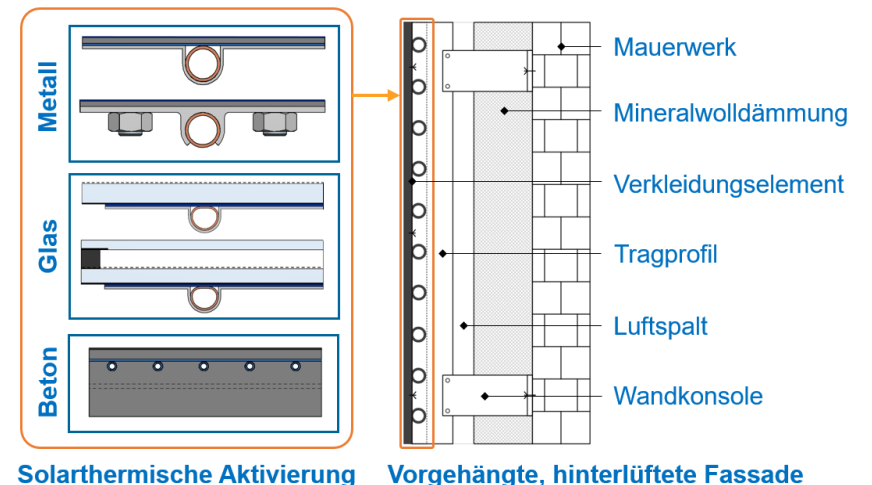


Optimiertes Systemdesign und -Regelung für netzdienlichen Betrieb

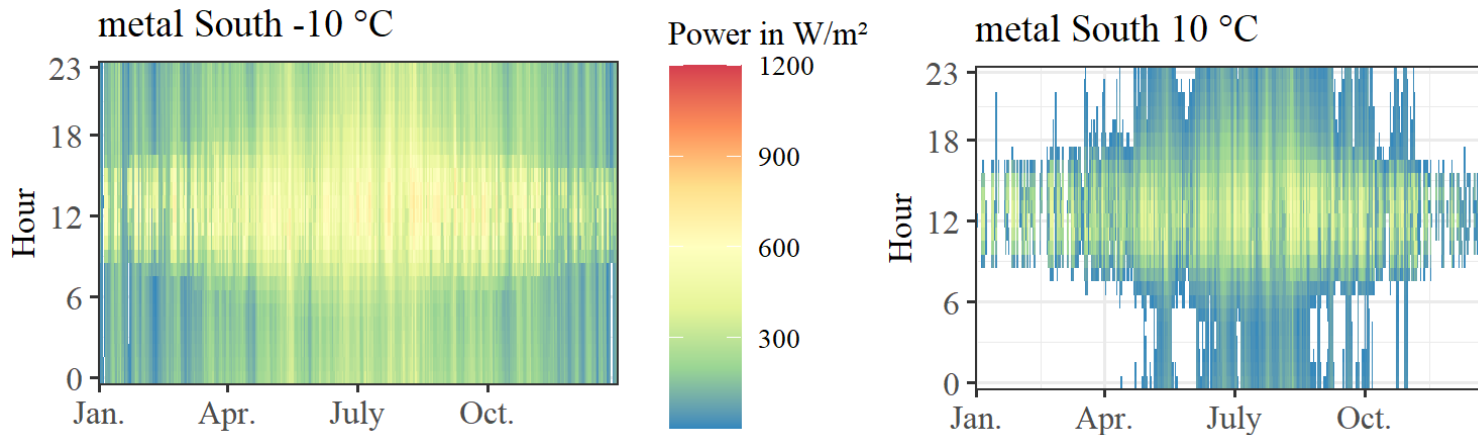
Solarthermische Aktivierung vorgehängter, hinterlüfteter Fassaden für den Geschosswohnungsbau (FKZ: 03ETW013)

Quellwärme aus der Fassade

- Thermische Aktivierung ermöglicht die Gewinnung von Quellwärme an vorhandenen Fassadenflächen im MFH
- Materialenauswahl ermöglicht ansprechende Ästhetik und unterschiedliche thermische Eigenschaften
- Im Projekt werden Fassaden charakterisiert und in Simulationen Systemdesign, Dimensionierung und Regelstrategien optimiert



Solarthermische Aktivierung vorgehängter, hinterlüfteter Fassaden für den Geschosswohnungsbau (FKZ: 03ETW013)

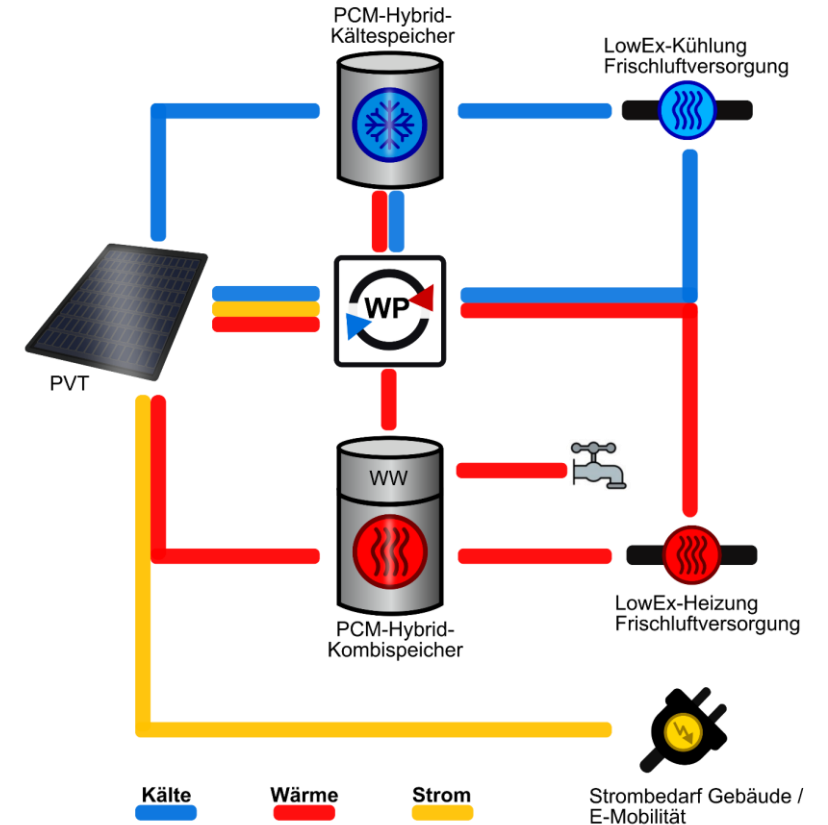


- Hohe Erträge bei niedrigen Temperaturen → Direkte Nutzung als Wärmequelle und Regeneration von EWS
- Dimensionierung der Erdwärmequelle um 30% reduziert, bei gleicher Performance und höherer Robustheit
- MFH mit Solar-VHF wird aktuell gebaut, Monitoring und Evaluation bis Ende 2024
- Potentiale der Fassade als alleinige Quelle werden aktuell untersucht

RENBuild (FKZ: 03EN1009)

Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft

- Synergetische Wärme- und Kälteerzeugung und –speicherung
- Gesamtsystem bestehend aus PVT-Kollektorfeld, Wärmepumpe, PCM-Hybrid-Speicher für Wärme, Kälte, Warmwasser
- Optimierung durch (thermische) Speicherung und intelligente Regelung
 - Wärmepumpeneffizienz
 - Eigennutzung PV-Strom



RENBuild (FKZ: 03EN1009)

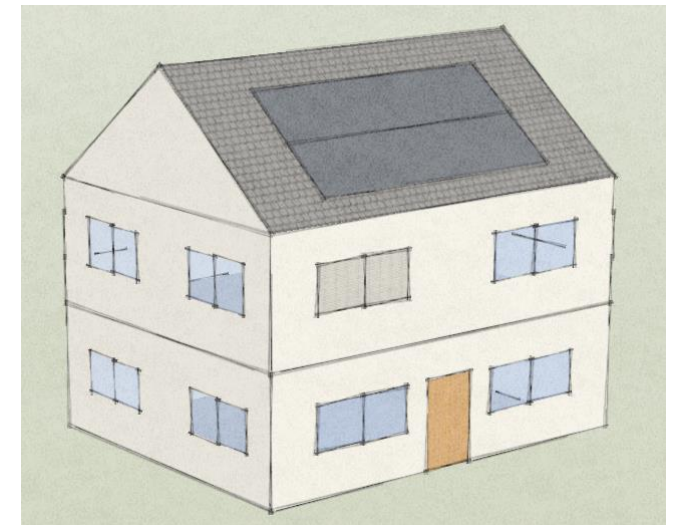
Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft

Systemsimulationen (TRNSYS)

- EFH, 4 Personen
- Flächenheizung und -kühlung, kontrollierte Wohnraumlüftung
- Realistisches Lastprofil (Haushalts-)Strombedarf mit 3.500 kWh/Jahr (ohne RENBuild-System) und statistisch verteilte WW-Zapfungen

RENBuild:

- Kollektorfeldgröße: 20 PVT-Kollektoren, 5 kWp elektrisch
- PCM-Hybrid-Speichergrößen: Wärme: 750 L, Kälte: 550 L, WW: 330 L
- Variante ohne/mit Batteriespeicher (7,5 kWh)



RENBuild (FKZ: 03EN1009)

Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft

Ergebnisse Systemsimulationen (TRNSYS)

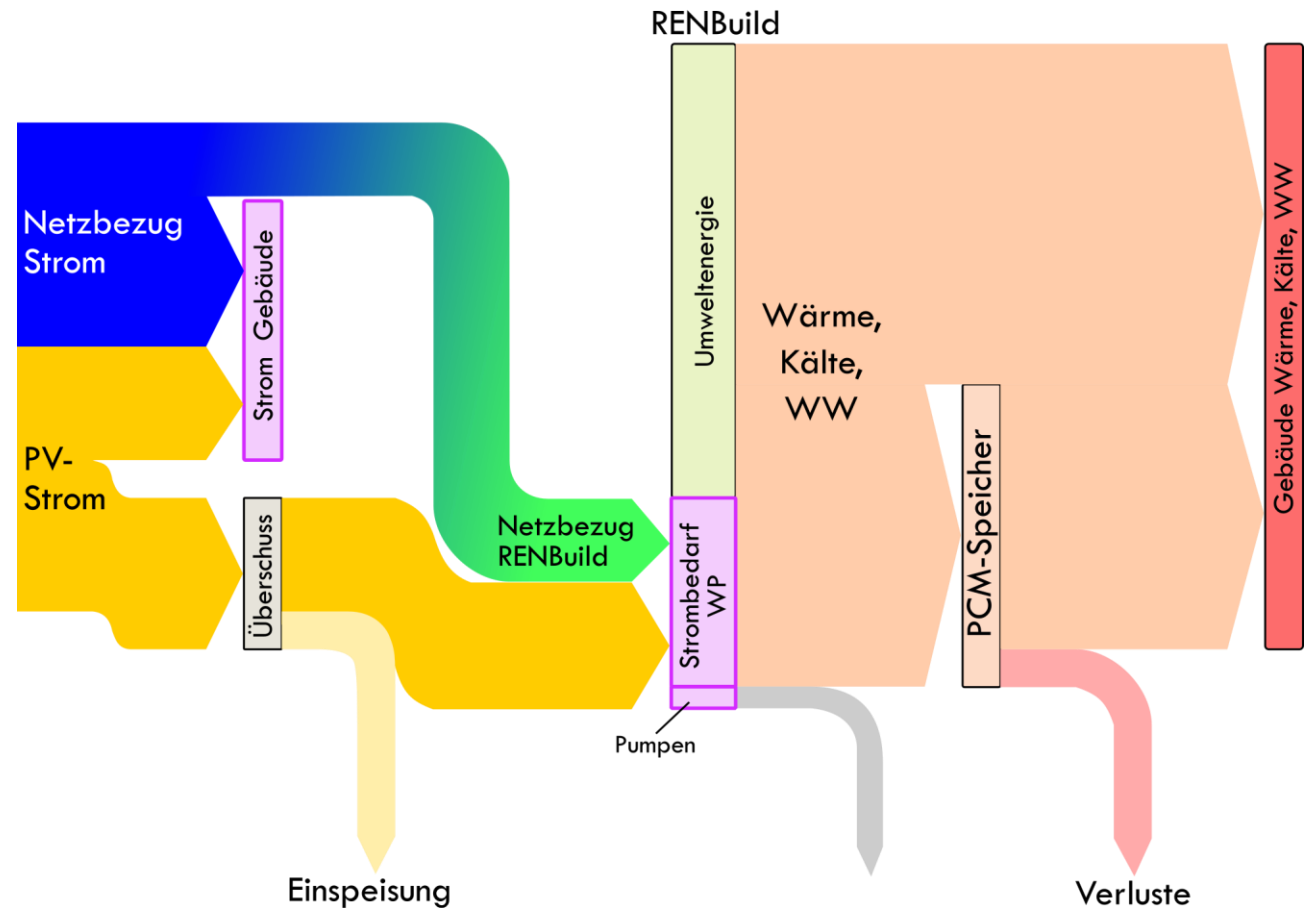
→ Kenngrößen

Systemjahresarbeitszahl

$$SJAZ = \frac{\text{Nutzenergie (Wärme, Kälte, WW)}}{\text{Netzbezug Strom (RENBuild)}}$$

Autarkiegrad

$$AG = 1 - \frac{\text{Netzbezug Strom}}{\text{Strombedarf (Gebäude+RENBuild)}}$$



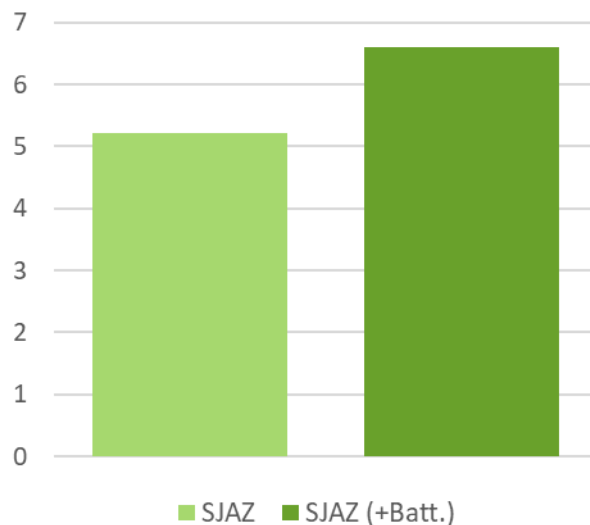
RENBuild (FKZ: 03EN1009)

Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft

Ergebnisse Systemsimulationen (TRNSYS)

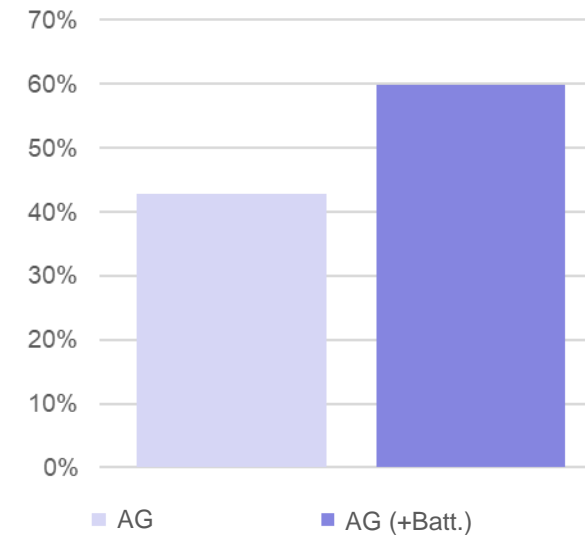
Systemjahresarbeitszahl

$$SJAZ = \frac{\text{Nutzenergie (Wärme, Kälte, WW)}}{\text{Netzbezug Strom (RENBuild)}}$$



Autarkiegrad

$$AG = 1 - \frac{\text{Netzbezug Strom}}{\text{Strombedarf (Gebäude+RENBuild)}}$$



RENBuild (FKZ: 03EN1009)

Entwicklung und Monitoring eines Gesamtsystems zur kombinierten regenerativen Versorgung von Gebäuden mit Wärme, Kälte, Strom und Frischluft

- Funktionalität des Systemansatzes wurde in Demonstrationsanlage nachgewiesen



- Bis Ende 2022 Installation des RENBuild-Systems in 2 Demoobjekte, Monitoring in 2023



© Hanse Haus GmbH & Co. KG

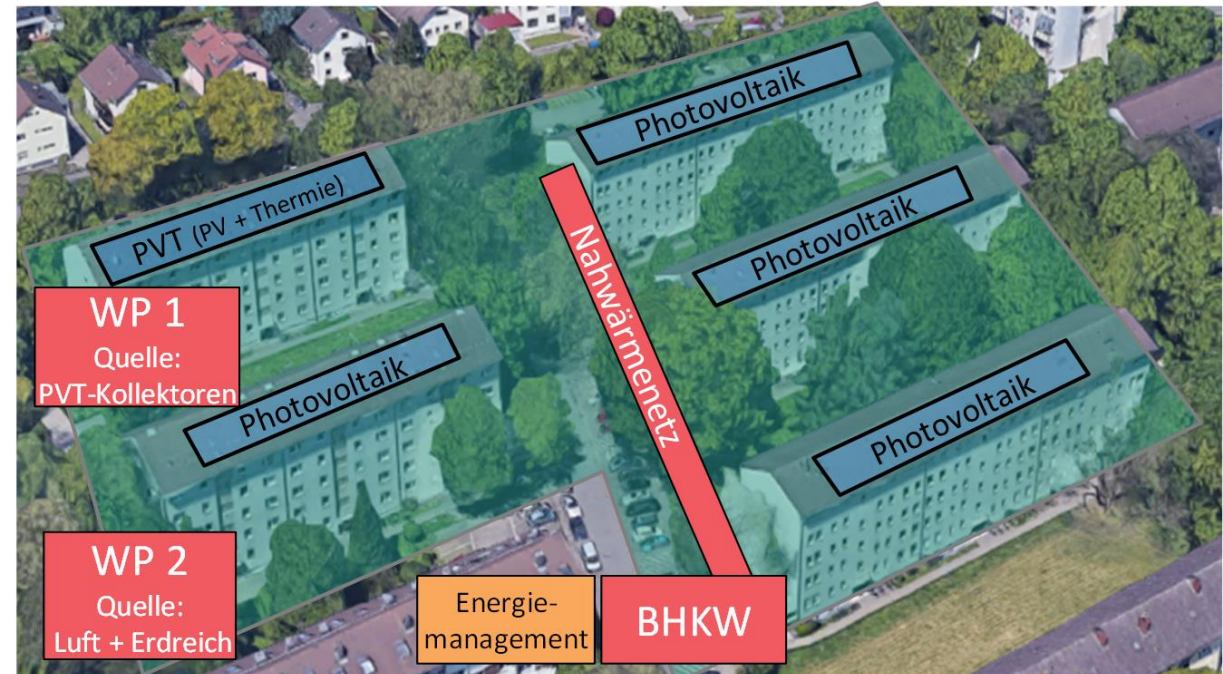


© Renz Solutions GmbH

LowEx-Bestand: Demonstration im Smarten Quartier Karlsruhe Durlach (FKZ: 03ET1590B)

Quartierslösung: Kombination Wärmepumpen, PV und BHKW

- **Technologie-Demonstration mit Wärmepumpen:**
 - Erschließung von Umweltwärme:
 - PV-Thermie-Kombikollektoren
 - Mehrquellen-WP-System: Luft + Erdreich
- **Wirtschaftliches und effizientes Energiekonzept**
 - Smarte Integration bewährter Technologien: Wärmepumpen, PV, BHKW
 - Aus Quartierssimulation:
 - Erzeugung des Wärmepumpenstroms von PV + BHKW (Autarkiegrad 88 %)
 - Reduktion der CO₂-Emissionen um 52 %



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



LowEx-Bestand: Demonstration im Smarten Quartier Karlsruhe Durlach

Umsetzung des Energiekonzepts



Gas-BHKW



Nahwärmenetz

Gespeist aus BHKWs



Erdwärmesonden

Kombination mit Außenluft
als zweite Quelle

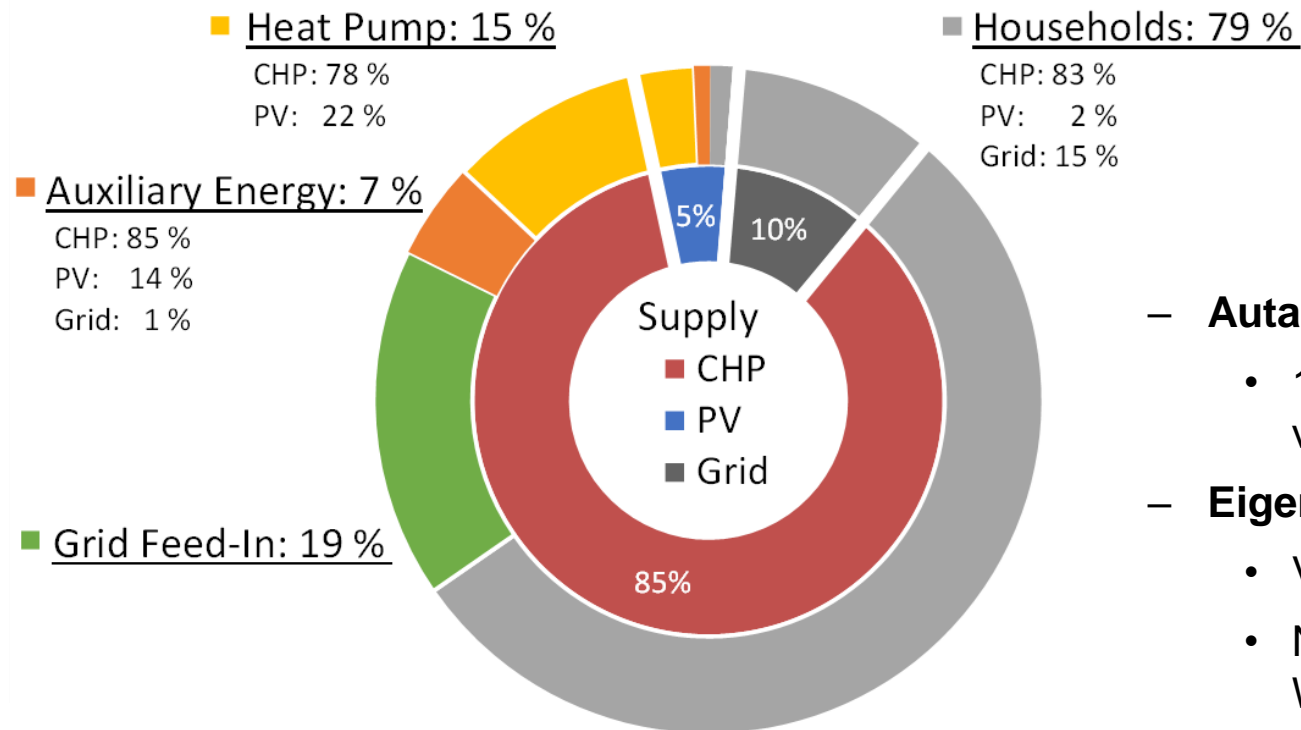


Wärmepumpen

Gaskessel als Backup für
Spitzenlast und Trink-
warmwasser

LowEx-Bestand: Demonstration im Smarten Quartier Karlsruhe Durlach

Messergebnisse der ersten Inbetriebnahmephase: Januar 2022

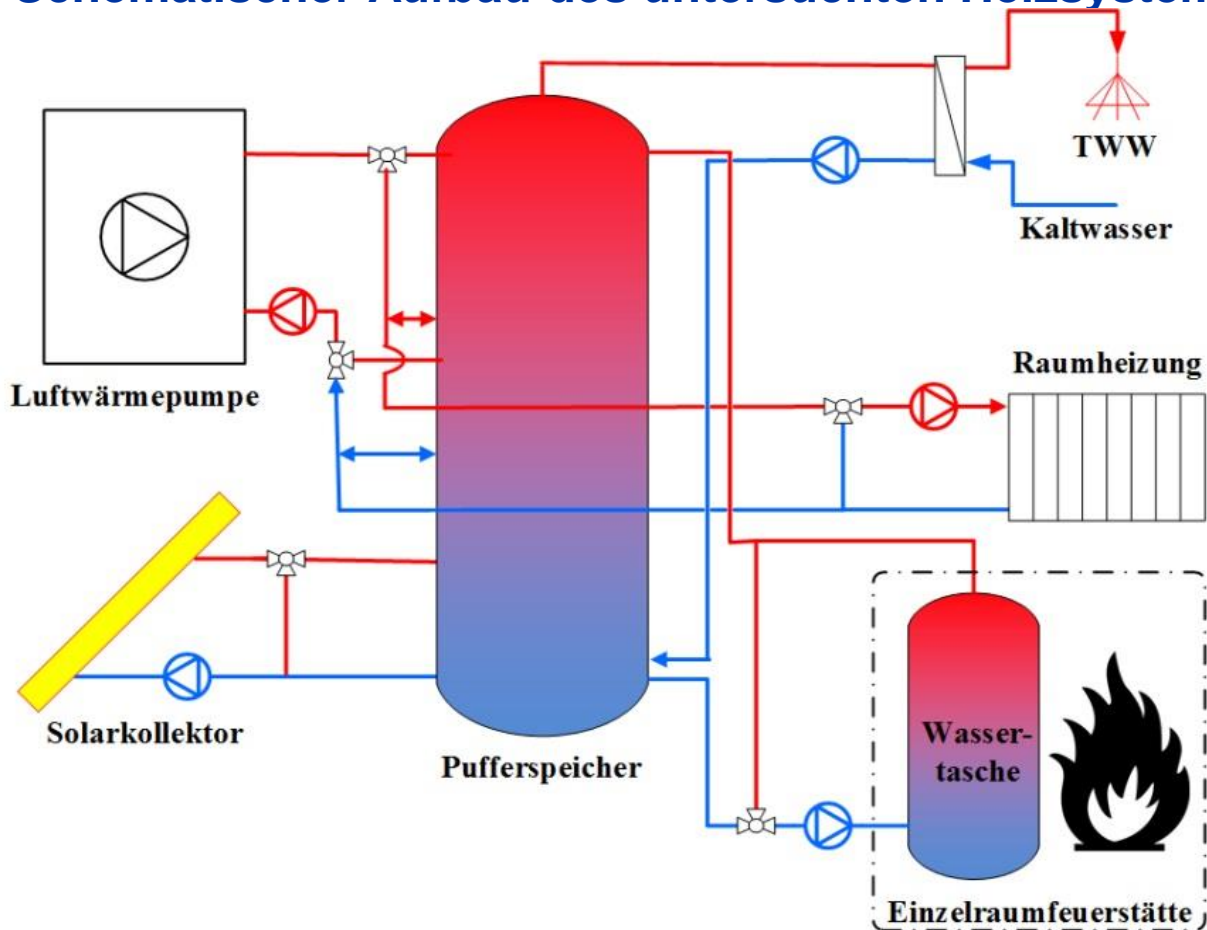


Erzeugung und Verbrauch
(Januar 2022)

- **Autarkiegrad: 88%**
 - 15% des Stromverbrauchs der Haushalte werden vom Netz bezogen
- **Eigennutzung: 81%**
 - Vollständige Nutzung von PV-Strom im Quartier
 - Nahezu vollständige lokale Erzeugung des Wärmepumpen-Stroms
 - Einspeisung von Überschussstrom der BHKWs ins Stromnetz

OptDienE - Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten (FKZ 03KB138)

Schematischer Aufbau des untersuchten Heizsystems



- Potentialanalyse zur netzdienlichen Nutzung von Einzelraumfeuerstätten
- Ergebnisse für die Nutzung im EFH mit manuell beschickter Feuerung
- Simulationsstudie analysiert Bedarfsminderungen für Luft/Wasser-WP System

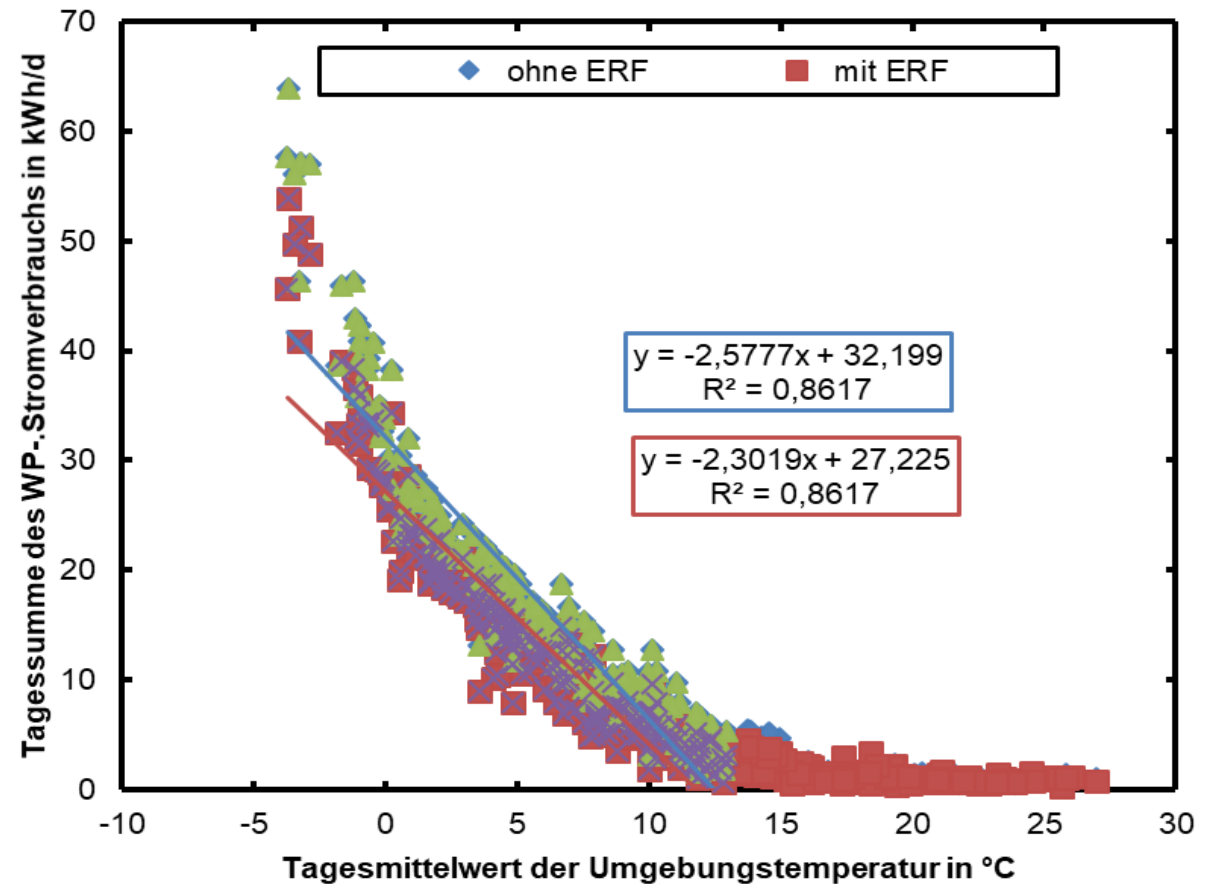
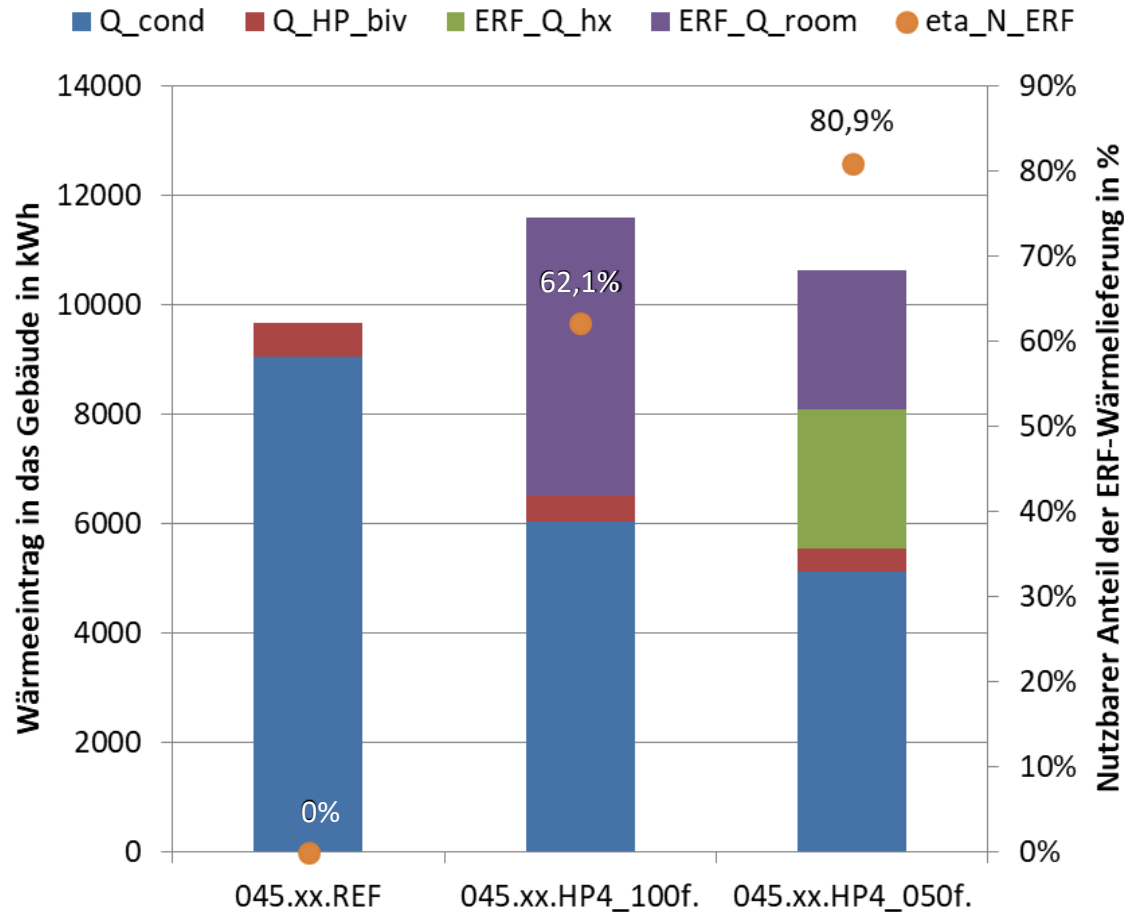
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

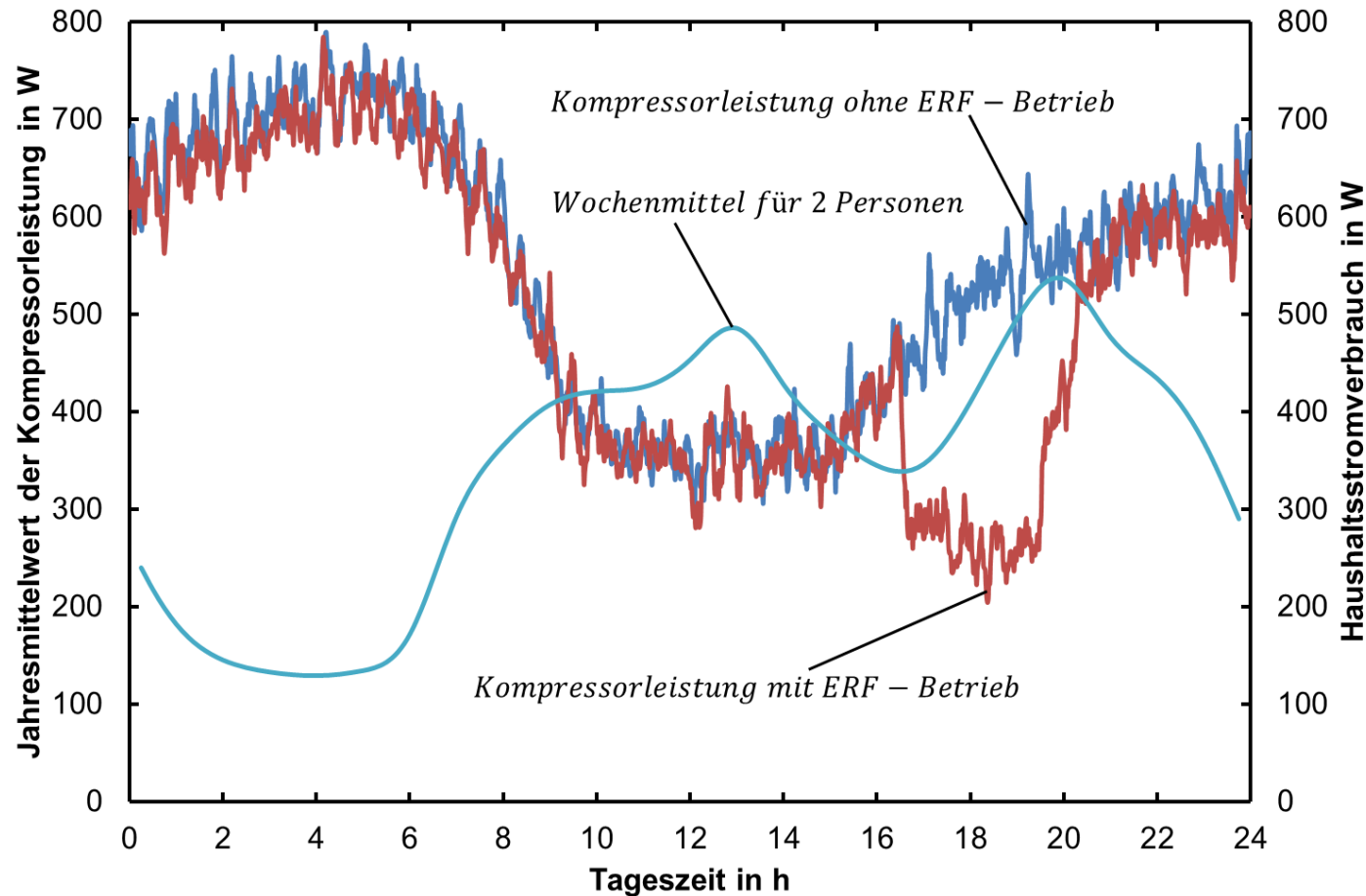
OptDienE - Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten (FKZ 03KB138)

Beispiel für Wärmebereitstellung im Vergleich



OptDienE - Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten (FKZ 03KB138)

Beispiel für Wärmebereitstellung im Vergleich



OptDienE - Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten (FKZ 03KB138)

Ergebnisse

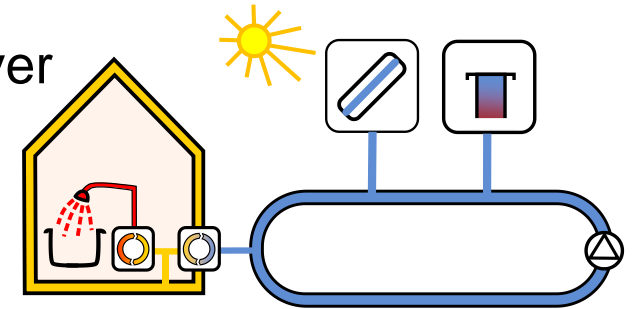
- Deutliche Reduktion des Spitzenleistungsbedarfs für Wärmepumpenstrom ist möglich
- Etwa 11 Mio. ERF mit einer Gesamtleistung von rund 90 GW bieten ein großes Potential
- Wirkung im Gesamtsystem hängt von einer angepassten Nutzung der ERF ab
→ Rückkopplung für Nutzer*innen z.B. über starke Preissignale wichtig
- Nutzerunabhängigere Effekte bei automatisch beschickten Feuerungen (Pelleteinzelraumfeuerstätten oder Kesselanlagen) mit Puffer und automatischer Zündung
- Biomasse kann Vorlauftemperaturen bis 85°C problemlos bereitstellen
- Biomasse-Wärmepumpen-Hybride können eine Lösung für Gebäudekonfigurationen die sehr hohe Vorlauftemperaturen benötigen sein (gleichzeitig Minimierung des Biomasseeinsatzes)

Nachhaltige Bewirtschaftung großer oberflächennaher Geothermieranlagen durch Regeneration mit Solar-, Umwelt- und Abwärme (FKZ 03EE4021)



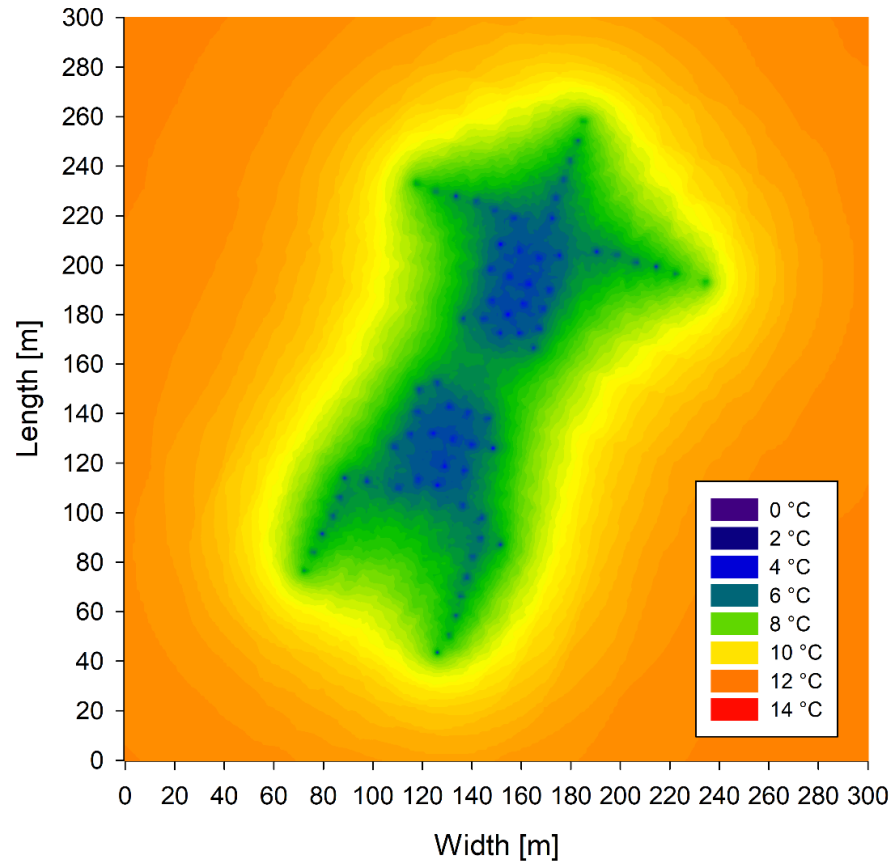
ecovillage hannover eG

- Quartier Ecovillage Hannover
- 37 Mehrfamilienhäuser
- 800 Bewohner
- 955 MWh Wärme pro Jahr; 44,6 kWh/(m²·a)
- Dezentrale Wärmepumpen
- Quellwärmenetz mit Erdwärmesondenfeld und PVT-Kollektoren

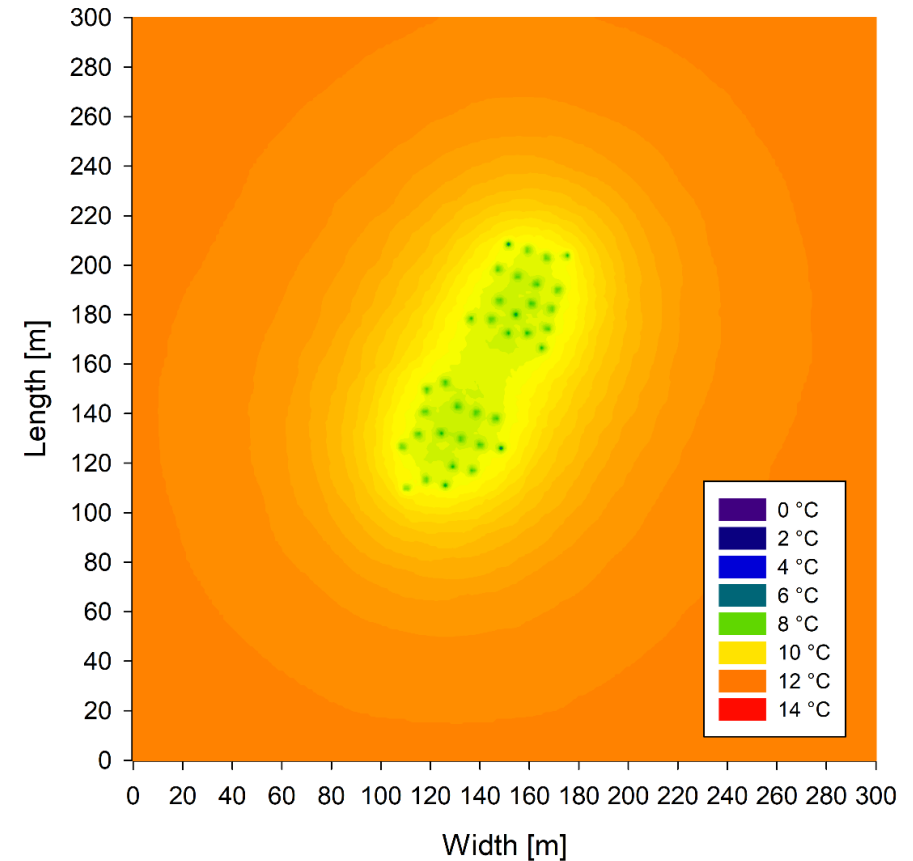


Erdreichtemperaturen nach 50 Jahren Betrieb

- **70 EWS, 100 m² PVT-Kollektoren**



- **35 EWS, 700 m² PVT-Kollektoren**



- Solarwärme ermöglicht nachhaltigen Betrieb kleinerer Erdwärmequelle bei gleicher Systemeffizienz

Zusammenfassung

- Starker Wärmepumpenausbau für Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden erforderlich
- Erschließung von Quellwärme auf Dach- und Fassadenflächen, aus dem Erdreich und der Luft
- Einbindung lokaler Ressourcen und kluge Regelung entscheidet über Ausnutzung lokaler Potentiale
- Angepasste Nutzung von Einzelraumfeuerstätten kann elektrische Spitzenlast reduzieren
- Systeme auf Quartierebene erlauben durch flächendeckende Energieerschließung hohe Autarkie
- FVEE Institute entwickeln Lösungen und demonstrieren deren Funktion in der Praxis, um zur Umsetzung einer schnellen, kostengünstigen und nachhaltigen Wärmewende beizutragen

Danksagung

Die im Vortrag vorgestellten Projekte werden auf Basis eines Beschlusses des Deutschen Bundestags vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Wir danken für die Förderung unserer Arbeiten. Die Inhalte der Präsentation sind die alleinige Verantwortung der Koautorinnen und Koautoren.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakte

Bei Fragen und/oder Anmerkungen zu den im Vortrag dargestellten Projekten nehmen Sie gerne Kontakt zu uns auf:

Name	Institution	Mailadresse
Dr. Volker Lenz	DBFZ	volker.lenz(at)dbfz.de
Dr. Constanze Bongs	Fraunhofer ISE	constanze.bongs(at)ise.fraunhofer.de
<u>Fabian Hüsing</u>	ISFH	huesing(at)isfh.de
Felix Klinker	ZAE Bayern	Felix.Klinker(at)zae-bayern.de