

Wärmepumpen in vernetzten Gebäuden

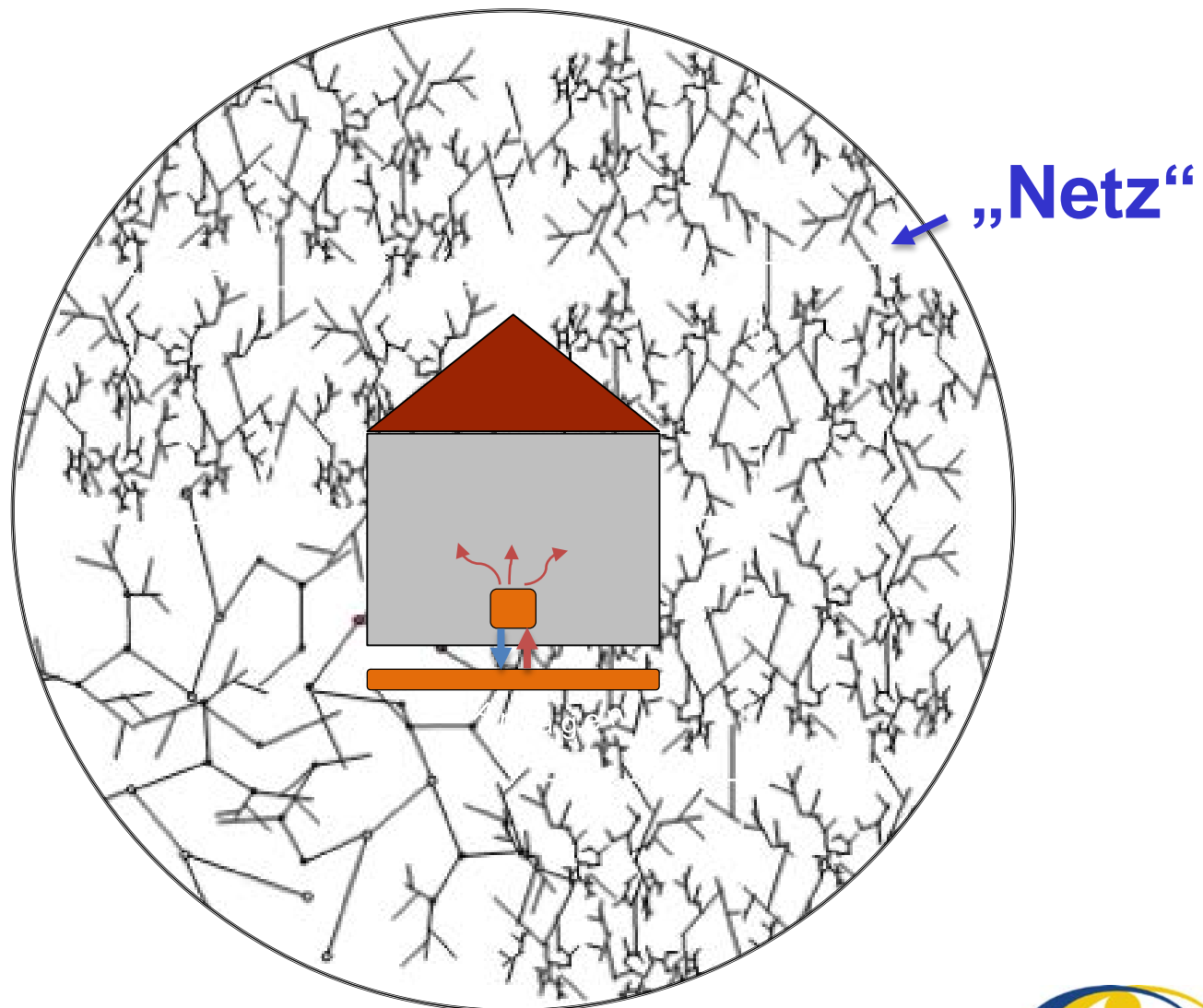
Autorin:

- Eva Hauser, IZES gGmbH

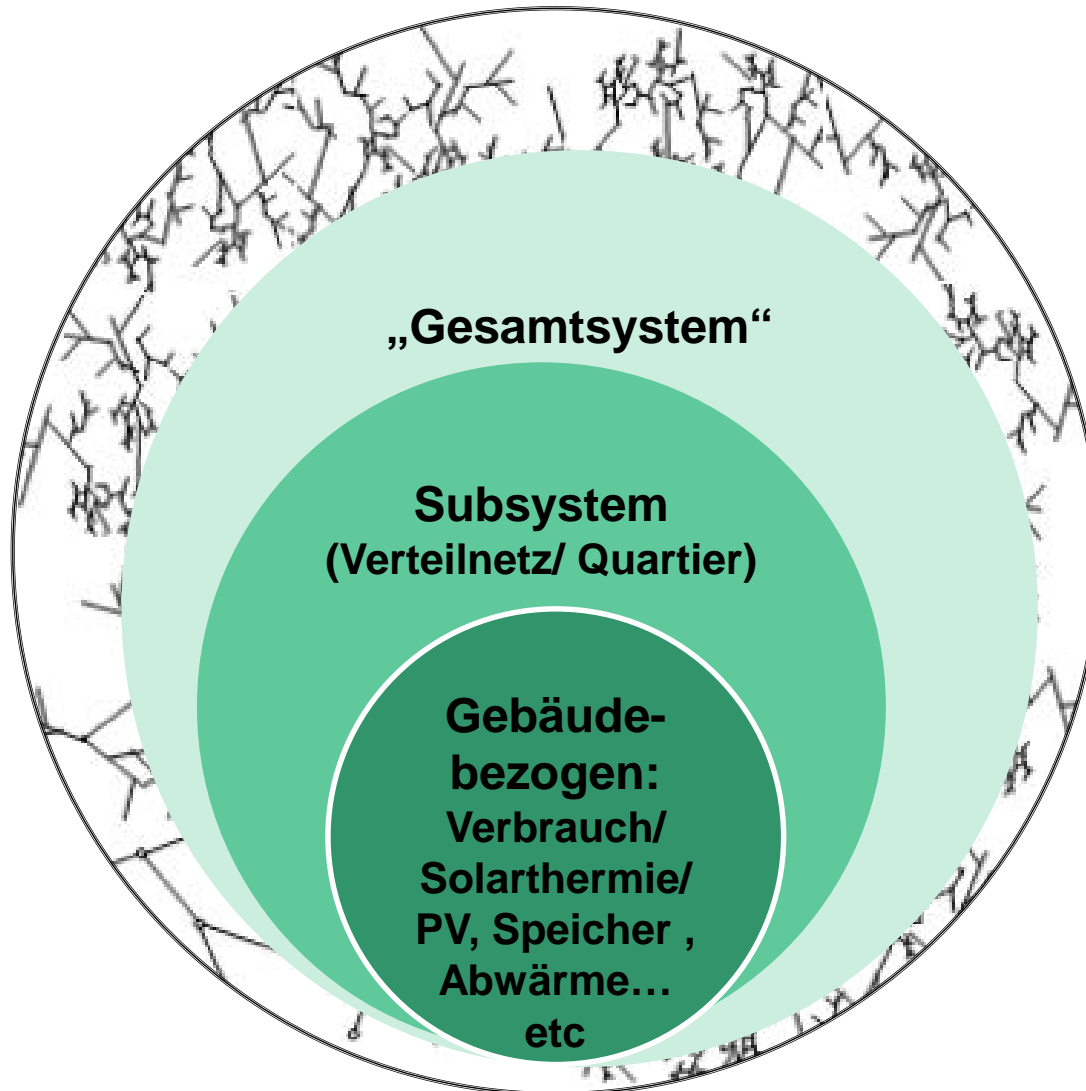
Ko-Autor*innen:

- Barbara Dröschel, IZES gGmbH
- Dr. David Fischer, Fraunhofer ISE
- Fabian Hüsing, ISFH GmbH
- Dr. Michael Krause, Fraunhofer IEE
- Evelyn Sperber, DLR

Womit sind Gebäude und Wärmepumpe vernetzt?



Ebenen der Vernetzung von Wärmepumpen



Es gibt mehrere Ebenen, mit denen Wärmepumpen (physisch und/ oder datenbasiert) vernetzt sein können.

Auf jeder Netzebene bestehen wiederum mehrere Optimierungsanforderungen.


Diese können z.B.

- (netz)technischer
- ökonomischer
- ökologischer Natur

sein.

Die Digitalisierung unterstützt diese Vernetzung und die Optimierung(en) des WP-betriebs.

Vernetzung von Wärmepumpen im Gesamtsystem

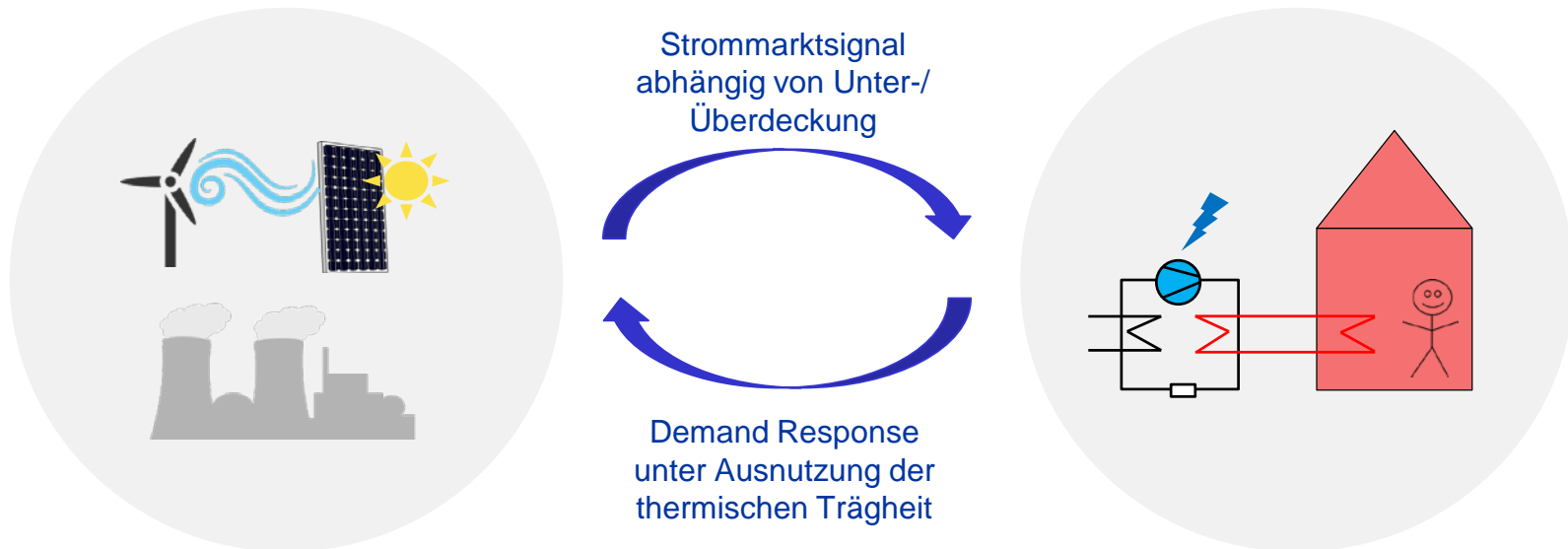


**„Gesamtsystem“:
Wesentlicher
Optimierungsparameter:
Bestmöglicher Einsatz der
FEE unter Beachtung
zukünftiger Über- oder
Unterdeckungssituationen**

–
**Forschungsfokus:
sachdienliche
Untersuchung des
Handelns der Akteure**

Vernetzung von Wärmepumpen im Gesamtsystem

- Ungesteuerter Einsatz von Wärmepumpen → Gefahr von Lastspitzen und geringer EE-Integration
- Die Idee: Einsatz lastgesteuerter Wärmepumpen zur Stabilisation des Stromsystems z.B. mittels Strompreissignalen in Smart Grids

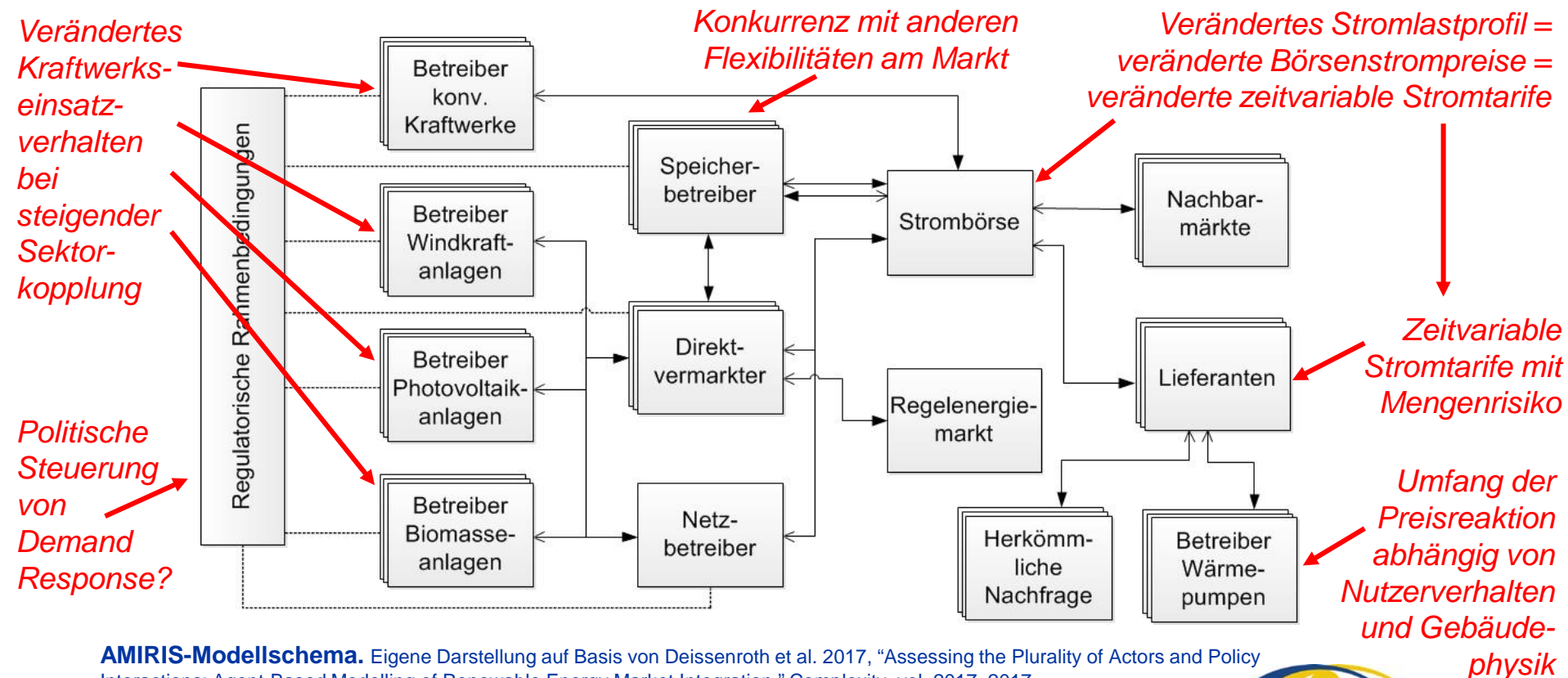


- Effektivität von Demand Response mit Wärmepumpen abhängig insbesondere
 - vom Verhalten der involvierten Akteure (z.B. Nutzerverhalten & Gebäude)
 - von den induzierten Wechselwirkungen im Gesamtsystem
 - von den regulatorischen Rahmenbedingungen / Anreizstrukturen

Agentenbasierte Modellierung und Simulation des emergenten Systemverhaltens

Beispielhafte Fragestellung:

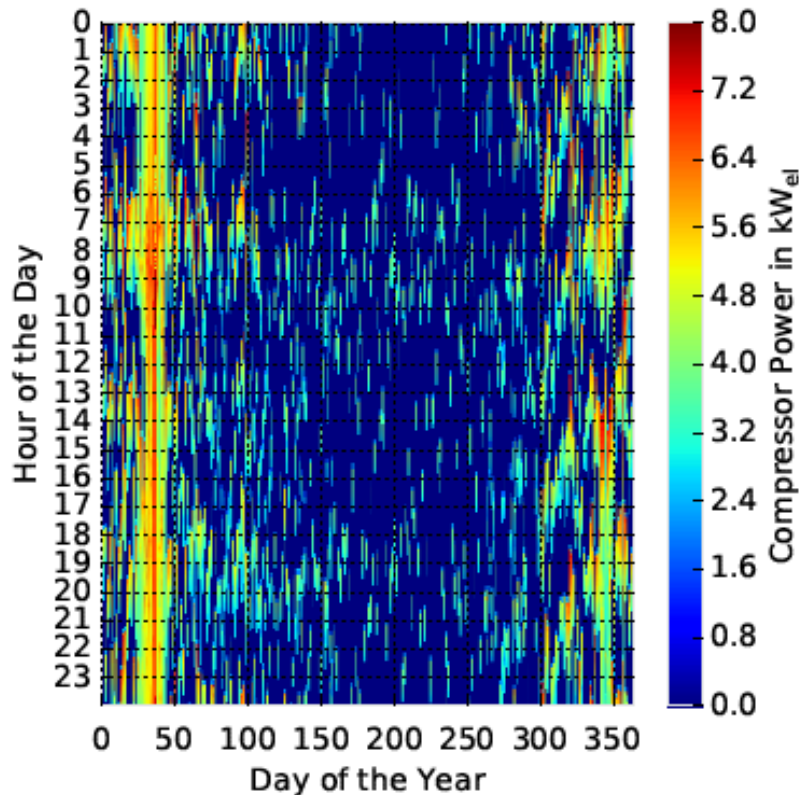
Wie ändern sich Börsenstrompreise bei steigender Marktdurchdringung smarter Wärmepumpen? → Akteursverhalten studieren und Interdependenzen berücksichtigen!



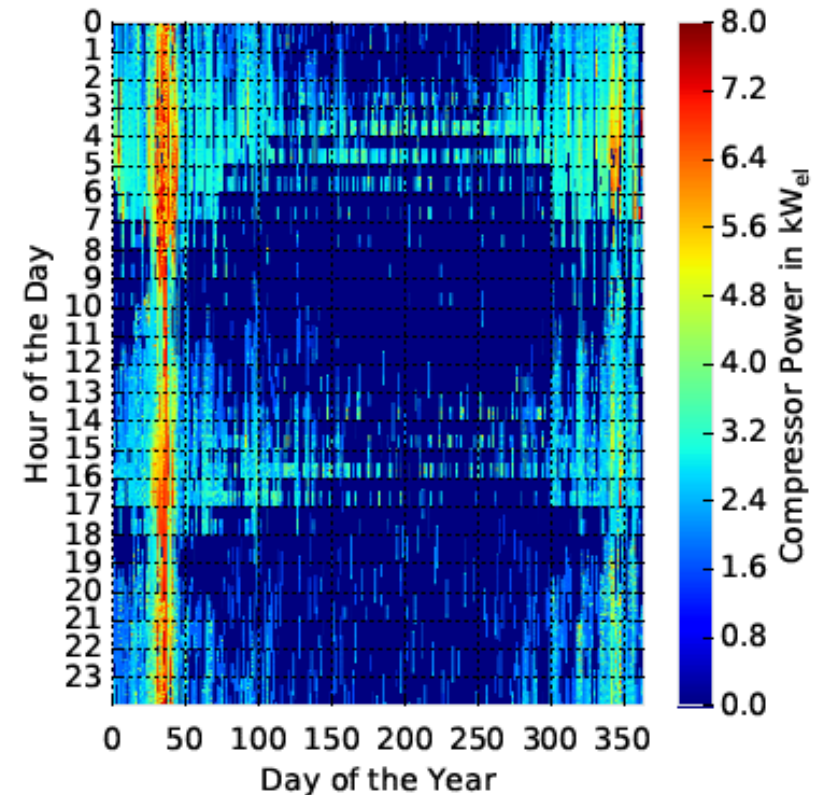
AMIRIS-Modellschema. Eigene Darstellung auf Basis von Deissenroth et al. 2017, "Assessing the Plurality of Actors and Policy Interactions: Agent-Based Modelling of Renewable Energy Market Integration," Complexity, vol. 2017, 2017

Moderne Regelungsverfahren dienen zur Optimierung des WP-Betriebs in vernetzten Systemen

Konstanter Strompreis

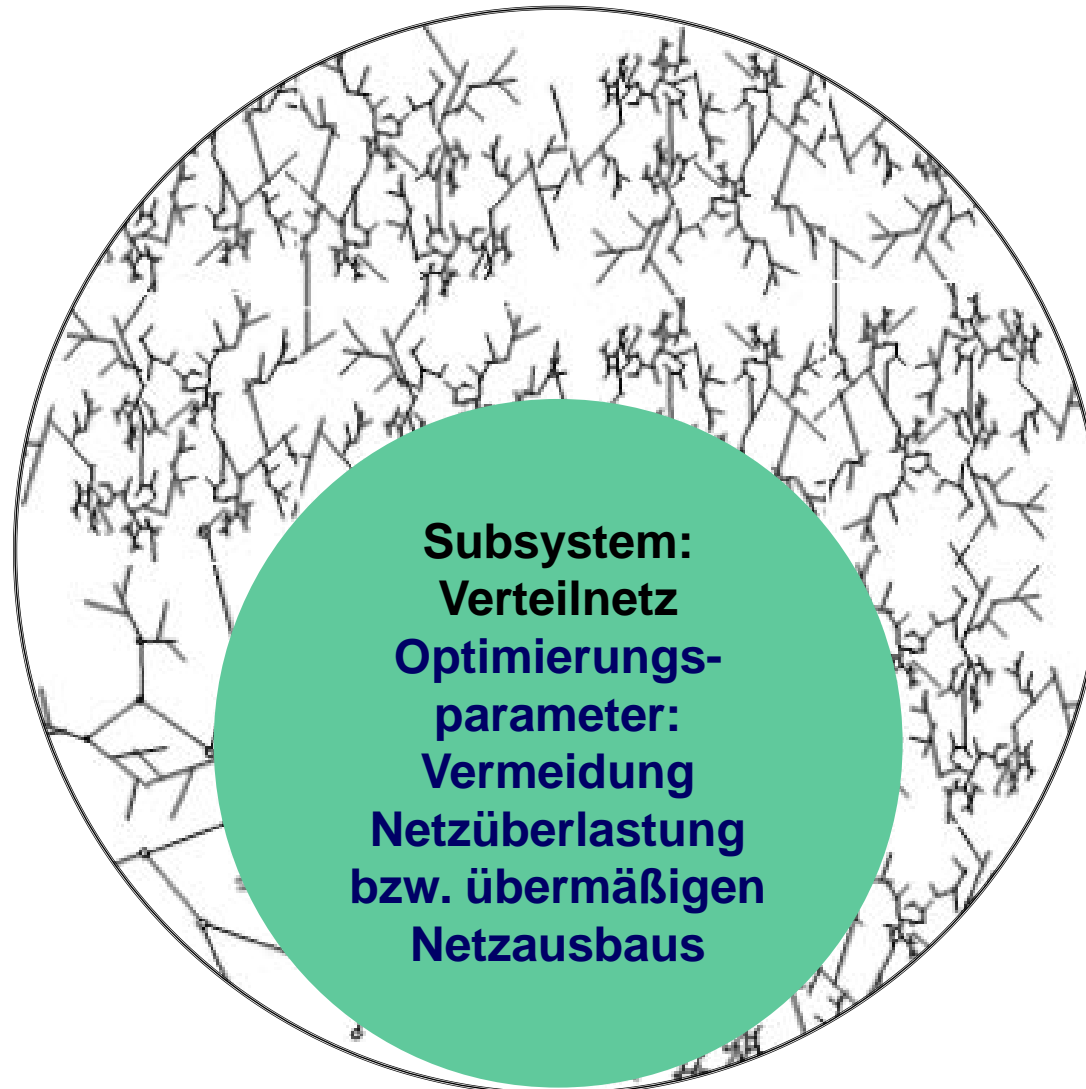


Variable Strompreise



- Moderne Regelungsverfahren ermöglichen neue Geschäftsmodelle und verbessern Effizienz
- Bsp. hier: Variable elektrische Preise ändern WP-Betriebscharakteristik (abhängig von der Steuerung)

Vernetzung von Wärmepumpen im Verteilnetz

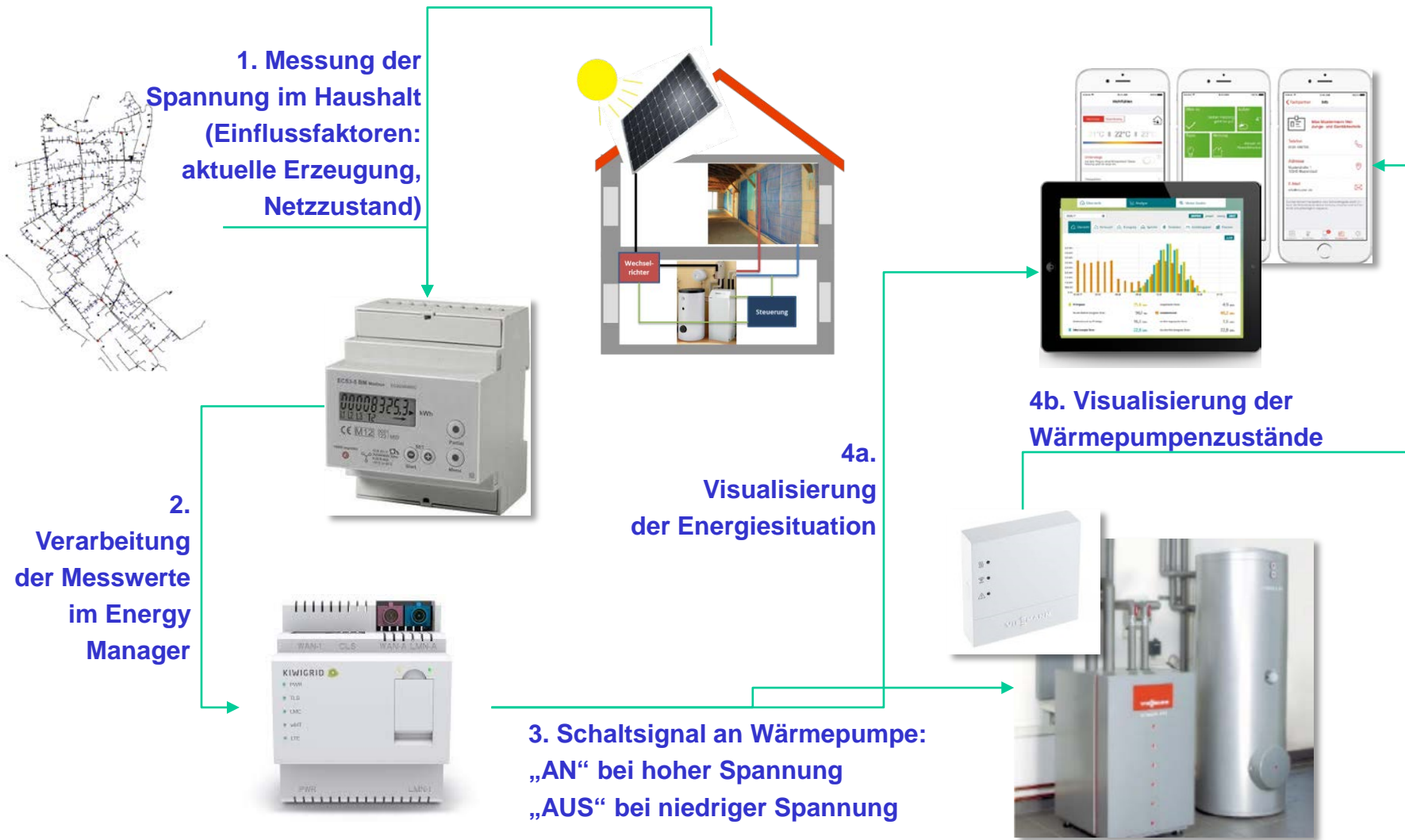


Lage-EE: Projektziele

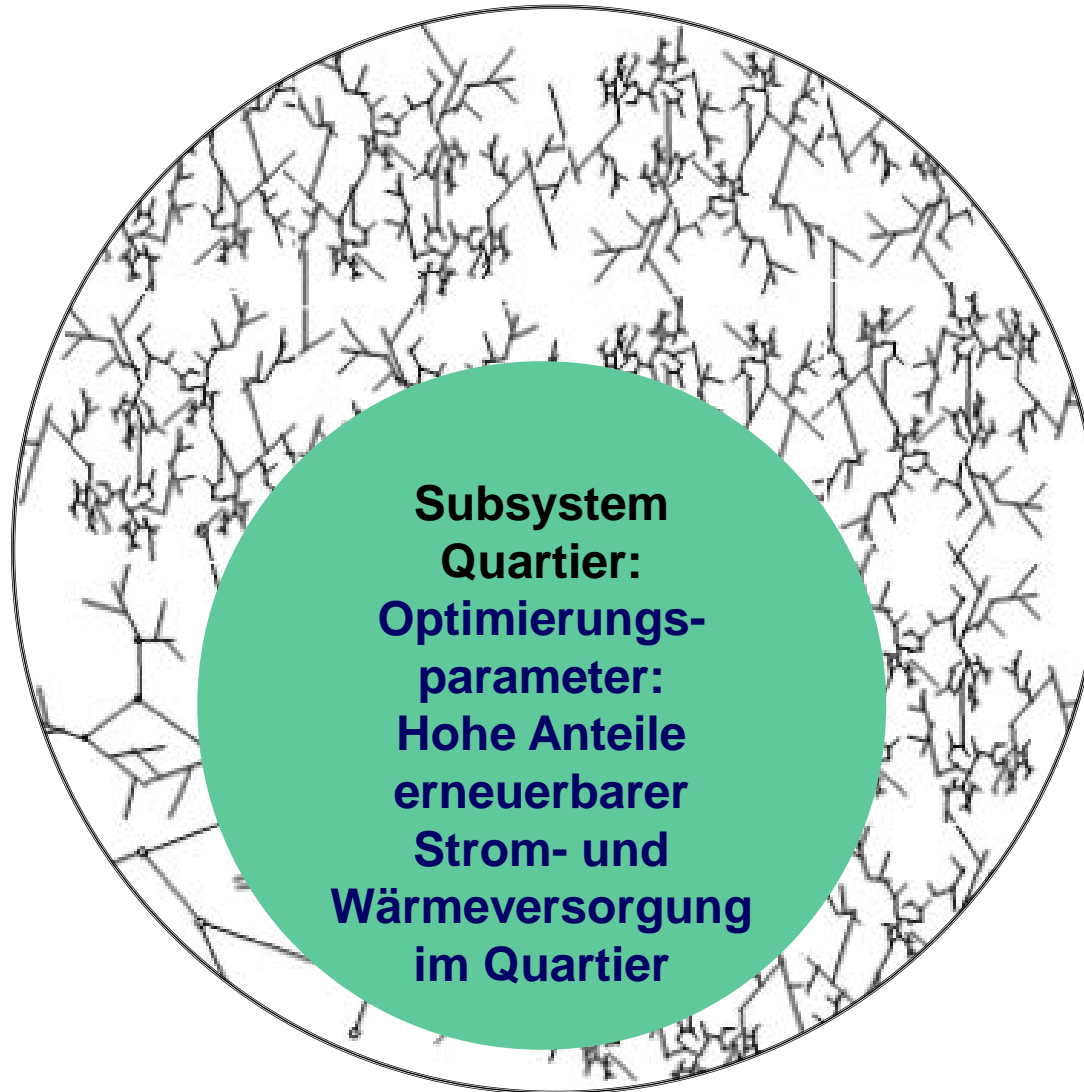
- Entwicklung von Betriebs- und Regelungsalgorithmen zur optimalen Nutzung der vorhandenen Speicher- und Verschiebemöglichkeiten
- Theoretische und labortechnische Bewertung der Verschiebepotentiale, Speicherpotentiale und Systemperformance
- Ökonomische Bewertung und Geschäftsmodelle
- Erprobung der technischen Machbarkeit im Feldtest



Lage-EE: Technische Umsetzung Praxistest



Vernetzung von Wärmepumpen im Quartier



Wind-Solar-Wärmepumpen-Quartier WPuQ

Erneuerbar betriebene Wärmepumpen



Monitoring:

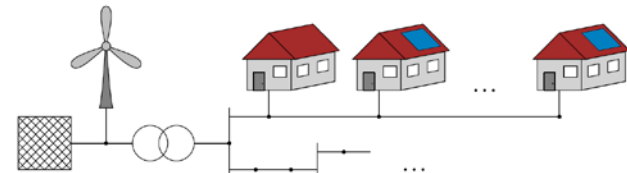
- Strom- und Wärmeverbräuche in zwei Quartieren mit 50 Gebäuden
- Strom- und Wärmenetz, lokale PV- und Windkraftanlagen



Monitoring am Ohrberg– Quelle:ISFH

Modellierung:

- Entwicklung eines Modells für Strom und Wärme auf Gebäude- und Quartiersebene
- Validierung mittels Messdaten



Quartiersmodell-Schema – Quelle: IEE, TU Clausthal

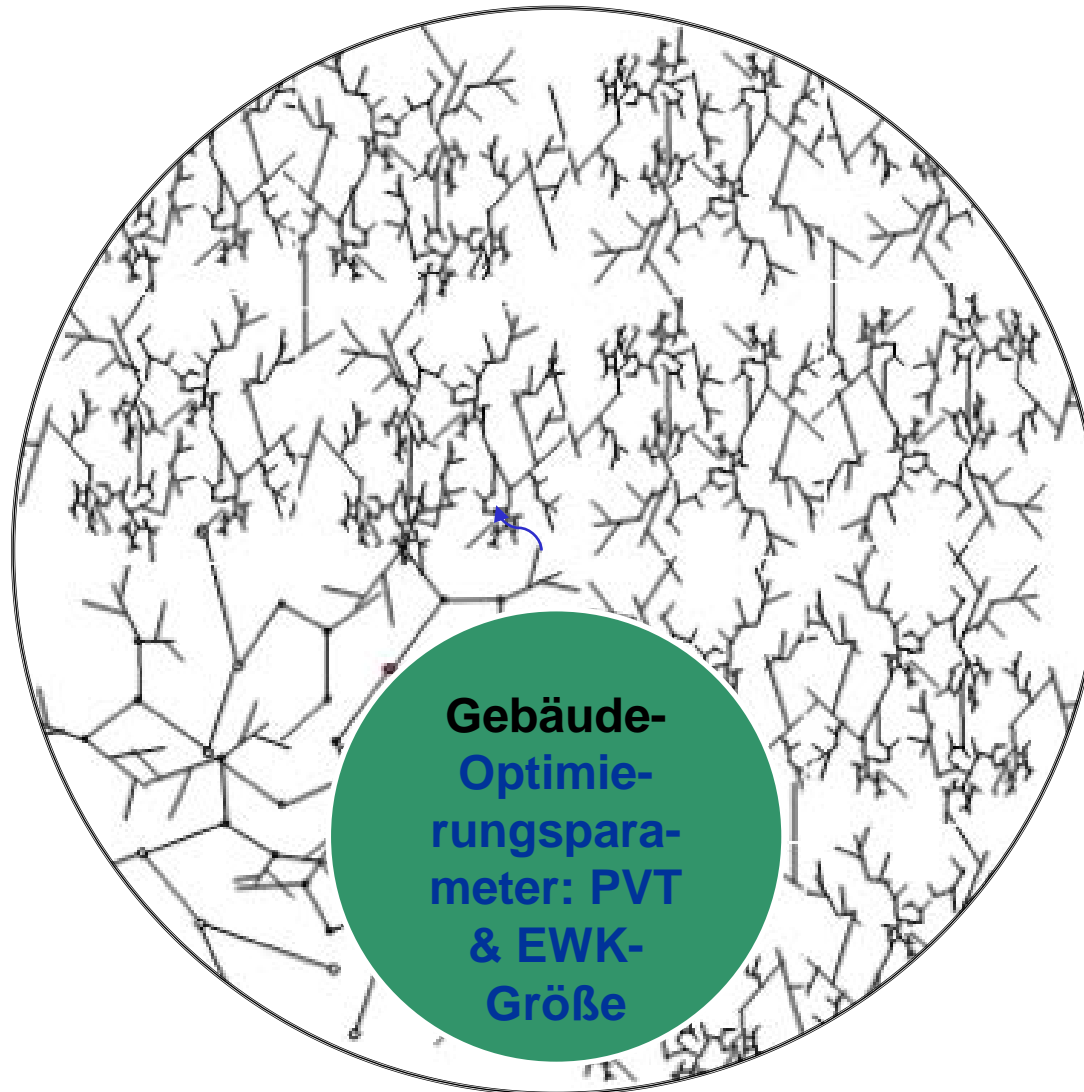
Betrieb:

- Entwicklung dezentraler und quartiersübergreifender Betriebsstrategien für WP
- Erprobung in Hardware-in-the-Loop Teststand des ISFH



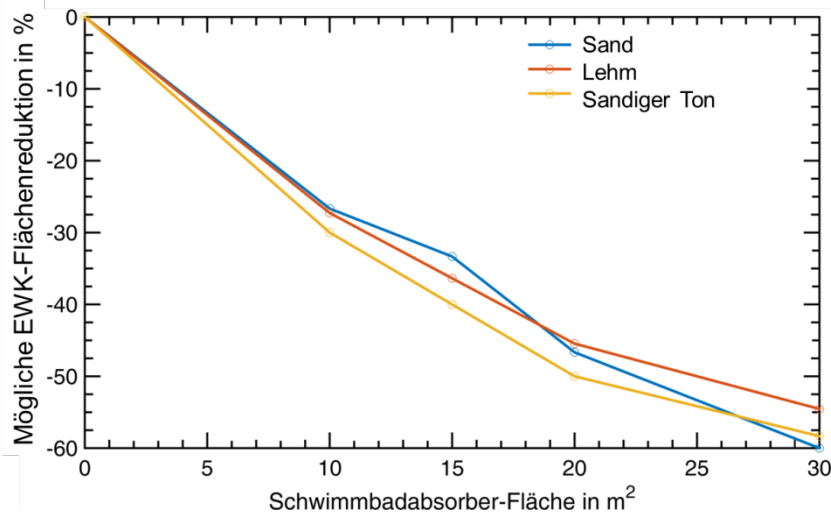
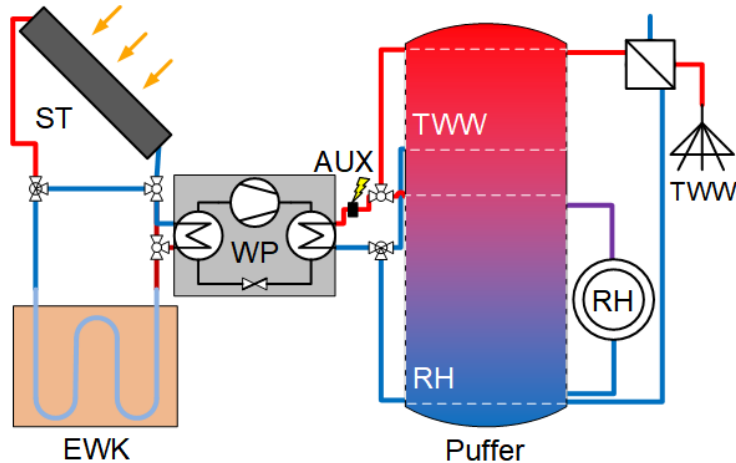
HiL-Teststand des ISFH– Quelle:ISFH

Vernetzung von Wärmepumpen mit Solarthermie



Bivalente Wärmequellensysteme

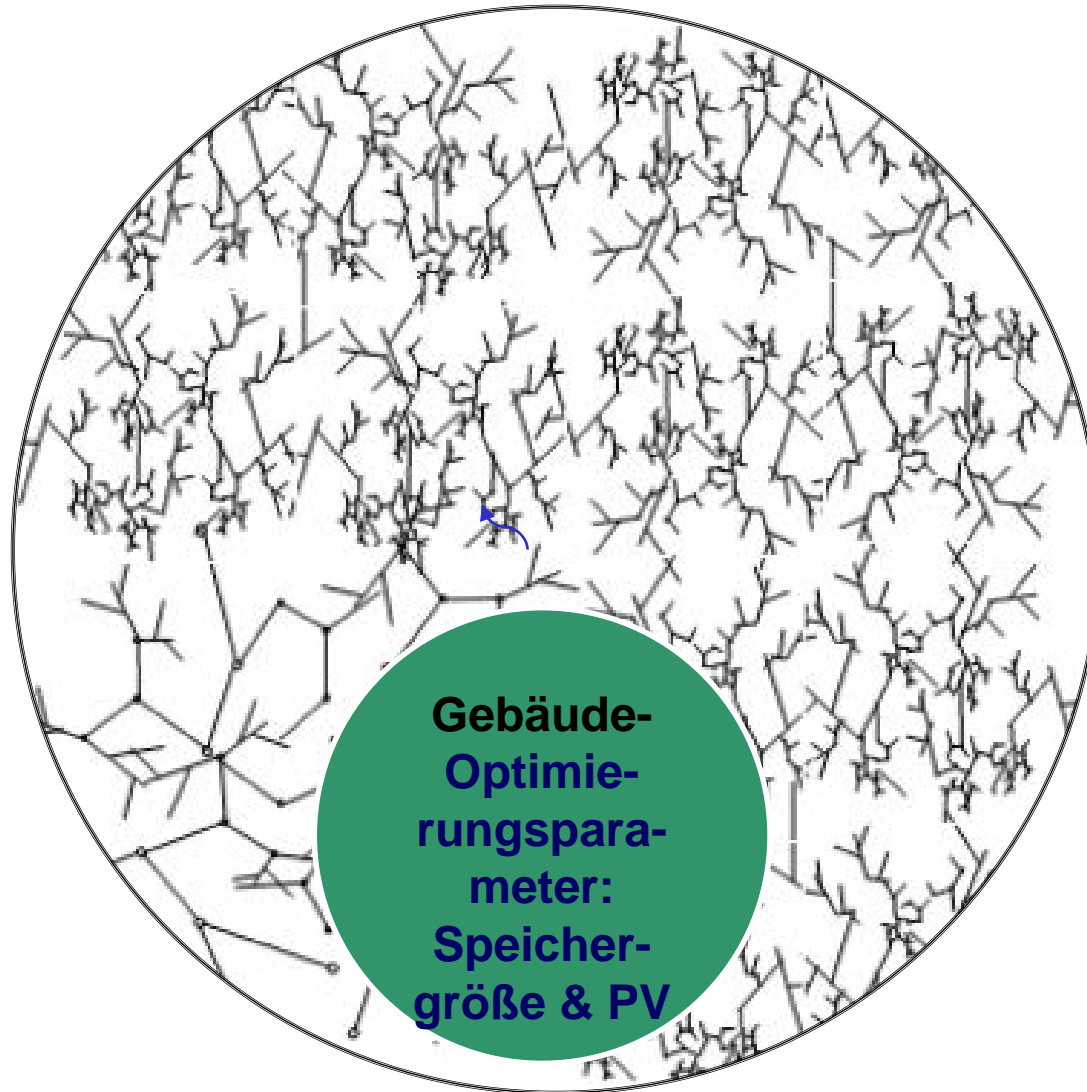
Kleinere Erdwärmekollektoren durch Solarwärmeintegration



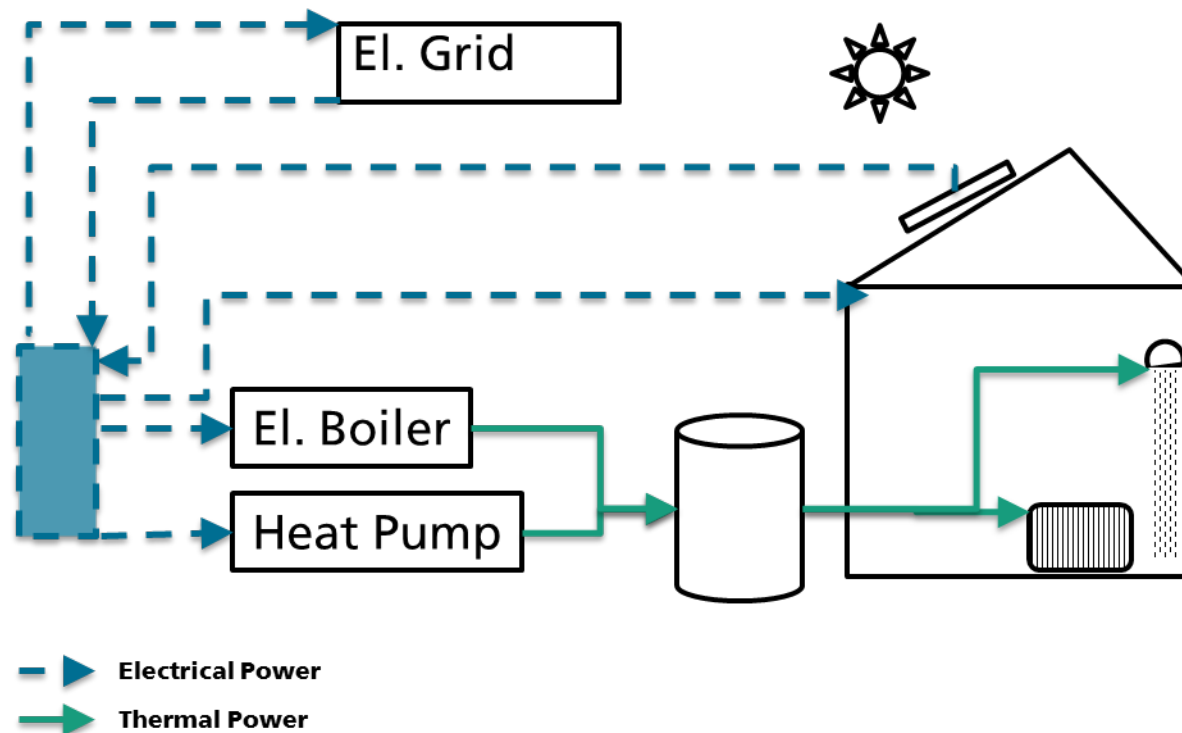
- Nutzung von Wärmequellen mit geringer saisonaler Temperaturschwankung vorteilhaft für Lastsituation im elektrischen Netz
 - Thermische Regeneration, abhängig vom Belastungszustand des Erdwärmekollektors (EWK), erlaubt Flächenreduktion von über 50 %
 - Insbesondere unverglaste Solarkollektoren können Niedertemperaturwärme bereitstellen
 - Reduktion des Flächenbedarfs durch kleinere Verlegeabstände der Erdwärmekollektorrohre
- Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten für EWK

BMWi FKZ: 03ET1275 A-C

Vernetzung von Wärmepumpen mit Wärmespeichern und PV

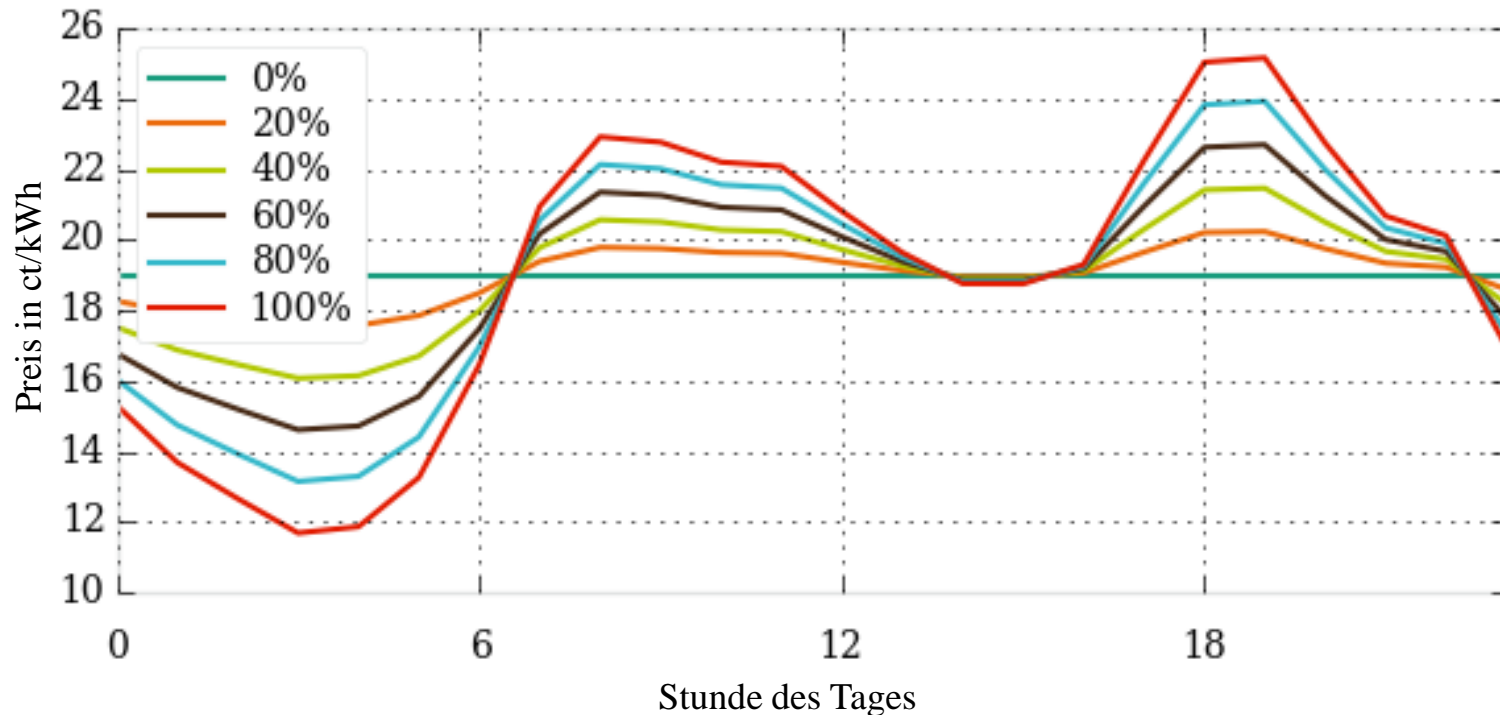


Einfluss einer strompreisbasierten Wärmepufferung auf die Dimensionierung von Wärmespeichern



- Methode: Strukturoptimierung → kostenoptimales System über 20 Jahre
- Projekt: GreenHP (FHG ISE)

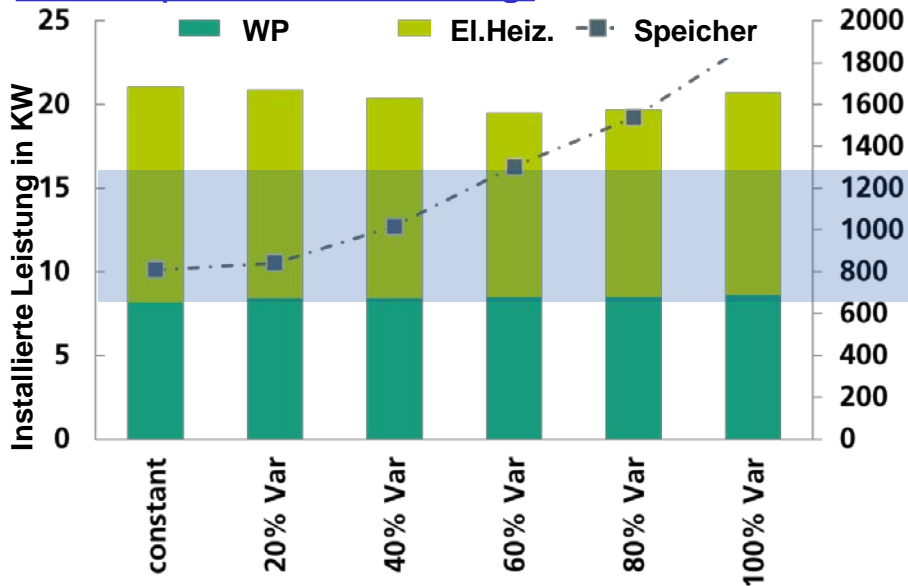
Welchen Einfluss hat Preisvolatilität auf Speichergröße?



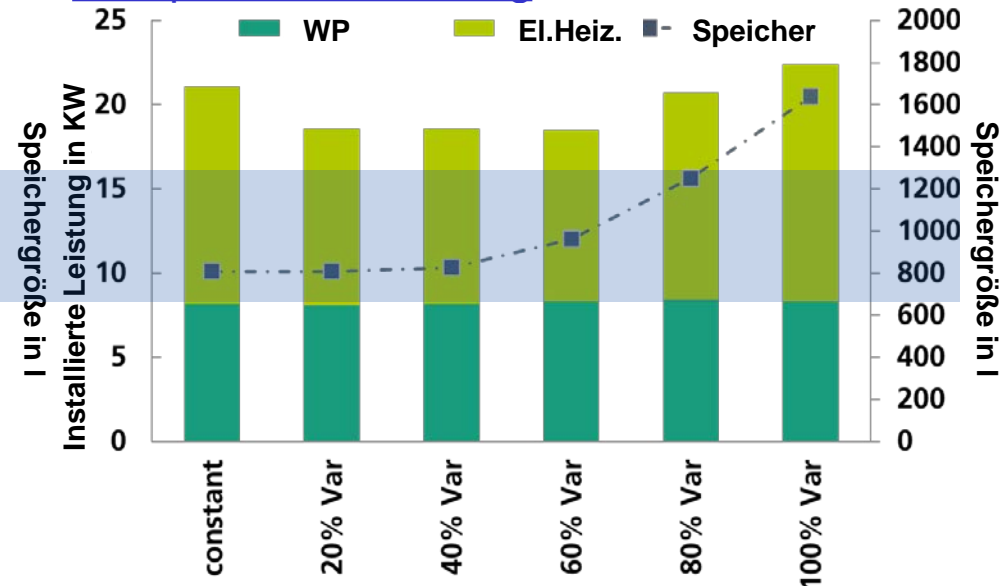
- Preiszusammensetzung = % Fix + % Variabel
- Mittelwert in allen Szenarien identisch
- EPEX Day-Ahead als input

Ergebnis: Optimale Systemkonfiguration

Ohne Speicherüberhitzung



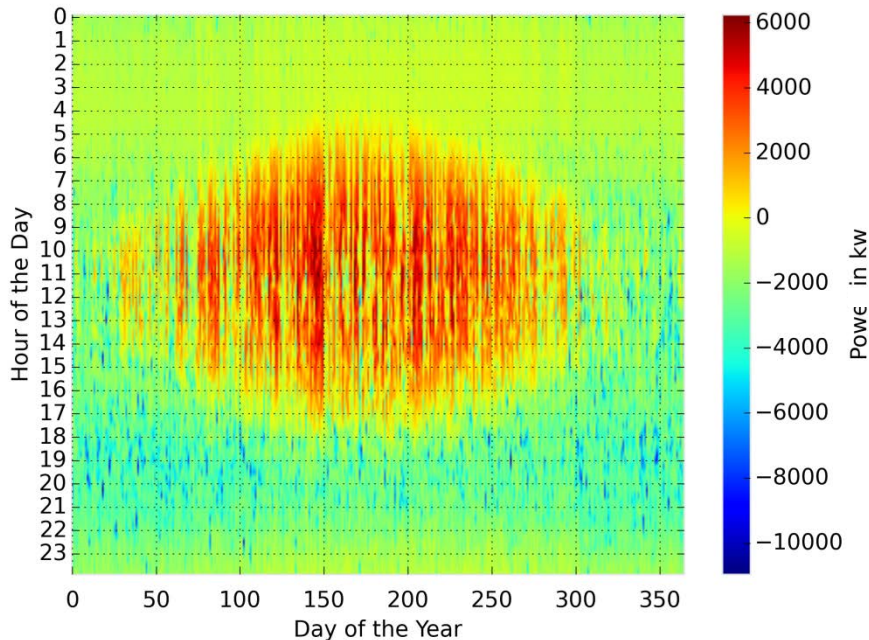
Mit Speicherüberhitzung



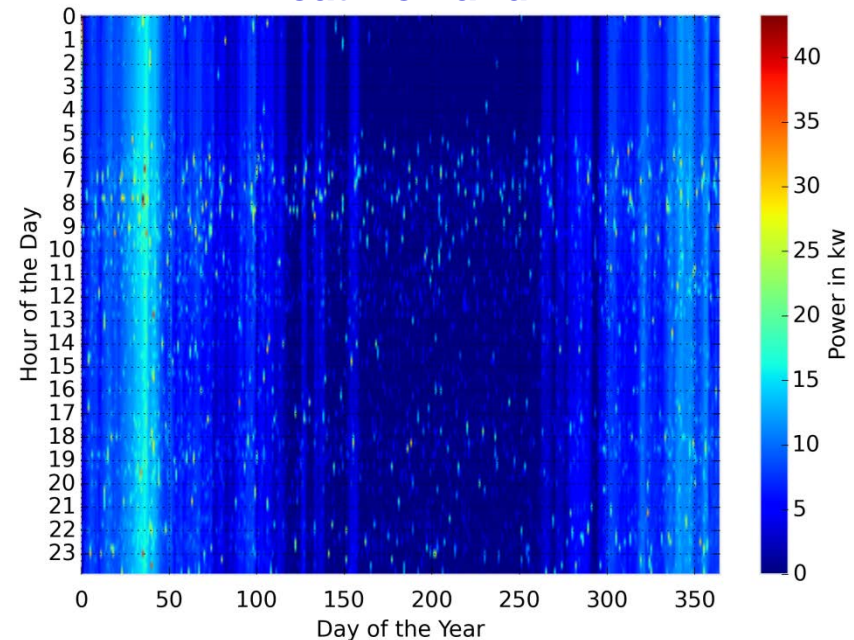
- Heiztechnik wird in allen Fällen nach thermischem Bedarf ausgelegt
- Variable Strompreise machen größere Speicher ab ca. 40% variablem Anteil attraktiver
- Freigabe höherer Temperaturen bei günstigem Strompreis reduziert Bedarf
- Speicher heute oft für EVU-Sperre ausgelegt → ausreichend für die meisten Fälle

Verbesserung des Zusammenspiels von WP und PV – mittels verbesserter Steuerung oder größerer Speicher

Stromnachfrage



Heat Demand



- PV-Produktion vor allem im Sommer; Wärmebedarfe vor allem im Winter
- PV während der Tagesmitte- Wärmebedarfe starker am Morgen und Abend

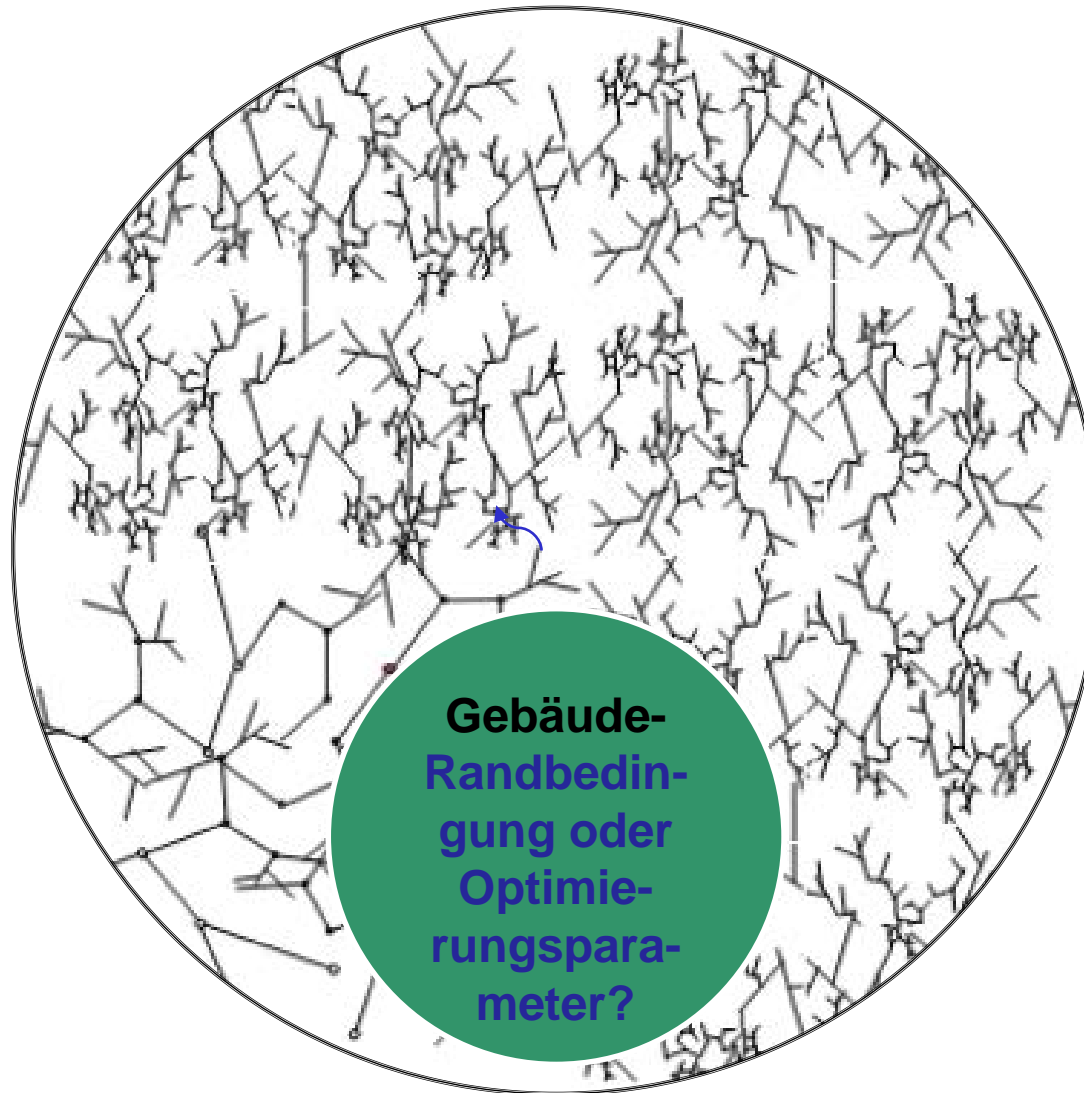
Mögl. Optimierungsparameter: Eigenverbrauchsanteil

	Baseline	1,5 m ³	2,0 m ³	2,5 m ³	3,0 m ³
Self-Consumption of PV	58.5%	64.7%	64.9%	64.9%	65.2%
SPF	3.32	3.35	3.34	3.34	3.34
Storage losses in %	100%	132%	134%	135%	137%
Costs storage losses in €	66	86	87	88	89
Total electricity costs in €	5,709	5,631	5,633	5,632	5,628
Gains in €	0	78	80	79	75

Quelle: Smart Meter Enabled Control for Variable Speed Heat Pumps to Increase PV Self-Consumption

1. Eine optimierte Steuerung der Wärmepumpe kann dazu dienen, den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen.
2. Größere Wärmespeicher sind nicht lohnend, da sie zu höheren Wärmeverlusten führen.

„Randbedingung“: das beherbergende Gebäude



Das Projekt „Power to Heat for the Greater Region's Renewables Integration and Development” (PtH4GR2ID)

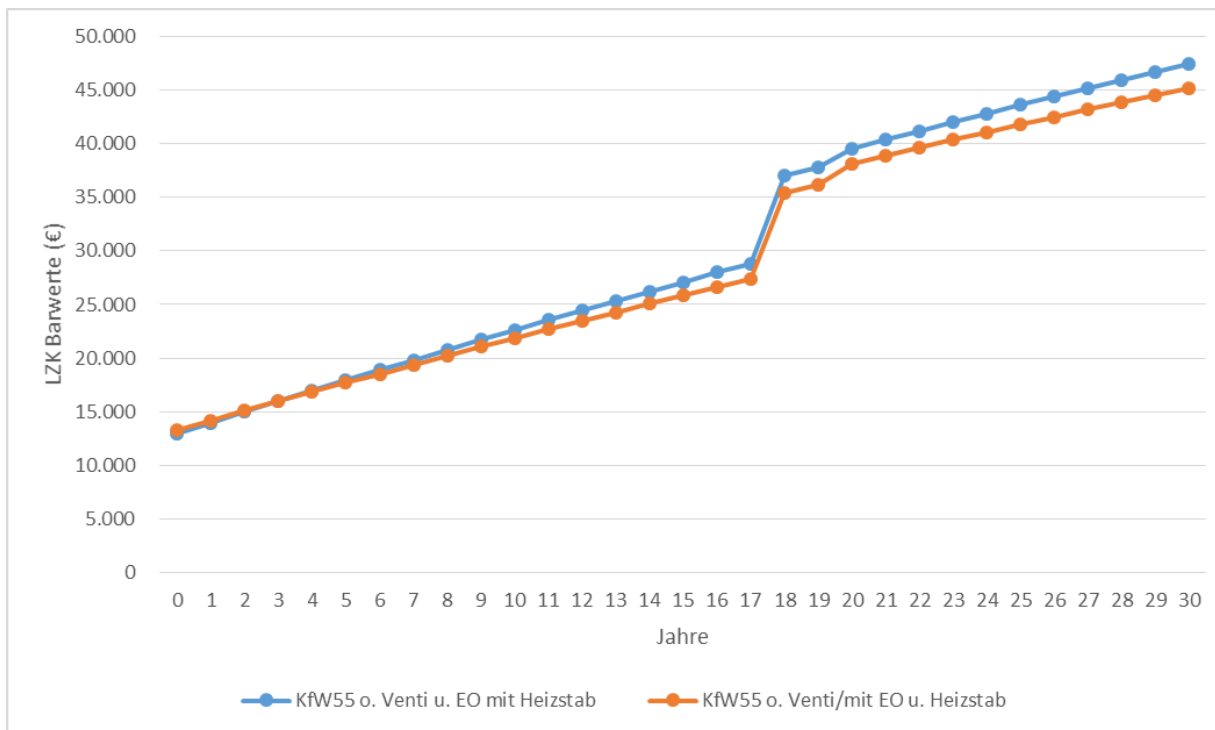
- Finanzierung und Laufzeit: Das Projekt wird über das europäische Programm “Interreg VA Großregion” gefördert. Es endet am 31.8.2019.
- Ziel: Anhand von Simulationen und Szenarien soll gezeigt werden, ob und in welchem Ausmaß gesteuerte Wärmepumpen (WP) in (energetisch sanierten) Einfamilienhäusern künftig zu einer höheren Integration von erneuerbaren Energien und zu einer Entlastung der (Verteil)Netze beitragen können.
- Die Steuerung der WP soll gemäß der kurzfristigen Strommarktpreise erfolgen.
- Betrachtungsraum Großregion, d.h. Saarland/ RLP, Lothringen (F), Luxemburg (L) und Wallonie (B).
- Ausgewählte Fragestellungen des IZES hierbei:
- Analyse der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb von WP in der Großregion: Untersuchung der Strompreise für HH-Kunden in der GR; Untersuchung von Strommärkten und Anreizen für einen flexiblen und wirtschaftlichen Betrieb von WP (AP7)
- Regionale Potenzialermittlungen und Zukunftsszenarien für den Einsatz von WP in der Großregion (AP 13)

PtH4GR2ID Aktion 7

Wirtschaftlichkeit von flexiblen WP (einzelwirtschaftliche Betrachtung)

⇒ Nutzung von WP bei Sanierung des dt. Typgebäudes auf KfW 55 ist aktuell wirtschaftlich

- Zu sanierendes Gebäude in D: EFH, Baualtersklasse E (1958-1968)
- Simulation von 3 Effizienzstandards geplant: KfW 70, KfW 55, KfW 40
- Heizsystem: Luft-Wasser-WP 5 kW mit Heizstab und 830 l-Speicher
- Annahme eines LZK von 30 Jahren für Gebäudehülle und 15-20 Jahre für Heizsystem



Aktuelle Fahrweise des Einsatzoptimierers (EO): Gesteuert nach Vortages-(Wetter)Prognose (Preise basierend auf EPEX Spot 2015), rollierende Optimierung ¼ stdl.

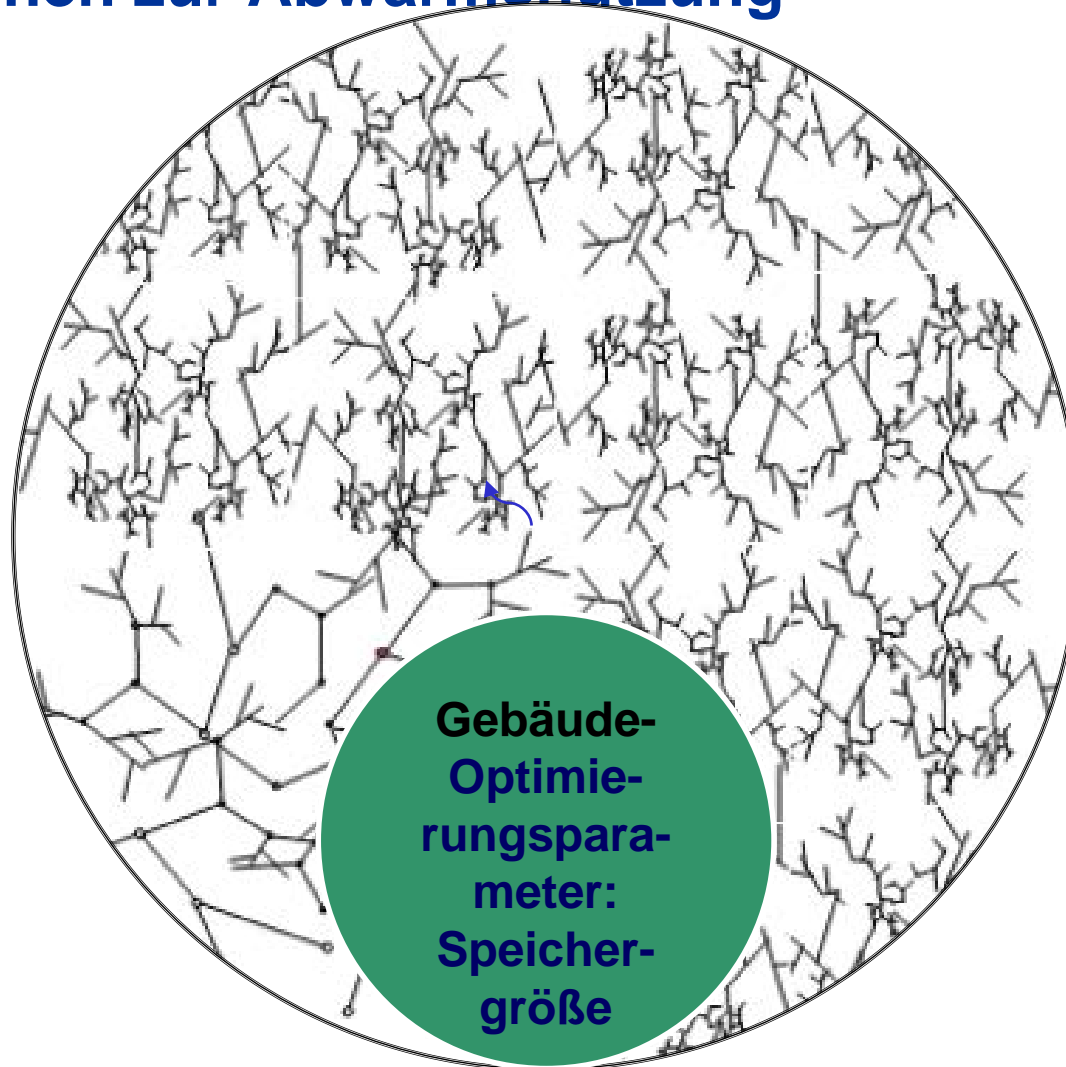
Ergebnisse des AP7 von PtH4GR₂ID

1. Wärmepumpen sollten nur in thermisch hochwertig sanierten Gebäuden eingesetzt werden.
2. Hierdurch kann der Heizwärmebedarf insgesamt abgesenkt und durch den Einsatz von Strom als Heizenergie primärenergetische Vorteile im Vergleich zu anderen Energieträgern generiert werden.
3. In sanierten Gebäuden können WP mit Speichern unter bestimmten Bedingungen wirtschaftlich betrieben werden.
4. Eine gründliche Planung des Systems ist unerlässlich.
5. Eine Optimierung des Einsatzes einer WP mit thermischem Speicher kann über die Lebensdauer des Gesamtsystems weitere wirtschaftliche Vorteile erbringen.

Nächste Schritte:

- *Einsatz des WP-Speichersystems wird an den Intraday-Börsenstrompreisen optimiert. Hieraus ergeben sich gegebenenfalls weitere wirtschaftliche Vorteile gegenüber ungesteuerten Anlagen.*
- *Simulationen und Modellierungen werden auf die ausgewählten Gebäudetypen der anderen Länder der GR angewendet.*

Zukünftig: Vernetzung von innovativen WP mit Installationen zur Abwärmenutzung

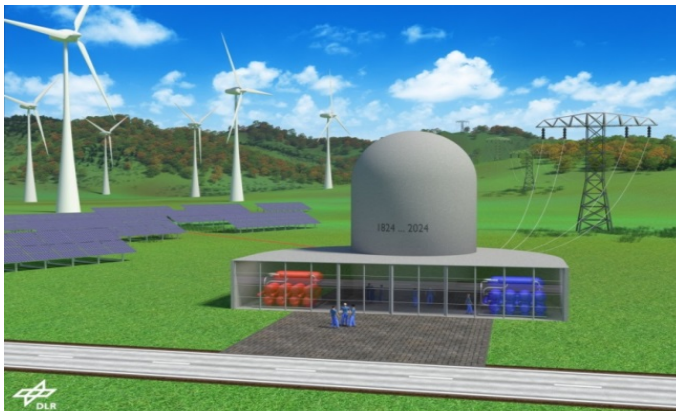


Forschungsinfrastruktur NADINE

Motivation

Technologisch

Entwurf, Test und Realisierung isentroper Energiespeichersysteme und von PXP-Speichern mit maximalem Wirkungsgrad und minimalen Kosten sowie ihre Bewertung hinsichtlich der Integration in ein künftiges Energiesystem.



Methodisch

Schaffung einer Forschungsinfrastruktur, in der Energiespeicher-konzepte vom Material über die Komponente bis zum System mit hoher experimenteller Genauigkeit und Modularität in Kooperation mit der Industrie untersucht werden können.



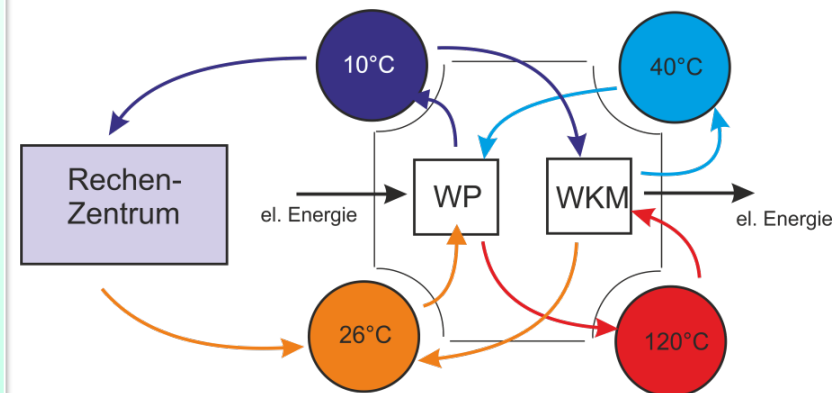
DESI-NADINE Leitprojekt A

Strom-Wärme-Strom mit Niedertemperaturwärmespeicher

Kühlbedarf des Höchstleistungsrechenzentrum (HLRS) Stuttgart:
ca. 3 MW ungenutzte Abwärme mit Temperaturen von 25 – 40 °C

Anlagenkonzept A

- Transkritische CO₂-Wärmepumpe
- Heißwasser-Druckspeicher (120 – 150 °C) mit Vakuumdämmung
- Wärmekraftmaschine in Form eines ORC- oder CO₂-Prozesses



→ Identifizierung von marktverfügbaren Komponenten und potentiellen Projektpartnern

→ Konzeptionelle Auslegung einer ersten Prototyp-Anlage

Résumé:

- WP-Heizungen bieten grundsätzlich vielfache Potentiale, die erneuerbare Wärmeversorgung voranzubringen.
- Gleichzeitig bestehen vielfache Erwartungen daran, dass Wärmepumpen auch weitere Dienstleistungen im Energiesektor erbringen könnten.
- Dafür sind geeignete Rahmenbedingungen für und der passende Einsatz von weiteren Energiequellen sowie von Speicherkapazitäten auf verschiedenen Ebenen erforderlich.
- Auch Erwartungen und (Investitions)entscheidungen der Nutzer*innen sind zu beachten!
- Der systemdienliche Einsatz von WP kann durch die Digitalisierung vereinfacht werden, da die IT die Datenerfassung und Integration komplexer Algorithmen ermöglicht.
- Dafür sind auch die Definition und Etablierung standardisierter Schnittstellen, die (Geräte-, Haus-, Netz-)übergreifende Regelung möglich machen, notwendig.
- ABER: Digitale Technik ist „nur“ ein Hilfsmittel zur Umsetzung dieser Regelstrategien.
- Dabei können jedoch vielfache Zielkonflikte auftreten!
- Die bestmögliche Balance hinsichtlich konträrer Ziele (Vermeidung von Lastspitzen, Versorgung individueller Bedarfssituationen, wirtschaftliche Wärmebereitung, nachhaltige Nutzung von Umweltwärme, nachhaltige Nutzung von (lokal erzeugter) Elektrizität, Bereitstellung von Flexibilität, Netzdienlichkeit etc.) muss weiter erforscht werden.

Für weitere Fragen stehen wir gerne zur Verfügung!

Autorin:

- Eva Hauser, IZES gGmbH – hauser@izes.de

Ko-Autor*innen:

- Barbara Dröschel, IZES gGmbH – droeschel@izes.de
- Dr. David Fischer, Fraunhofer ISE - david.fischer@ise.fraunhofer.de
- Fabian Hüsing, ISFH GmbH – huesing@isfh.de
- Dr. Michael Krause, Fraunhofer IEE – michael.krause@iee.fraunhofer.de
- Evelyn Sperber, DLR – evelyn.sperber@dlr.de