
FRAUNHOFER IEE | Energiesystemtechnik

Lastverschiebung in Niederspannungsnetzen mit Hilfe des Einsatzes netzdienlicher Wärmepumpen

4. Dialogplattform Power-to-Heat | 11. + 12. Juni 2018 | Niedersächsische Landesvertretung | Berlin



Dipl.-Ing. Jan Kaiser
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft
und Energiesystemtechnik
jan.kaiser@iee.fraunhofer.de



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

EnergieNetz Mitte

Ein Unternehmen der EAM Gruppe



VIESMANN

climate of innovation

KIWIGRID
CONNECTING ENERGY



Chair for Communication Technology
Prof. Dr.-Ing. Klaus David



Motivation

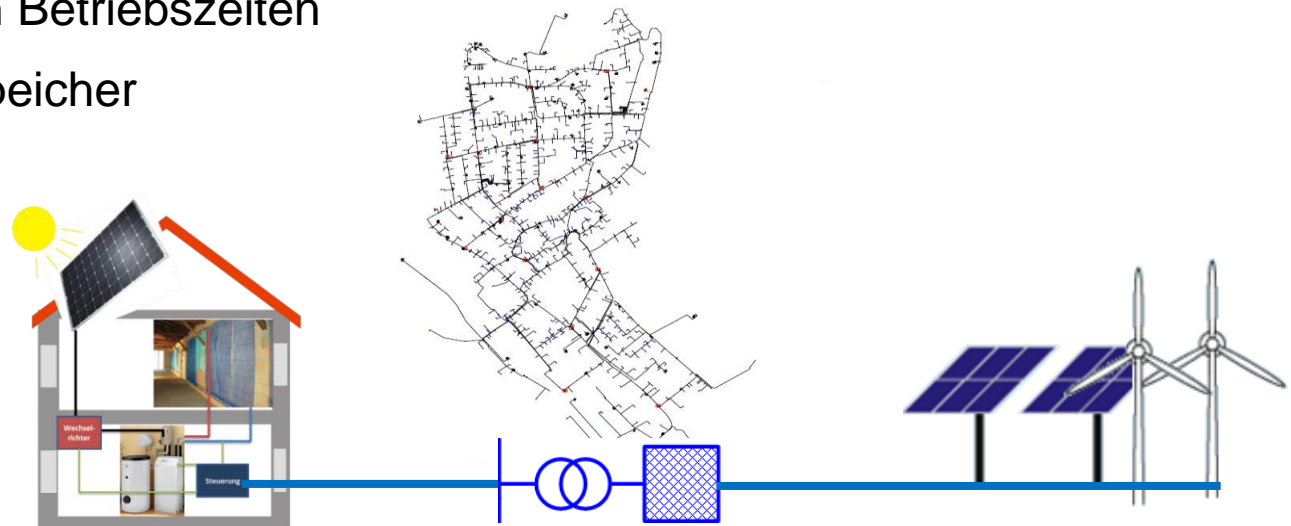
- Elektrische Energiebereitstellung erfolgt zunehmend aus fluktuierender erneuerbarer Energie (Wind, PV), der Anteil wird zukünftig weiter steigen
- Im Niederspannungsnetz können bei entsprechend hohem EE-Ausbau an einzelnen Netzknoten Spannungsprobleme auftreten
- Netzausbau ist eine mögliche Vermeidungsstrategie
- Direkte Nutzung der Überkapazitäten über steuerbare elektrische Heizsysteme kann solchen Ausbau ~~vermeiden~~ **abmildern**
- Dekarbonisierung des Wärmesektors gelingt nur durch Verdrängung fossiler Energieträger aus der Beheizung von Gebäuden.

Herausforderung

- Elektrische Energiebereitstellung durch EE, sowie Wärmebedarf selten synchron
- Zustand des Netzes muss bekannt sein
- Bedarf in Gebäuden muss bekannt
- Netzzustand und Wärmebedarf muss prognostizierbar sein

Projektidee -> LAGE-EE

- Lastmanagement im Verteilnetz durch den intelligenten Betrieb von Wärmepumpen zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitstellung
- Ergänzung des bedarfsorientierten Betriebs von Wärmepumpen durch angebotsangepasste Elemente, z.B. auf Basis lokaler PV-Stromerzeugung
- Nutzung der vorhandenen **thermischen** Speicher im Gebäude zur Verschiebung von Betriebszeiten
 - Warmwasserspeicher
 - Pufferspeicher
 - Bauteile



Projektziele

- Entwicklung von Betriebs- und Regelungsalgorithmen zur optimalen Nutzung der vorhandenen Speicher- und Verschiebemöglichkeiten
- Theoretische und praktische Bewertung der Verschiebepotentiale, Speicherpotentiale und Systemperformance hinsichtlich
 - Energieeffizienz
 - Investitions- und Betriebskosten
 - Verringerung von Investitionen in Netzinfrastrukturen
 - Komfort und Nutzerakzeptanz
 - Markt- und Regulierungsaspekten
- Erprobung der technischen Machbarkeit im Feldtest

Strategie zur Wärmespeicherung

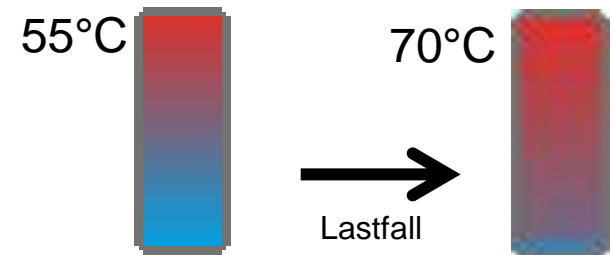
Möglichkeiten der Lastverschiebung über Wärmepumpen:

1. Kurzzeitige Temperaturerhöhungen in Puffer- oder Warmwasserspeicher

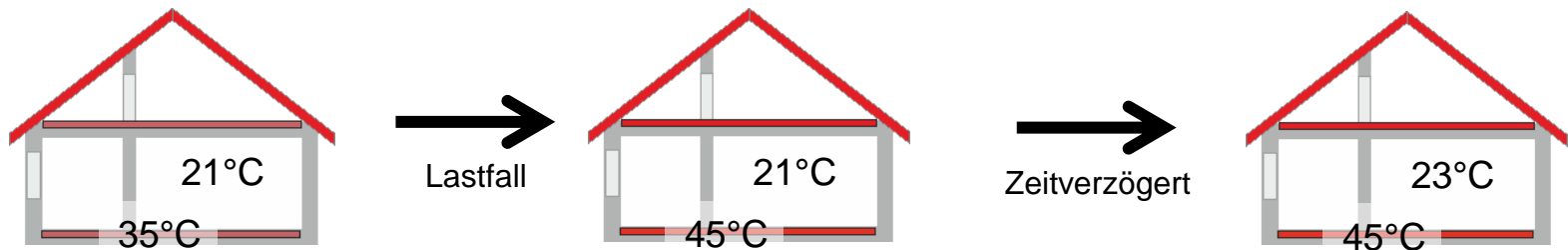
Pufferspeicher zur Raumheizung



Trinkwarmwasserspeicher



2. Temperaturerhöhung in den Bauteilen



Potenzial dezentrale Speicher

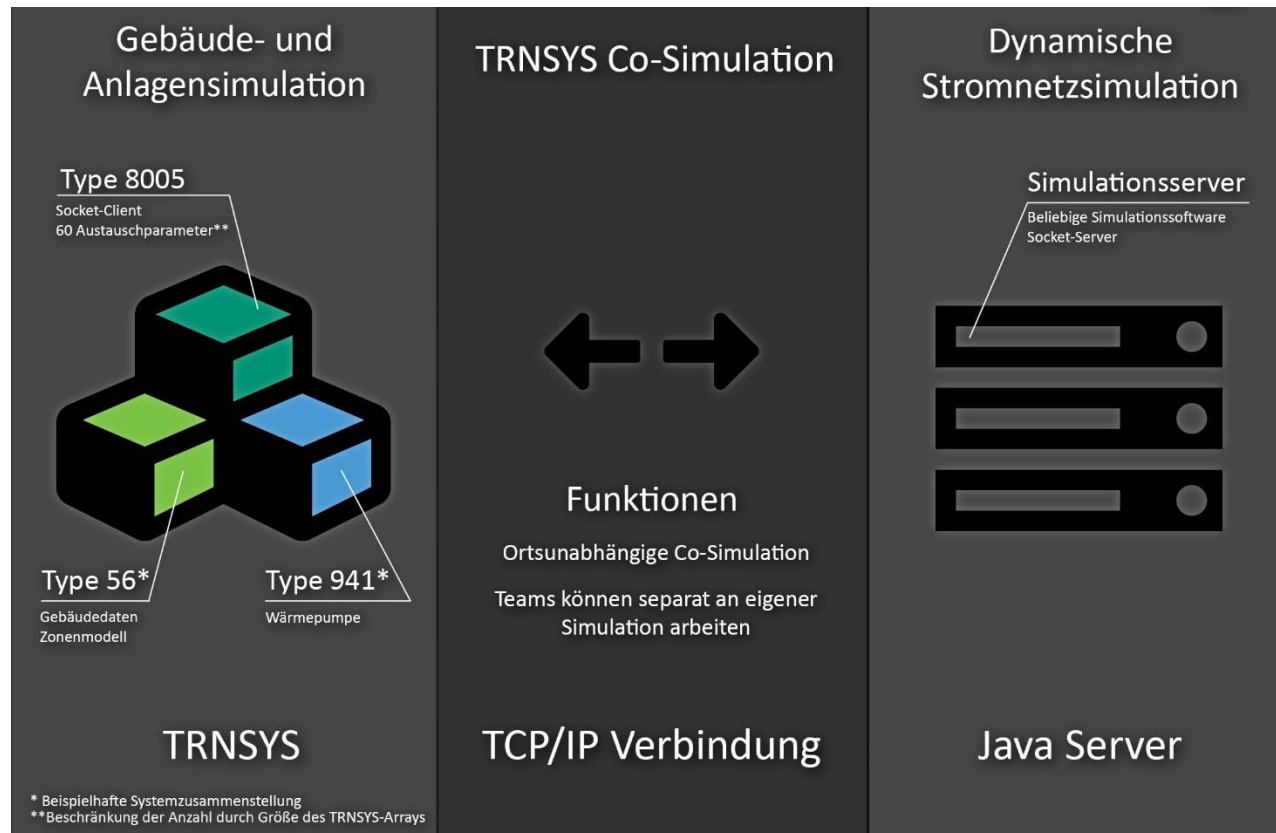
- TWW-Speicher, beispielhafte Größe 200 l, Speichertemperatur 60/10 °C
 - -> Last komplett verschieben : 10,5 kWh
 - -> Speicher überheizen (10 K) : 2,5 kWh
- Pufferspeicher 350 l, Speichertemperatur 35/25 °C
 - -> Last komplett verschieben : 3,6 kWh
 - -> Speicher überheizen (15 K) : 5,5 kWh

Theoretische Untersuchungen - Randbedingungen

- Anforderung an die Spannungsänderung nach [1]:
 - „*Unter normalen Betriebsbedingungen mit der Ausnahme von Intervallen mit Unterbrechungen sollten Änderungen der Versorgungsspannung +/- 10% der Nennspannung U_n nicht überschreiten*“ [1]
- Simulation zur Abschätzung der Lastverschiebepotentiale der Gebäude und Anlagenkonfiguration erfolgte auf Basis des Energiebilanzverfahrens.
- Dynamische Simulation des Niederspannungsnetz erfolgt auf Basis von realen Netzspezifikation in einem eigenentwickelten Simulationstool der Universität Kassel, die Simulation der Gebäude- und Anlagenkonfiguration erfolgt mit TRNSYS 17.

[1]: DIN EN 50160:2011-02, Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen; Deutsche Fassung EN 50160:2010

Theoretische Untersuchungen – Funktionsweise gekoppelte Simulation



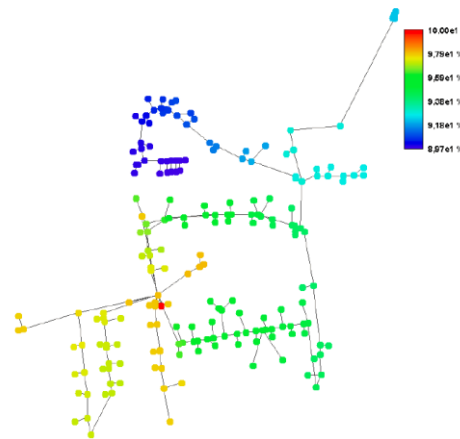
- Vorteile des eigen Entwickelten Type 8005:
 - Austausch der Ergebnisse je Zeitschritt
 - Output ist Input für die Gegenseite
 - Einfluss des Ergebnisses wird im nächsten Zeitschritt der Gegenseite berücksichtigt.

Theoretische Untersuchungen - gekoppelte dynamische Simulation - Randbedingungen

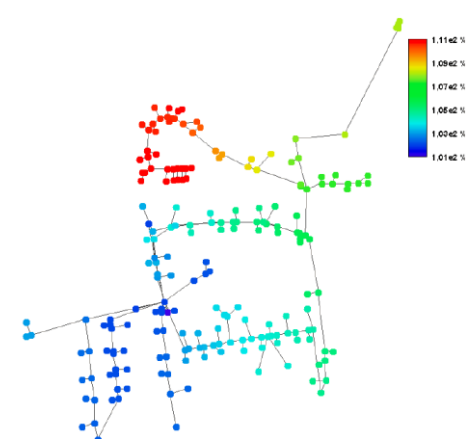
- Reales Niederspannungsnetz - Zeitreihen
 - Erzeugungszeitreihen aus Wetterdaten (Klimaregion 7) und Modellen von Erneuerbaren Energien Anlagen
 - Verbrauchszeitreihen aus Standardlastprofilen
- Niederspannungsnetz – Analyse
 - Energiebilanz im Niederspannungsnetz zur Bestimmung des Bezugs aus übergeordneten Netzen
 - Ermittlung der Spannung mittels Lastflussberechnung



Quelle [2]: Abbildung eines realen Niederspannungsnetz im Stromnetzsimulator



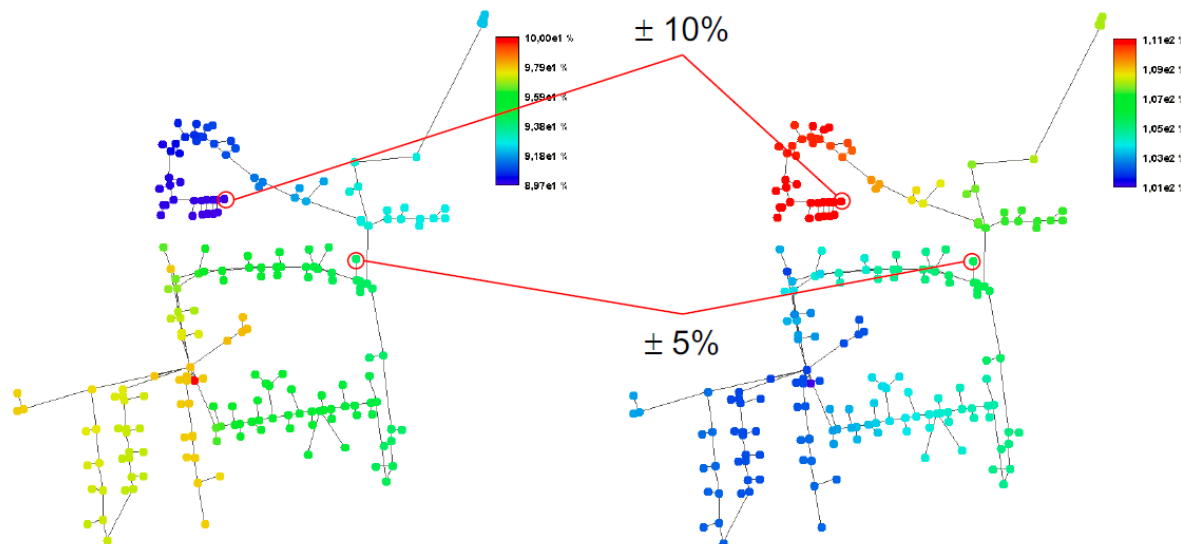
Quelle [2]: Verbrauchsgeprägtes Niederspannungsnetz



Quelle [2]: Einspeisegeprägtes Niederspannungsnetz

Theoretische Untersuchungen - gekoppelte dynamische Simulation – Parameter der Regelung

Parameter der Regelung



- Erhöhung der Spannung im Niederspannungsnetz durch Erhöhung des EE-Erzeugeranteils
- Netzparameter [2]:
 - Spannung
 - Parameter zur Ermittlung des Regulationssignals aus der Spannung
 - -> z.B. obere und untere Grenzwerte, die abhängig sind von:
 - Netztopologie
 - Position der Wärmepumpe im Netz

Quelle [3]

[2]: Universität Kassel ComTec; Software für die netzdienliche Wärmepumpenregelung; 27.09.2016

Theoretische Untersuchungen - gekoppelte dynamische Simulation

- Gebäudetypologie (Deutschland)
 - Datenaufnahme durch Eigentümerbefragung
 - [TABULA] (Baujahre bis 2009):
 - Gebäudenutzflächen
 - Fenster
 - [IWU] (Erweiterung bis 2016):
 - Gebäudenutzflächen
 - Fenster
 - Wandausbau, U-Werte
 - Wärmeschutzvarianten (1-3)
- Gebäudestruktur im betrachteten Niederspannungsnetz geprägt durch Gebäude der Klassen H (1984 – 1994) und J (2002 – 2009)

[TABULA] Application of Building Typologies für Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock – TABULA Thematic Report N°2 – TABULA; Institut Wohnen und Umwelt GmbH IWU; Februar 2012

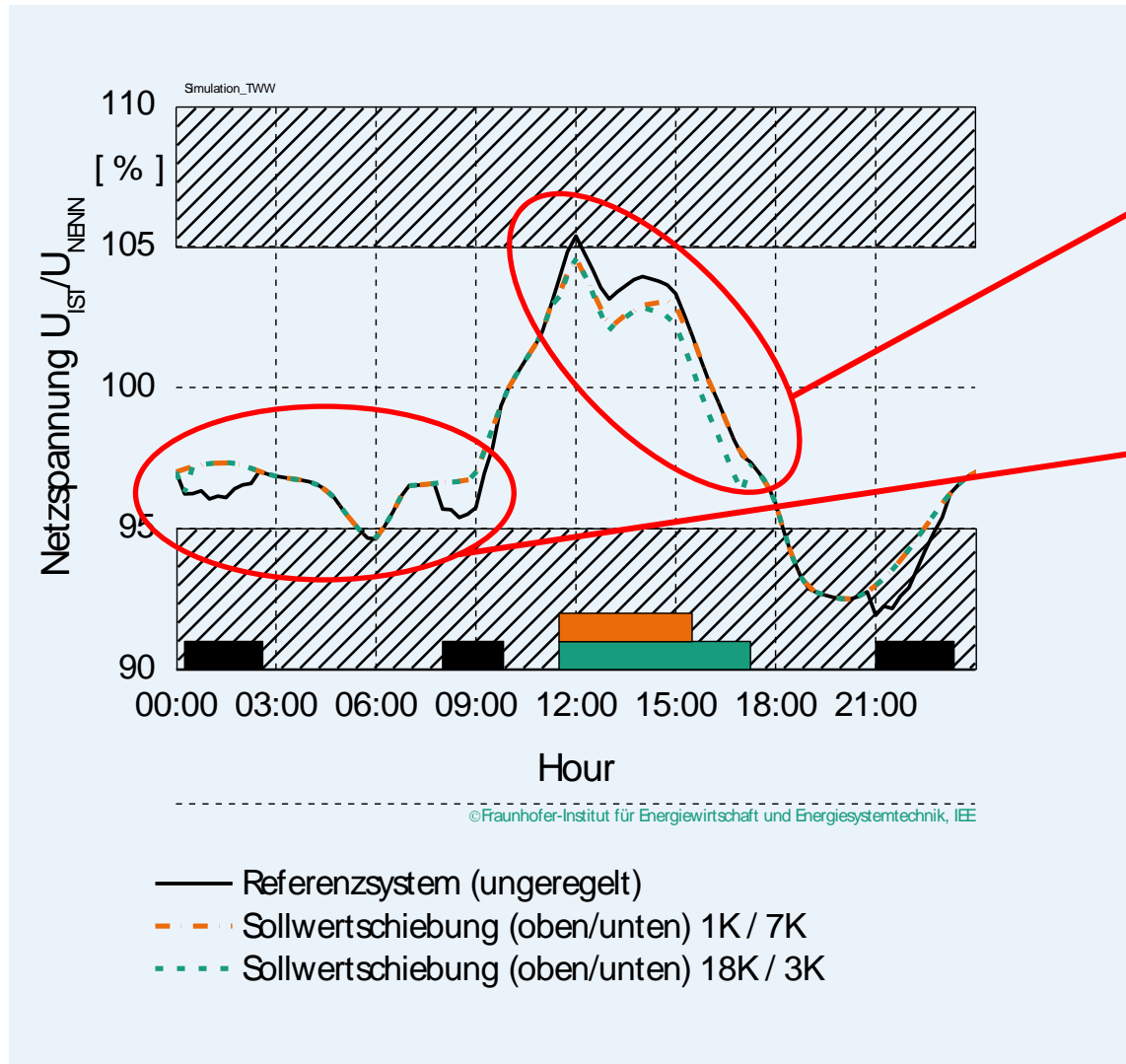
[IWU] Deutsche Wohngebäudetypologie, beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden – zweite erweiterte Auflage - ; Institut Wohnen und Umwelt GmbH; 10.02.2015

Theoretische Untersuchungen - gekoppelte dynamische Simulation - Trinkwarmwassererwärmung

- Steuerung der Wärmepumpe im Referenzfall netzunabhängig
- Netzbasierte Steuerung Variante 1 + 2

		Anforderung Speichertemperatur		
Fall	U_{IST}/U_{NENN} [%]	Referenz	Variante 1	Variante 2
Spannung Soll	95 - 105	57 °C	55 °C	70 °C
Unterspannung	90 - 95	57 °C	50 °C	60 °C
Überspannung	105 - 110	57 °C	58 °C	75 °C
Untergrenze	< 90	57 °C	Sperre	Sperre

Sommerbetrieb: Trinkwarmwasser



Reduktion

Glättung

Theoretische Untersuchungen

Zur Identifizierung optimaler Regelungsparameter wurden detaillierte dynamische Simulationen durchgeführt unter Berücksichtigung von:

- dem Niederspannungsnetz im Feldtestgebiet (Mittelhessen)
(Abbildung realer Niederspannungsnetzstruktur)
- der Anlagentechnik (Sole-/Wasser und Luft/Wasser Wärmepumpen, Warmwasser- und Pufferspeicher)
- Den Gebäudearten (Gebäudetypologie)
- Konventionellen und Lage-EE-Steuerungsalgorithmen

Testumgebung

Zur Erprobung der Steuerungsalgorithmen und der Kommunikationstechnologien wurde das System in einer Versuchseinrichtung des Fraunhofer IEE getestet:

- 2 identische Räume
- Luft-/ Wasser Wärmepumpe
- Fußbodenheizung

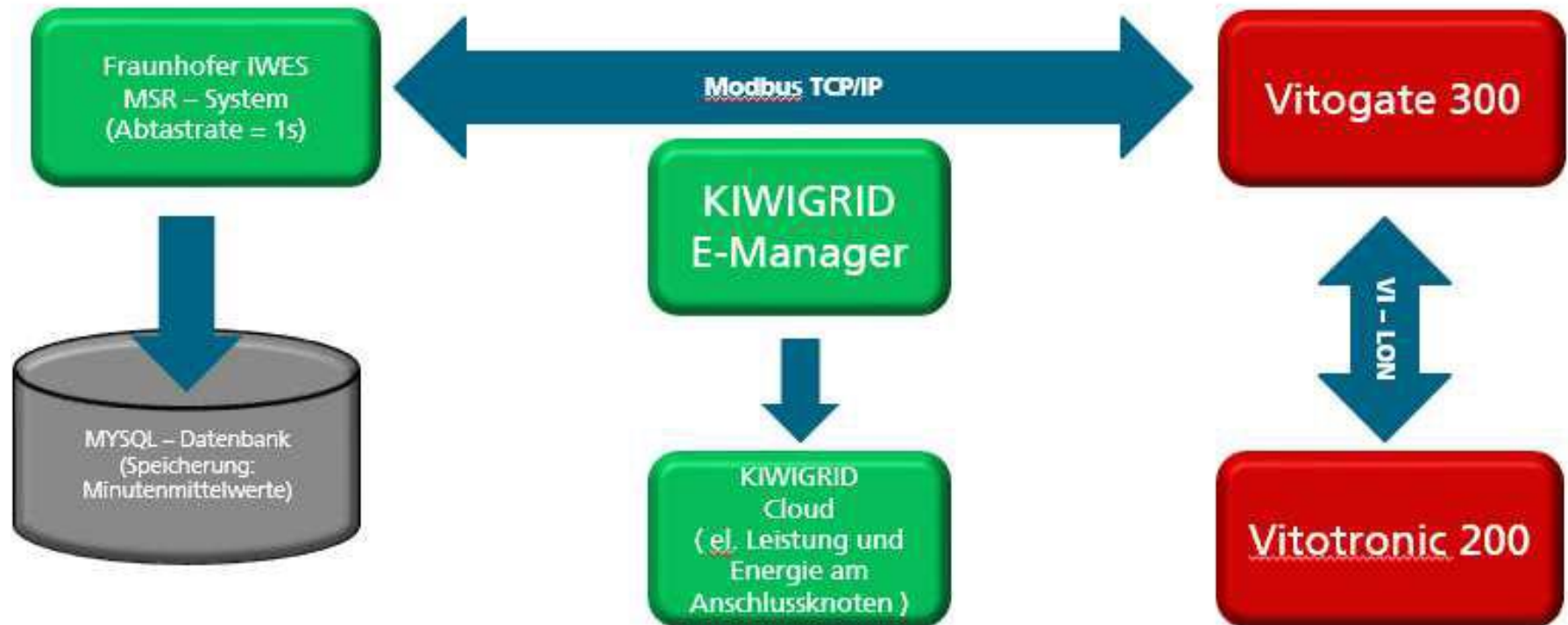
Bewertung des entwickelten Steuerungsmoduls und der Kommunikationswege

Weiterentwicklung der Steuerung

Abgleich der Messergebnisse mit den theoretischen Untersuchungen



Testumgebung - Kommunikationsschema



Feldtest

Ziele des Praxistests

- Erprobung der Wirksamkeit der entwickelten Strategien und Lösungen zur Lastverschiebung
- Überprüfung der Nutzerakzeptanz
- Überprüfung der technischen Funktionalitäten
- Entwicklung eines marktfähigen Regelsystems

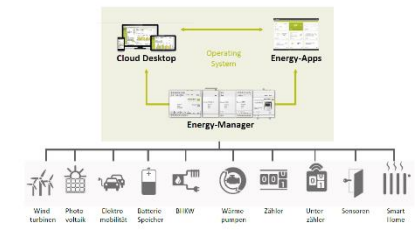
Umsetzung

- Installation von Wärmepumpen in drei Haushalten
- Installation der Kommunikationstechnologien
- Installation von Messtechnik
- Durchführung der Erprobung über 1 ½ Jahr



Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Kiwigrd-Plattform: Gesamtsystem aus einer Hand



KiwiGrid GmbH

Technische Umsetzung im Praxistest

