

Gebäude im Wärmenetz

Team Wärme | 19.11.2024



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Agenda

Teil I – Grundlagen:

- Verbraucherseite Übersicht
- Einbindungsmöglichkeiten der Verbraucherseite
- Trinkwarmwasserbereitungssysteme
- Einfluss auf das Wärmenetz

Teil II – Forschungsvorhaben am CC4E:

- Smart Pro Heat (SPHT)
- CTRL-Peaks

Teil I: Grundlagen

Endverbraucher – Startpunkt

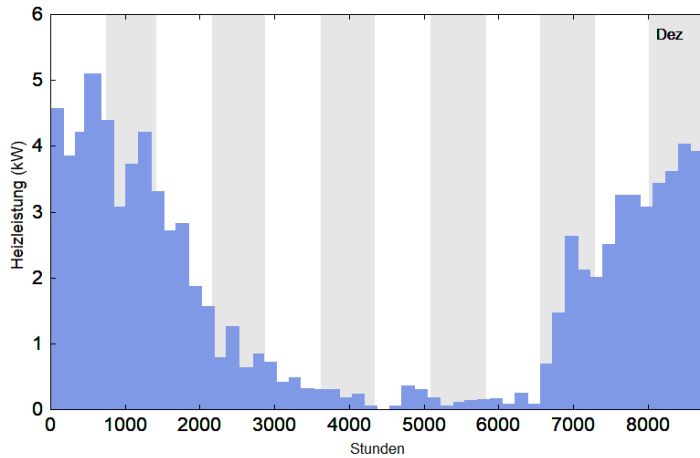
Auslegung Netz & Erzeugerpark



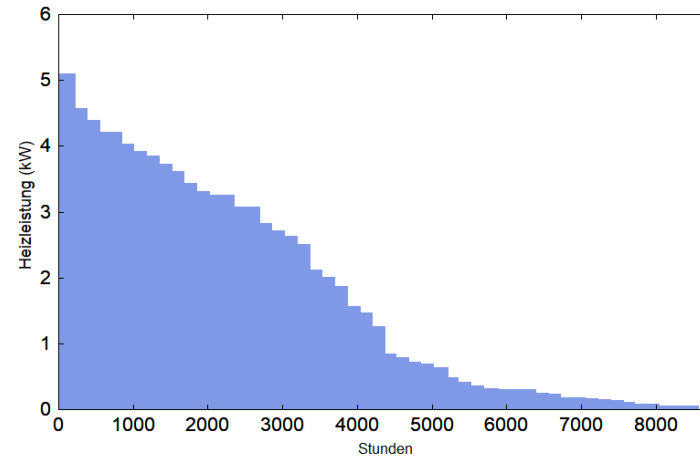
Endverbraucher – Startpunkt

Auslegung Netz & Erzeugerpark

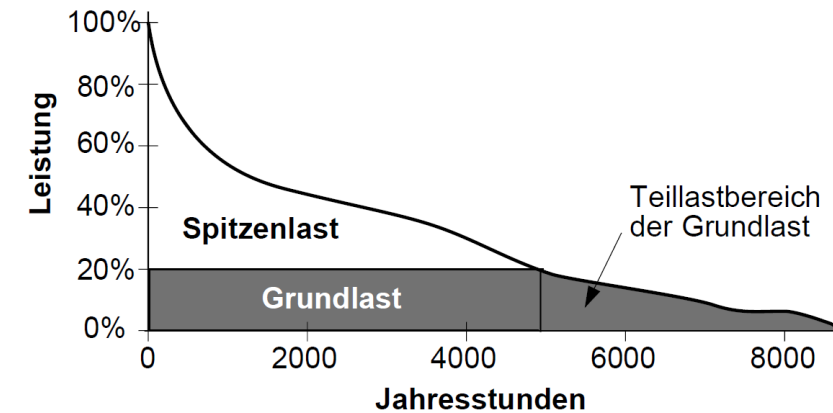
Stündlicher Wärmeverbrauch¹



Geordnete Jahresdauerlinie¹



Planung vom System²



1) RP-Energie-Lexikon <https://www.energie-lexikon.info/jahresdauerlinie.html>
2) Enargus https://enargus.de/pub/bscw.cgi/d5502-2/*/*/jahresdauerlinie

Verbraucherseite Übersicht

Nutzungsart¹



Baujahr¹



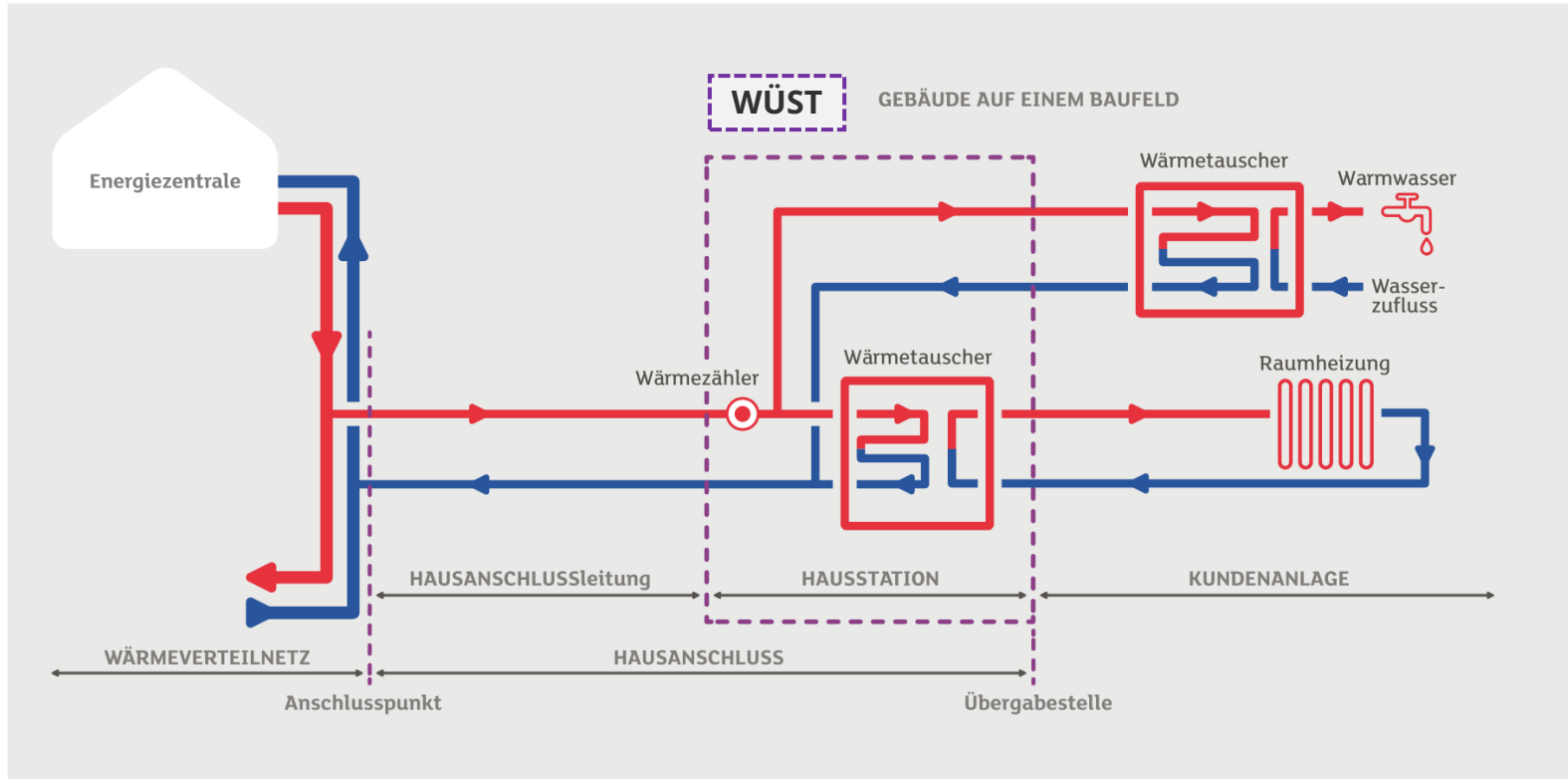
Sanierungsgrad²



1) Free vectors <https://all-free-download.com/free-vector/>
2) Shutterstock <https://www.shutterstock.com/image-illustration/>

Einbindungsmöglichkeiten

Einbindung der Verbraucher



Raumheizwärme

Direkte WÜST

Indirekte WÜST

Trinkwarmwasser

Speichersystem

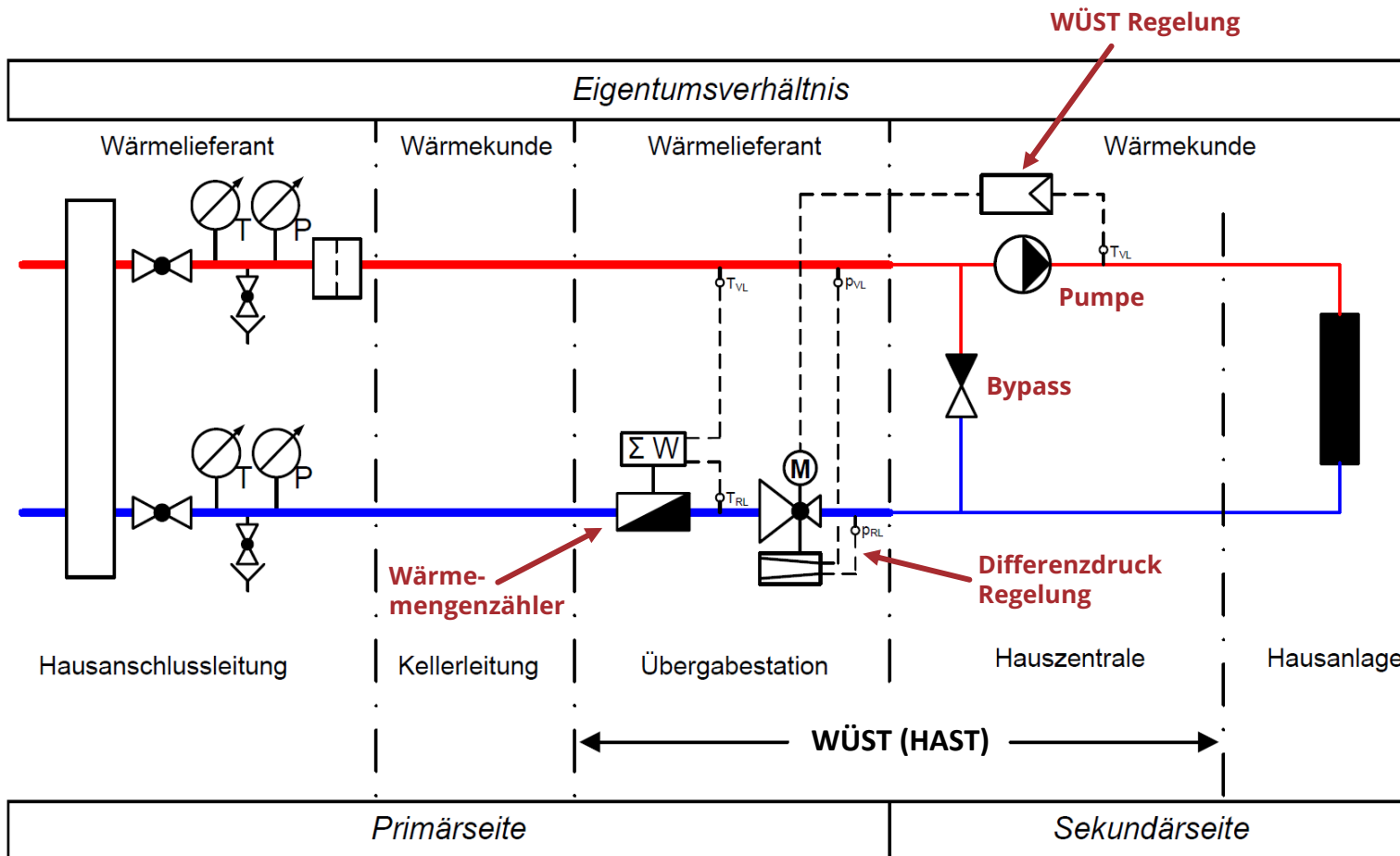
Speicherladesystem

Durchflusssystem

etc.

Einbindung der Verbraucher

Direkte Wärmeübergabestation (WÜST)

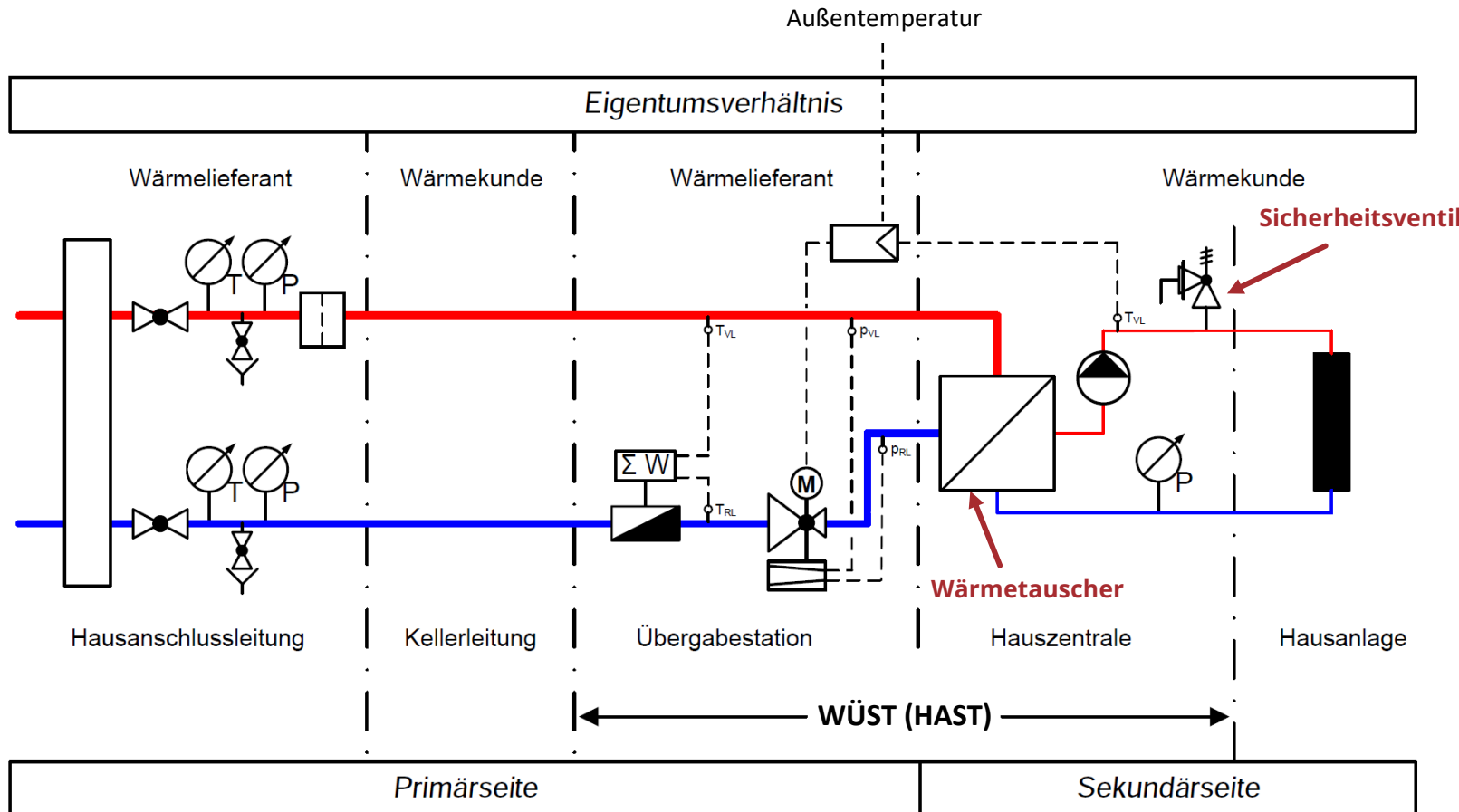


Direkter Anschluss

- Einfluss der Hausanlage auf die Wasserqualität
- Druckhaltung auf Netzseite
- Druckminderung meist notwendig
- Rücklaufbeimischung

Einbindung der Verbraucher

Indirekte Wärmeübergabestation (WÜST)

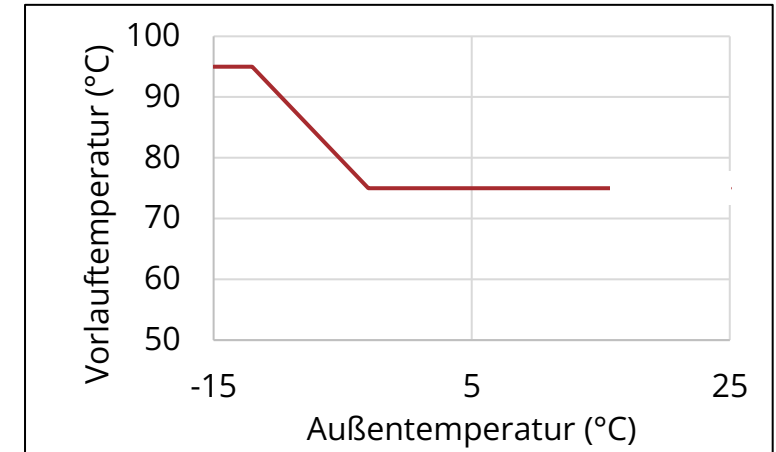
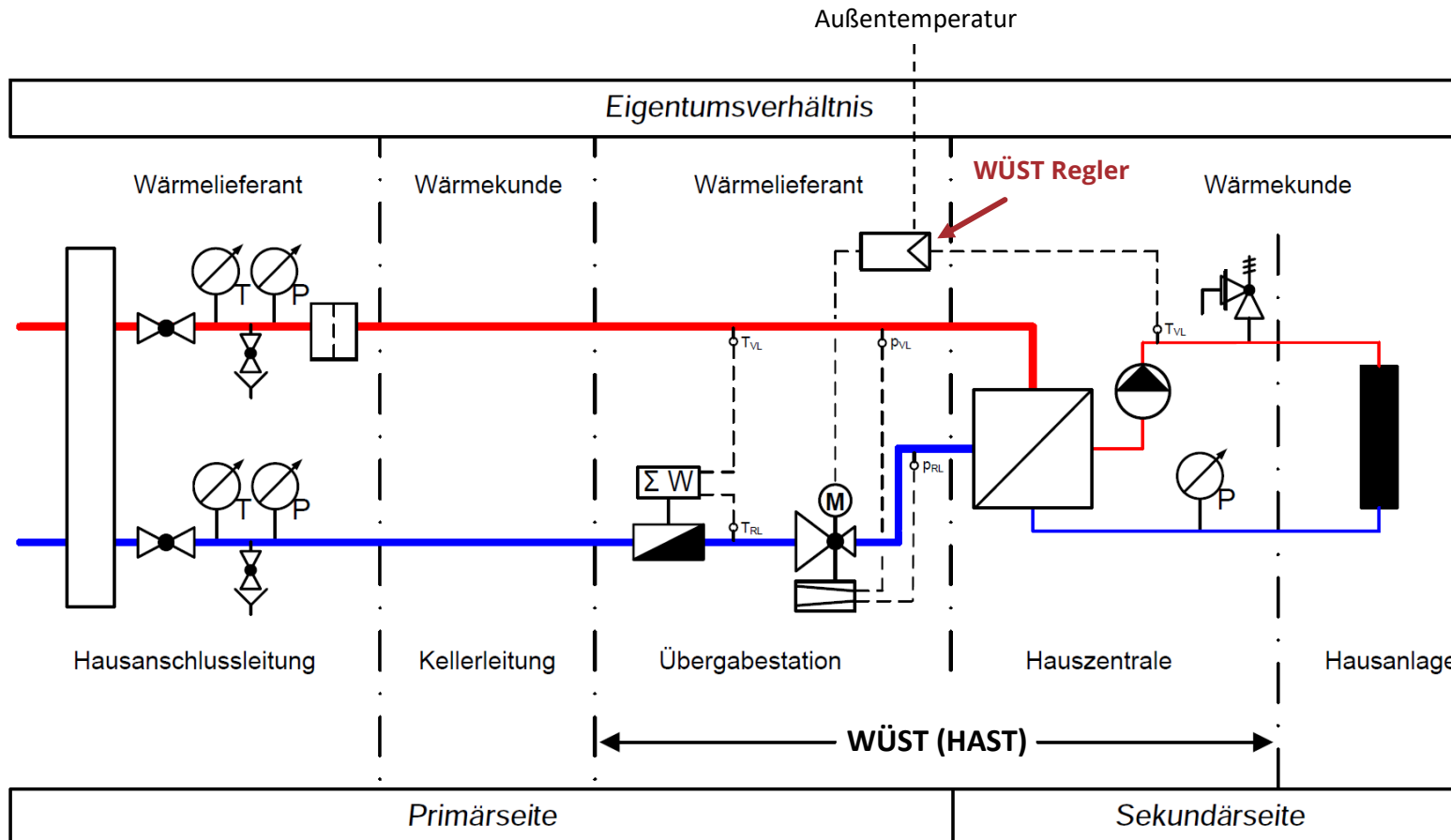


Indirekter Anschluss

- Zwei Heizkreise
- Unabhängiges Druckniveau im Gebäude
- Pumpe und Druckausgleich auf Gebäudeseite notwendig
- Unabhängige Wasserqualität

Einbindung der Verbraucher

WÜST Regelung



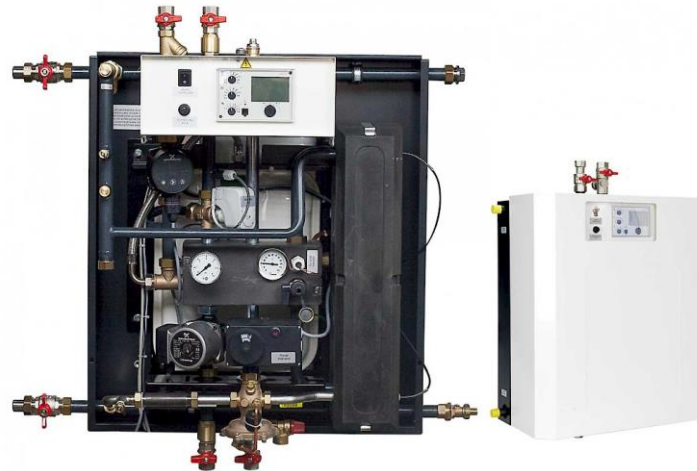
- Vorlauftemperatur abhängig von der Außentemperatur – Außentemperatur Kennlinie
- Kennlinie in Regler parametrierbar
- Anpassung der Vorlauftemperatur durch Ventilstellung

Einbindung der Verbraucher

Regler an Wärmeübergabestation¹



Kompaktstation²



Modulare / individuelle Station³

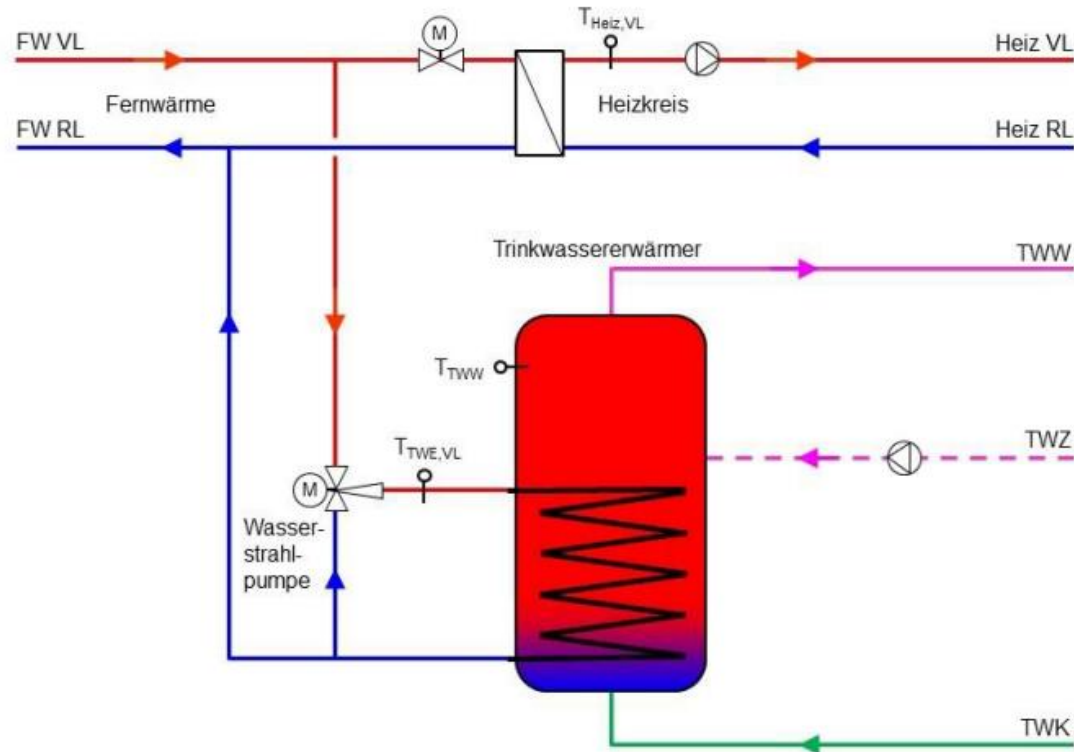


Datenerfassung in Leitsystem/-warte¹

Trinkwarmwasserbereitung

Trinkwarmwasserbereitung

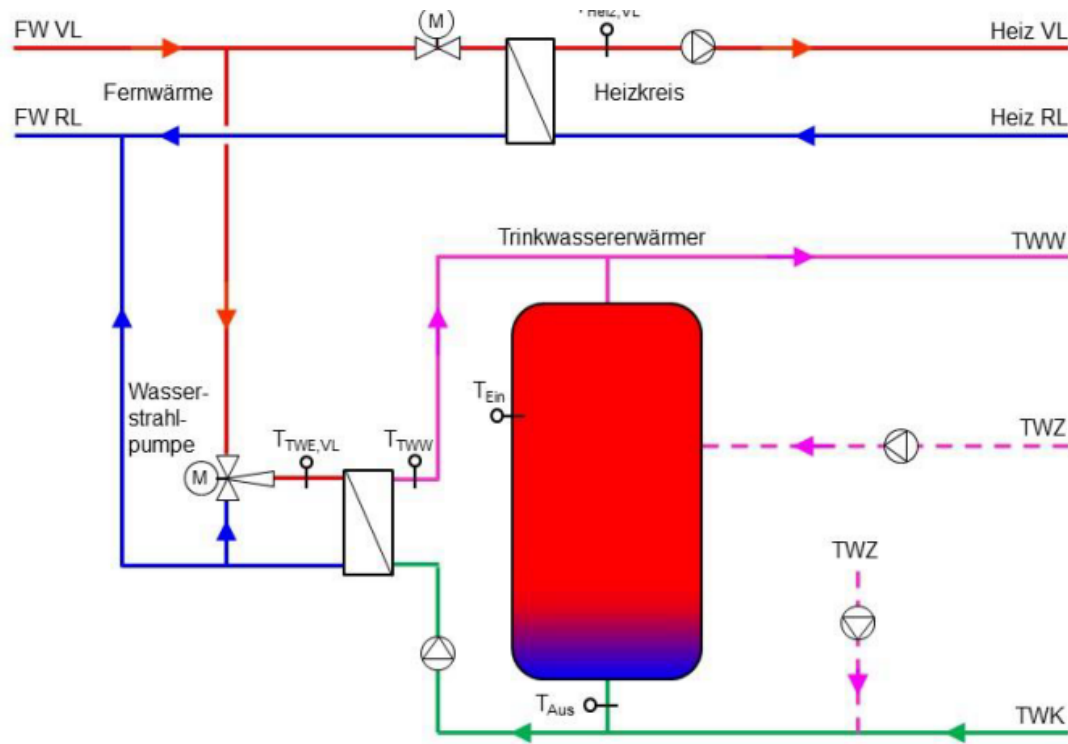
Speichersystem



- Trinkwarmwasser wird in einem Speicher bevorratet
- Wärmeübertragung mittels freier Konvektion über internen Rohrbündelwärmeübertrager
- Kostengünstig, robust und geringe regelungstechnische Anforderungen
- Geringe Auskühlung des Heizwassers während der Speicherbeladung resultiert sich in höherer Netzzurücklauftemperatur
- Die Zirkulation ist im oberen Drittel des Trinkwasserspeichers eingebunden

Trinkwarmwasserbereitung

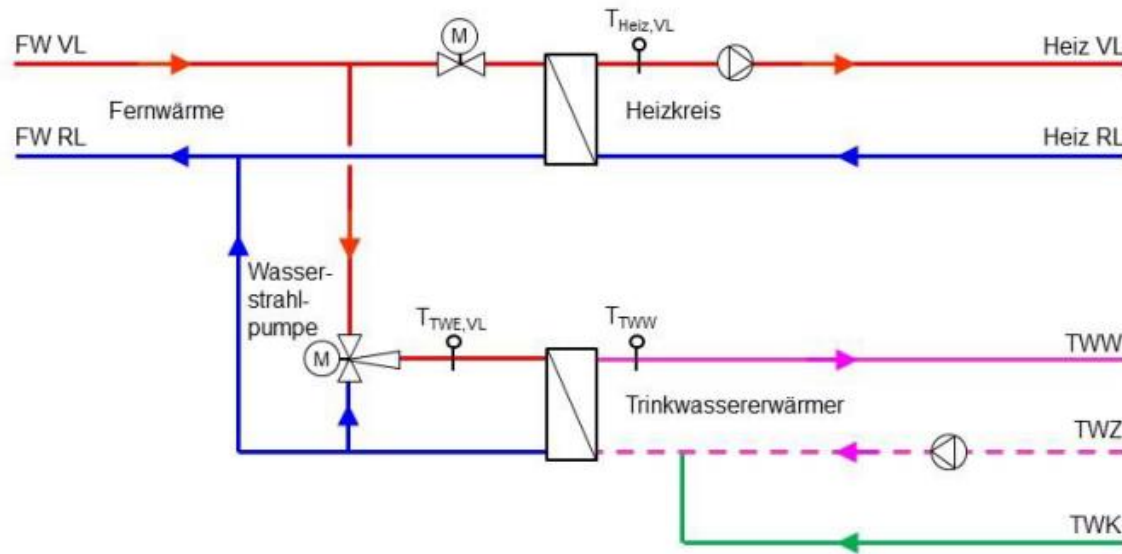
Speicherladesystem



- Trinkwarmwasser wird ebenfalls in einem Speicher bevorratet
- Wärmeübertragung mittels externen Plattenwärmeübertrager
- Regelung erfolgt über Ein- und Austrittstemperatur am im Speicher
- Je kleiner das Speichervolumen, desto größer die Anschlussleistung des Plattenwärmeübertragers
- Gute Auskühlung des Heizwassers durch den externen Plattenwärmeübertrager – niedrige Netzurücklauftemperatur
- Die Zirkulation ist im oberen Drittel des Trinkwasserspeichers und im Rücklauf eingebunden

Trinkwarmwasserbereitung

Durchfluss- bzw. Frischwassersystem



- Keine Bevorratung von Trinkwarmwasser
- Erwärmung erfolgt während Entnahme mit Plattenwärmeübertrager im Durchfluss
- Gute Auskühlung des Heizwassers durch den Plattenwärmeübertrager – niedrige Netzurücklauftemperatur
- Zirkulation mit dem Kaltwasser zusammengeführt
- Deutlich höhere Anschlussleistung als bei Speichersystemen, da gesamte Wärmeleistung für Spitzenvolumenstrom erforderlich
- Schwankende Warmwasseraustrittstemperatur bei extremen Lastwechseln

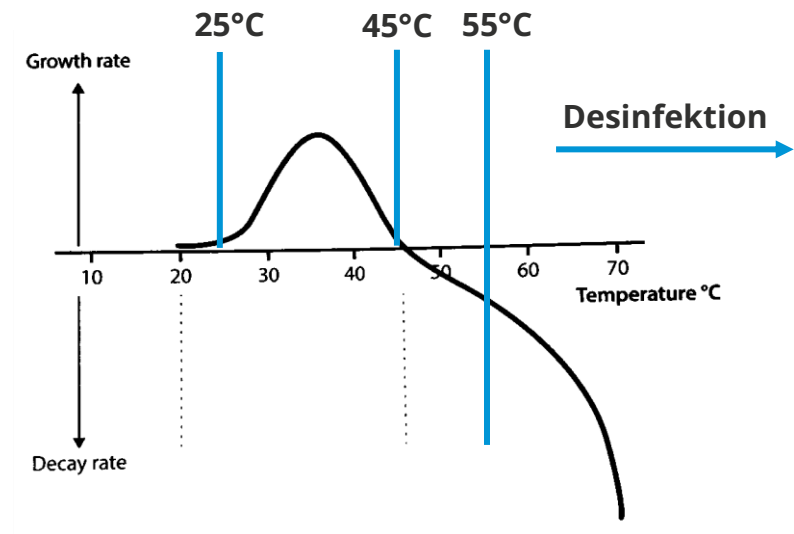
Trinkwarmwasser-Hygiene

Legionellen-Problematik

- Legionellen und Bakterien sind natürliche Bestandteile der Mikroflora aller Süßwasser
- Übertragung der Krankheitserreger über das Trinkwarmwasser
- Mögliche Krankheitsformen durch Legionellen:
 - Poptiac-Fieber
 - Legionärskrankheit
- Hervorragende Bedingungen für die Vermehrung von Legionellen sind Wassertemperaturen im Bereich von 25°C bis 45°C in Kombination mit stagnierendem Wasser
- Maßnahmen zum Schutz
 - **Einhaltung des höheren Temperaturniveaus > 50°C bzw. 60°C** (DVGW-Arbeitsblatt W551 / DIN 1988)
 - **Vermeidung der Stagnation vom Trinkwarmwasser** (DVGW-Arbeitsblatt W551 / DIN 1988 / DIN 4708)



Legionella-Pneumophila¹



Legionellen Wachstums- / Zerfallrate²

Einfluss auf das Wärmenetz

Netztemperaturen

Problematik der zu hohen Temperaturen

Vorlauftemperatur

- Hygienische Anforderungen sowie Heizungsanlagenarten im Gebäude erfordern bestimmte Vorlauftemperaturen
- Hohe Vorlauftemperaturen:
 - Verhindern Integration von erneuerbaren Energien
 - Vermindern die Effizienz der erneuerbaren Erzeugertypen
 - Erhöhen Wärmeverluste

Rücklauftemperatur

- Die Rücklauftemperaturen werden auf der Verbraucherseite geprägt
- Hohe Rücklauftemperaturen:
 - Vermindern die Effizienz mancher Erzeugertypen
 - Erhöhen den Strombedarf für die Netzpumpen
 - Reduzieren die Übertragungskapazität des Wärmenetzes

**Senkung der
Netztemperaturen**

**Energetische
Sanierung**

Beispiele der Ursachen:

- Unterdimensionierung von Übertragungsflächen
- Falsche Parametrierung der Regelungstechnik
- Fehlerhafte Bauteile (Ventilantrieb)
- Schlechte hydraulische Schaltungen/Bauteile

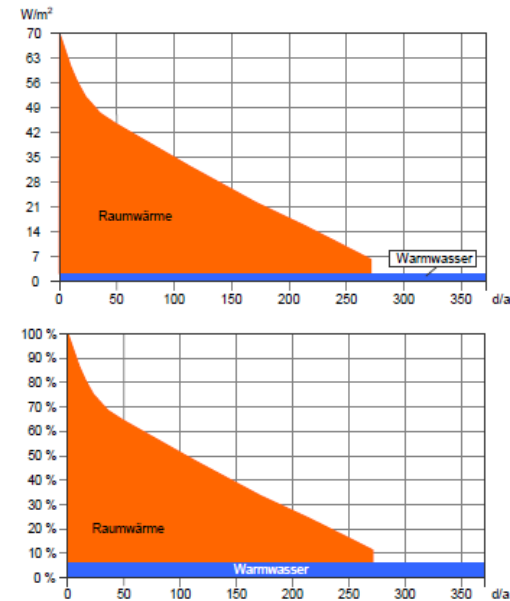
**Optimierung der
WÜST Regelung**

**Kaskadenschaltung
im Wärmenetz**

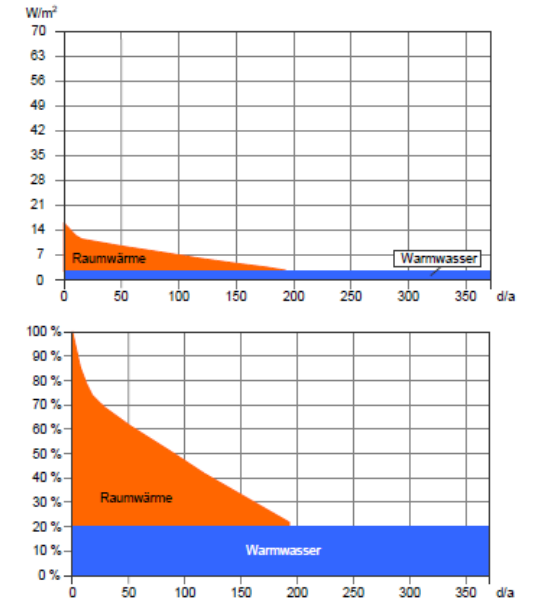
Wärmeerzeugungprofil

- Endverbrauch definiert Erzeugungsprofil im Wärmenetz
- Schlechtgedämmte Gebäude führen zur Erhöhung der Wärmeverluste und einem höheren Wärmeverbrauch
- Schlechte hydraulische Schaltungen/Bauteile können ebenfalls zur erhöhten Wärmeabnahme führen
- Falsche Parametrierung der Regelung kann zu unnötigen Spitzen führen
- Erhöhung vom Trinkwarmwasseranteil in Neubauten sorgt für größere Lastgradienten
- Wärmeabnahme wird abhängiger vom Nutzerverhalten, daher schwerer prognostizierbar

Wohngebäude 1970



Wohngebäude 2020



**Demand Side
Management**

**Optimierung der
WÜST Regelung**

**Vermeidung von
Lastspitzen**

Integration von Erneuerbaren Energien

Anforderungen & Herausforderungen

Erneuerbare Energien

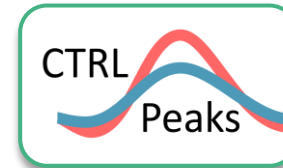
Niedriges Temperaturniveau

Hohe Volatilität

Abhängigkeit vom Stromsektor

Spitzenlastbereitstellung und Vorhaltung der Redundanzen sehr unwirtschaftlich

**Senkung der
Netztemperaturen**
Energetische Sanierung
**Optimierung der
WÜST Regelung**
**Demand Side
Management**
**Vermeidung und
Glättung von Lastspitzen**



Gebäude

Abhängigkeit von Heizungsanlagen im Gebäude sowie Gebäudezustand

Abhängigkeit von der Außentemperatur

Abhängigkeit vom Nutzerverhalten

Keine standardisierte Parametrierung der WÜST Regelung

Gewährleistung der Versorgungssicherheit

Teil II: Forschungsvorhaben

Smart Pro Heat (SPHT)

Smart Pro Heat

Eckdaten

- Laufzeit: September 2018 – Dezember 2021
- Konsortium:
 - Aalto Universität
 - Assoziierter Partner Hamburg Energie GmbH
 - Fourdeg Ltd
 - Caverion Ltd
 - Halton Ltd
- Gefördert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
- Themenschwerpunkte:
 - Ansätze zur Integration intelligenter Gebäude in den Wärmenetzbetrieb
 - Herausarbeiten des netzdienlichen Potenzials intelligenter Wärmeabnehmer
 - Untersuchen der Herausforderungen einer technischen Umsetzung in einem Bestandgebäude

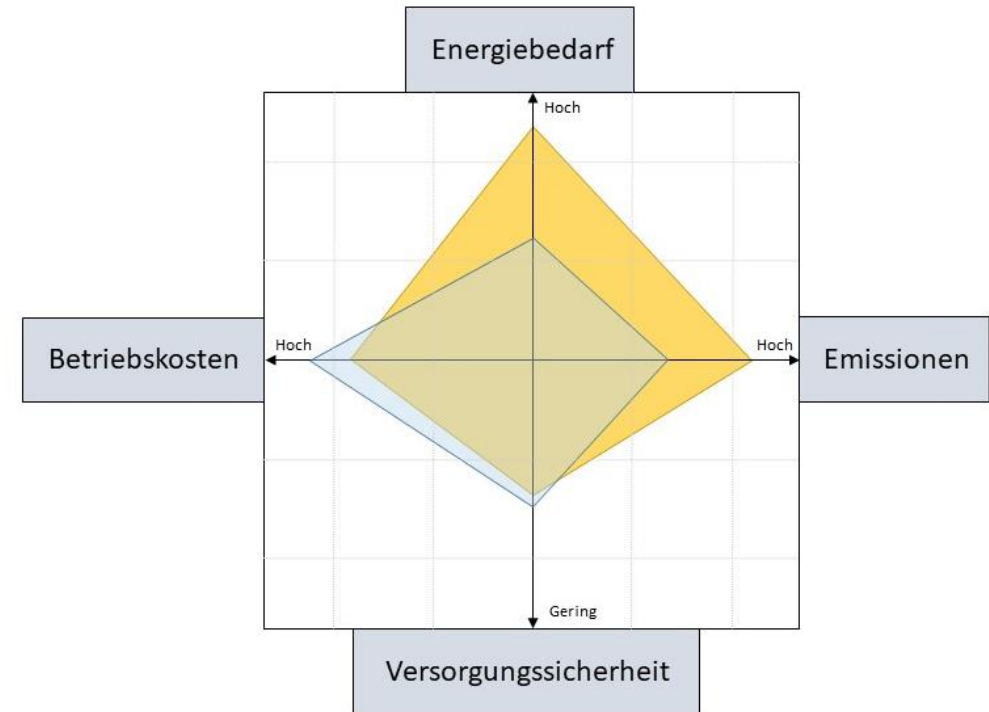
Fragestellung

Demand Side Management

Wie können Gebäude als netzdienliche Verbraucher agieren?

Optimierung der Bereiche:

- Emissionen
- Energiebedarf
- Versorgungssicherheit
- Betriebs-/Systemkosten



Grafische Darstellung der Netzdienlichkeit verschiedener Systeme

Testobjekt: Bürgerhaus Wilhelmsburg

Eckdaten

- Eröffnet 1985
- Von gemeinnütziger Stiftung betrieben
- Restaurant / Catering
- Konzerte, Festivals, Lesungen, Seminare



Source (left): <http://www.fotocommunity.de/photo/buergerhaus-wilhelmsburg-holger-x/27716949>

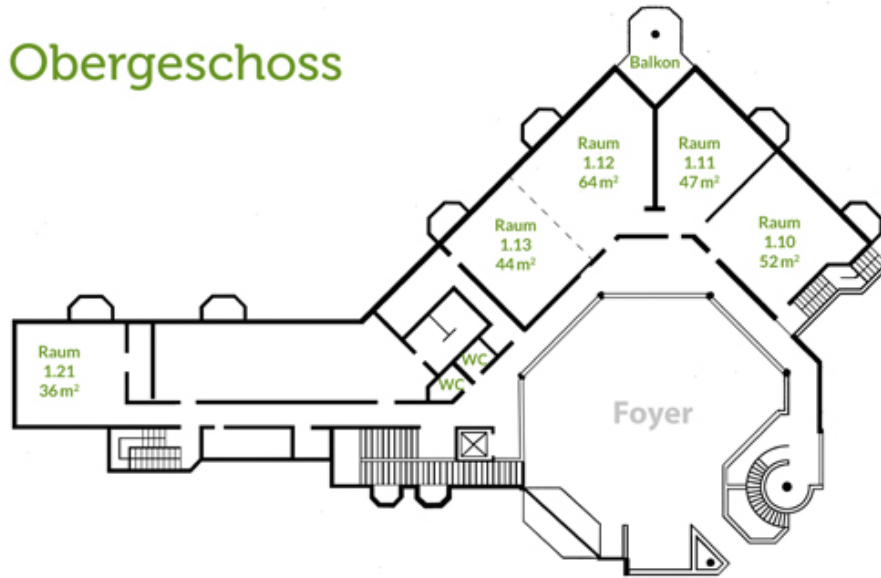
Source (right): <http://www.harburg-aktuell.de/news/polizei-und-feuerwehr/14490-wilhelmsburg-konzertbesucher-randalieren-im-buergerhaus.html>



Testobjekt: Bürgerhaus Wilhelmsburg

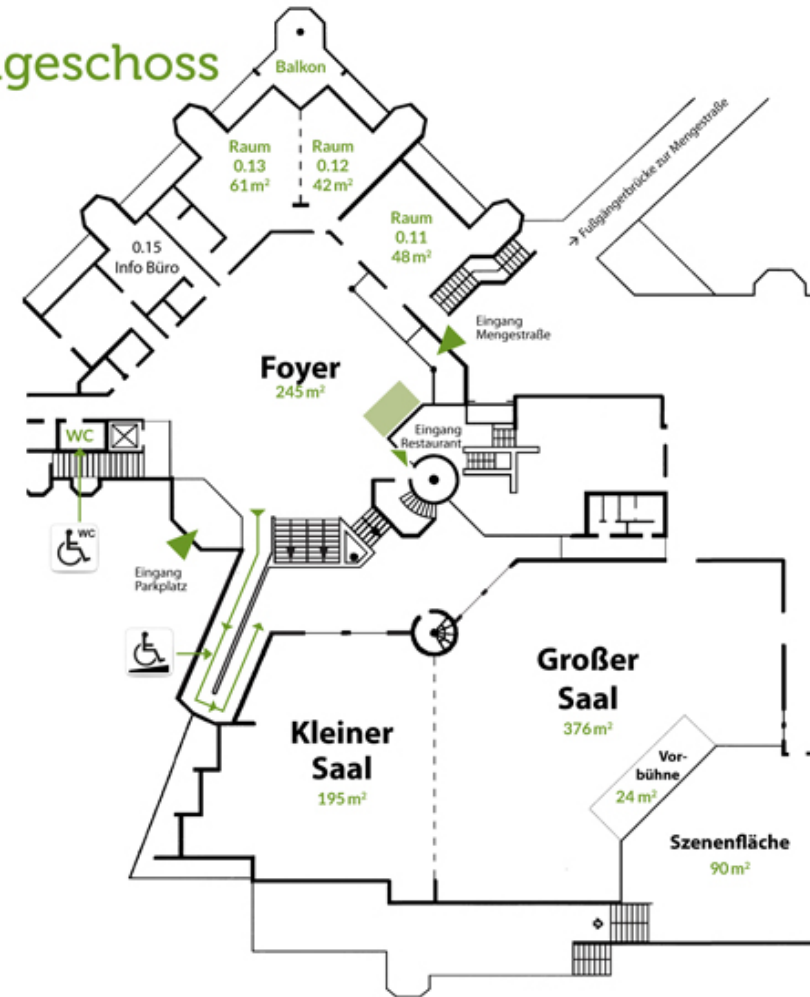
Architektur

Obergeschoss



- mobile Trennwand
- Fahrrad
- Treppenhäuser
- Gastronomie-Tresen

Erdgeschoss



Umbauarbeiten im Bürgerhaus Wilhelmsburg

- Wärmedämmung des Gebäudes wurde verbessert
- Räume wurden ausgestattet mit:
 - Elektronische Thermostate (Fourdeg)
 - Messgerät für Raumtemperatur, Feuchtigkeit und CO2
- Heizungssystem wurde erneuert:
 - 2000L Wärmespeicher
 - Neue Pumpen
 - Optimierte WÜST-Regelung
- Erweiterung der Sensortechnik im Heizungssystem
- SPS überträgt innerhalb Projektlaufzeit alle im System vorhandenen Daten an eine Datenbank der HAW



Umbauarbeiten im Bürgerhaus Wilhelmsburg

- Wärmedämmung des Gebäudes wurde verbessert
- Räume wurden ausgestattet mit:
 - Elektronische Thermostate (Fourdeg)
 - Messgerät für Raumtemperatur, Feuchtigkeit und CO2
- Heizungssystem wurde erneuert:
 - 2000L Wärmespeicher
 - Neue Pumpen
 - Optimierte WÜST-Regelung
- Erweiterung der Sensortechnik im Heizungssystem
- SPS überträgt innerhalb Projektlaufzeit alle im System vorhandenen Daten an eine Datenbank der HAW

- Bürgerhaus Wilhelmsburg

- + HK5 Restaurant
- HK4 Nord
- OG 1
 - + 1.21 Seminarraum
 - + 1.18 Tanzraum
 - 1.17 Büro
 - 1.17 rechts: 9884E3312F0F
 - 1.17 links: 9884E3312CE6
 - + 1.11 Seminarraum
 - + 1.10 Seminarraum
 - + 1.12/1.13 Funktionsräume



1.17 rechts (s/n: 9884E3312F0F) Export 🗑️ ✕

Temp	Target	Battery	Valve	RSSI	Last contact
22.5°	21.0°	100.0 %	6 %	-60 dBm	2019-09-13 15:01:26



Umbauarbeiten im Bürgerhaus Wilhelmsburg

- Wärmedämmung des Gebäudes wurde verbessert
- Räume wurden ausgestattet mit:
 - Elektronische Thermostate (Fourdeg)
 - Messgerät für Raumtemperatur, Feuchtigkeit und CO2
- Heizungssystem wurde erneuert:
 - 2000L Wärmespeicher
 - Neue Pumpen
 - Optimierte WÜST-Regelung
- Erweiterung der Sensortechnik im Heizungssystem
- SPS überträgt innerhalb Projektlaufzeit alle im System vorhandenen Daten an eine Datenbank der HAW



Umbauarbeiten im Bürgerhaus Wilhelmsburg

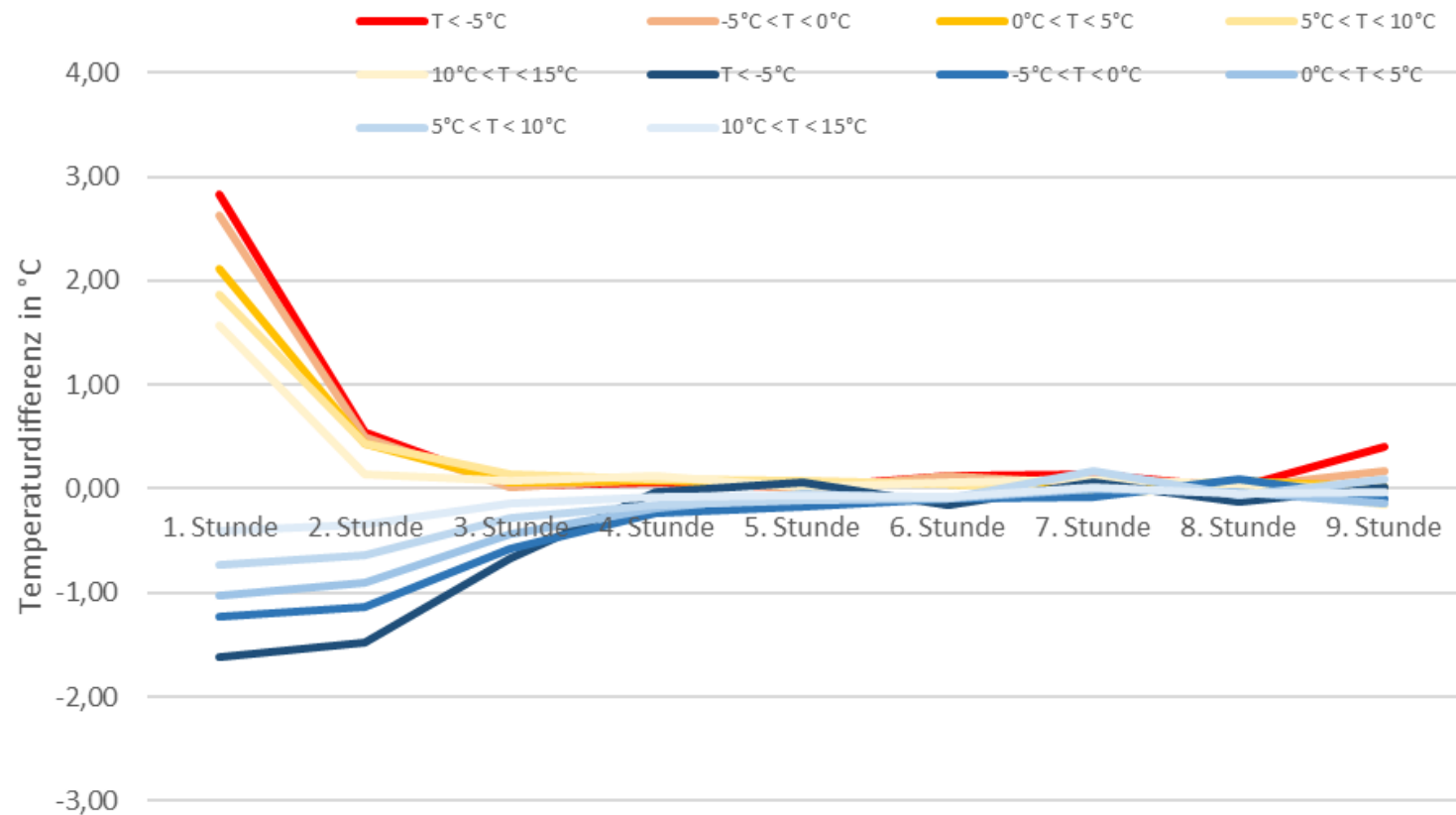
- Wärmedämmung des Gebäudes wurde verbessert
 - Räume wurden ausgestattet mit:
 - Elektronische Thermostate (Fourdeg)
 - Messgerät für Raumtemperatur, Feuchtigkeit und CO2
 - Heizungssystem wurde erneuert:
 - 2000L Wärmespeicher
 - Neue Pumpen
 - Optimierte WÜST-Regelung
 - Erweiterung der Sensortechnik im Heizungssystem
- SPS überträgt innerhalb Projektlaufzeit alle im System vorhandenen Daten an eine Datenbank der HAW



Untersuchungen

Ermittlungen des Flexibilitätpotentials

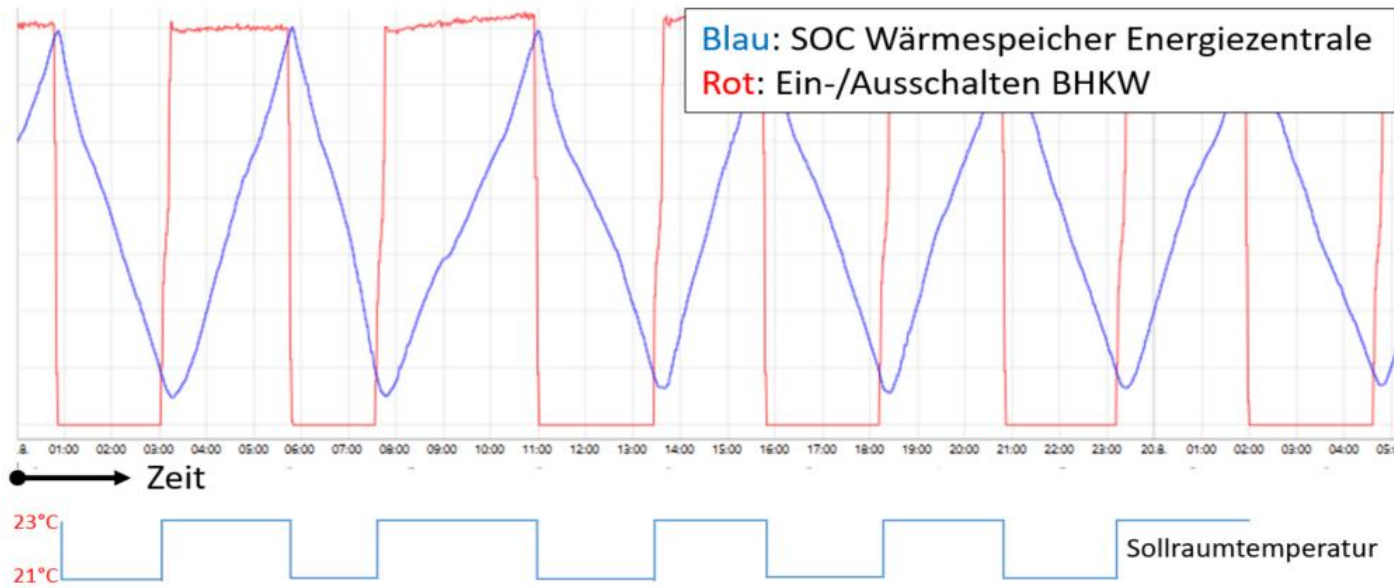
- Ansprechverhalten der Thermostate
- Heiz- und Abkühlzeiten der einzelnen Räume
- Akzeptabler Temperaturbereich / thermische Behaglichkeit



Untersuchungen

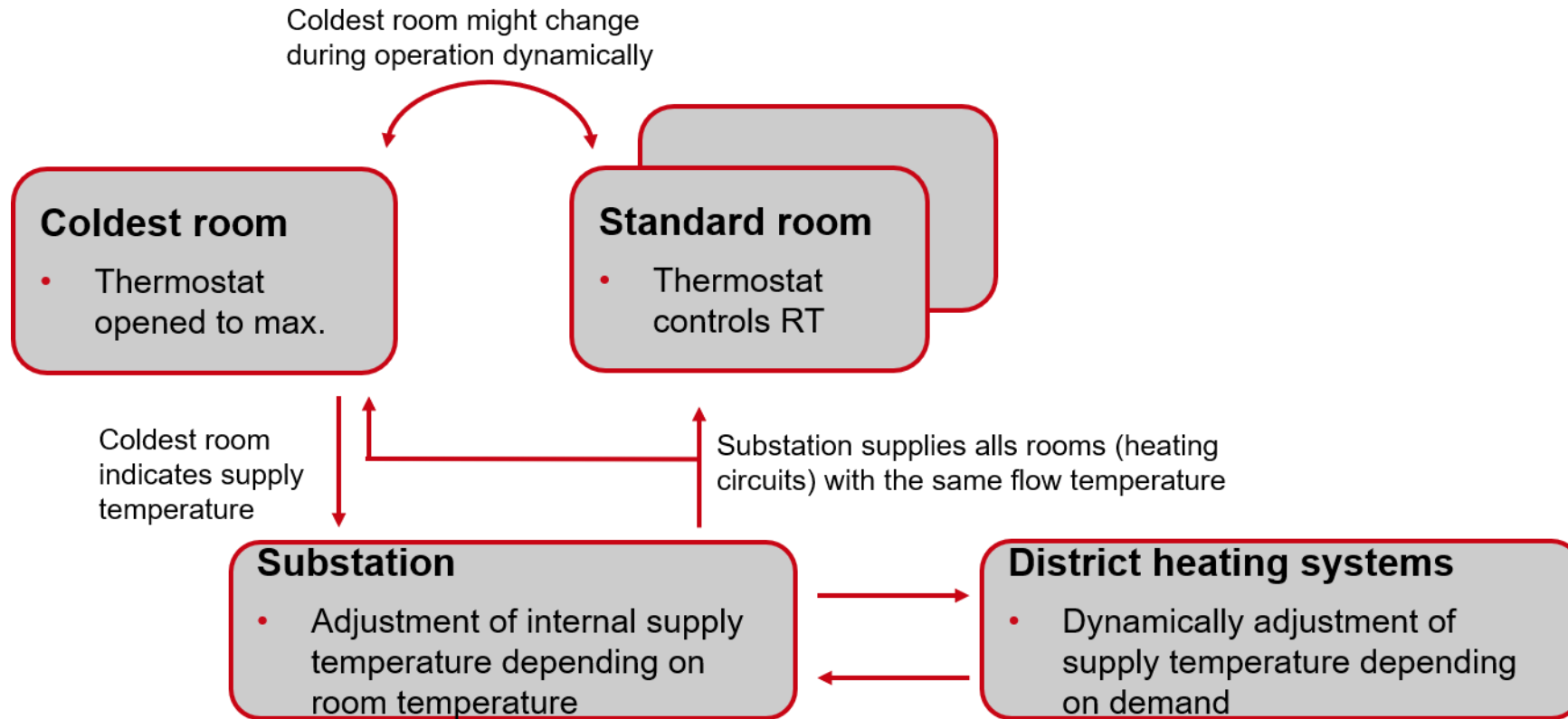
Virtuelle Wärmespeichererweiterung

- Wärmespeicher des Bürgerhauses wird parallel zu dem SOC des Speichers in Energiezentrale be- und entladen



Untersuchungen

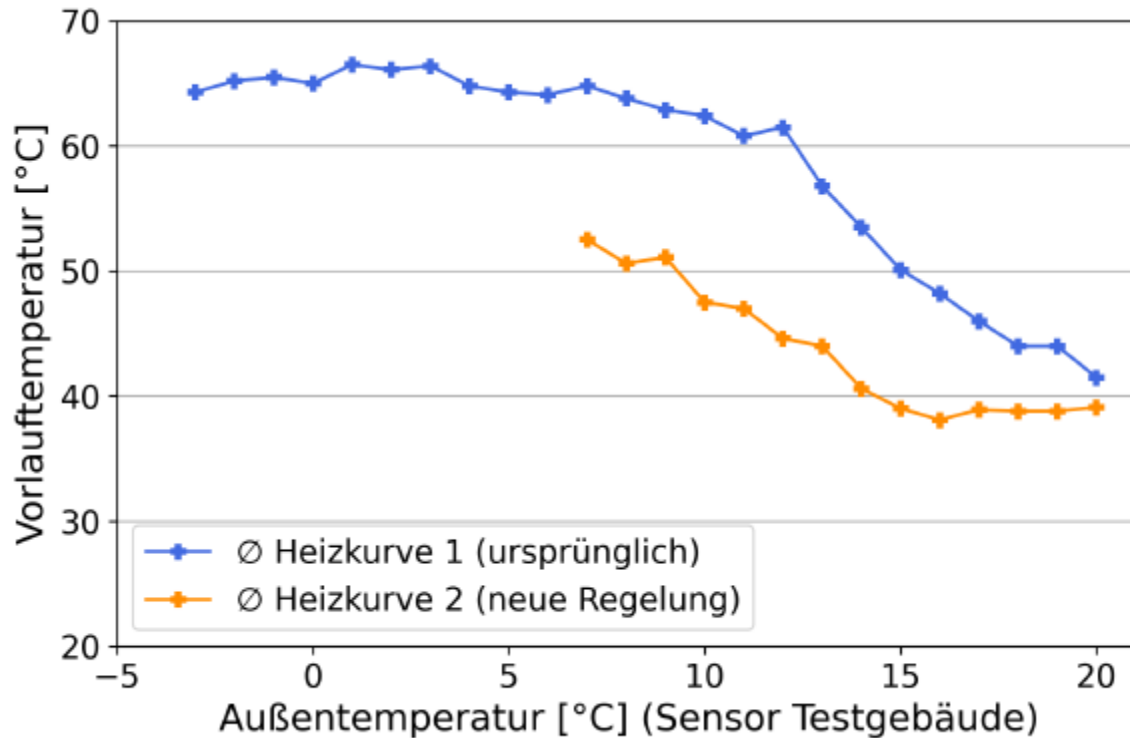
Vorlauftemperaturabsenkung



Quelle: Heeb, Alice: Smart Pro HeaT: Entwurf und Umsetzung einer bedarfsgeführten Regelung zur Optimierung der Vorlauftemperatur. Bachelorarbeit. 2021. HAW Hamburg.

Untersuchungen

Vorlauftemperaturabsenkung



Ca. **10K Temperatursenkung** sind möglich, nur durch eine Anpassung des Heizverhaltens!

Nur wenige Heizkörper Ventile sind weit geöffnet. Könnte in den Räumen je ein Heizkörper hinzugefügt werden, könnte die Vorlauftemperatur noch weiter gesenkt werden.

Tabelle 6.3: Durchschnittliche Solltemperaturen und Ventilöffnungsgrade der Räume im Heizkreis Nord während der finalen Testphase

0.11	0.12	0.13	0.15	0.18	0.21	0.32	1.10	1.11	1.12	1.13	1.18	1.21
21,4 °C	23,4 °C	15,7 °C	20,3 °C	22,0 °C	18,1 °C	20,2 °C	22,0 °C	22,0 °C	21,9 °C	17,8 °C	20,5 °C	21,7 °C
74,0 %	78,6 %	1,4 %	11,6 %	13,1 %	4,6 %	18,0 %	16,1 %	15,7 %	25,4 %	7,7 %	11,9 %	24,7 %

Fazit Smart Pro Heat

- Flexibilität der Gebäudemasse hat großes Potential
- Zum Projektende jedoch keine Plug-and-Play Komplettlösung verfügbar
- Erhöhter Bedarf für Installation und Auslegung
 - Gebäudeintegration 2021 möglich, aber nicht wirtschaftlich
- Funktionierende Gebäudetechnik steigert Flexibilitätspotential (erforderliche Randbedingung)
- Fehlende Standards für Kommunikation von Gebäudetechnik sind Kostentreiber, herstellerübergreifende Lösungen werden benötigt
- Geschlossene Hersteller-Plattformen erschweren Umsetzung → Open Source Lösungen ermöglichen
- Raumthermostate mit Kommunikationsschnittstelle sinnvoll, um sie als Referenz für den Wärmebedarf nutzen zu können
- Raumtemperaturabhängige Vorlauftemperaturen bieten hohes Potential Vorlauftemperaturanforderungen zu senken
 - Anreizsysteme für bedarfsgerechte Vorlauftemperaturen schaffen

CTRL-Peaks



Alle Vorträge finden
Sie hier!

CTRL-Peaks

Projektübersicht



Ziel ist die **Spitzenlastreduktion** im Fernwärmesystem Hamburg durch Anpassung der kundenseitigen Regelung. Dazu sollen optimierte Wärmeabnehmer sowohl im **Feldtest** als auch in **Simulationen** getestet werden.



Forschungskooperation mit den **Hamburger Energiewerken** als Betreiber des Hamburger Großwärmenetzes. Das Unternehmen ist aus der Fusionierung von Wärme Hamburg und Hamburg Energie Anfang 2022 hervorgegangen.



Das Team: Hans Schäfers (PL), Ina Herrmann (PL), Fabian Bischke, Moritz Verbeck, Valerian Pagel

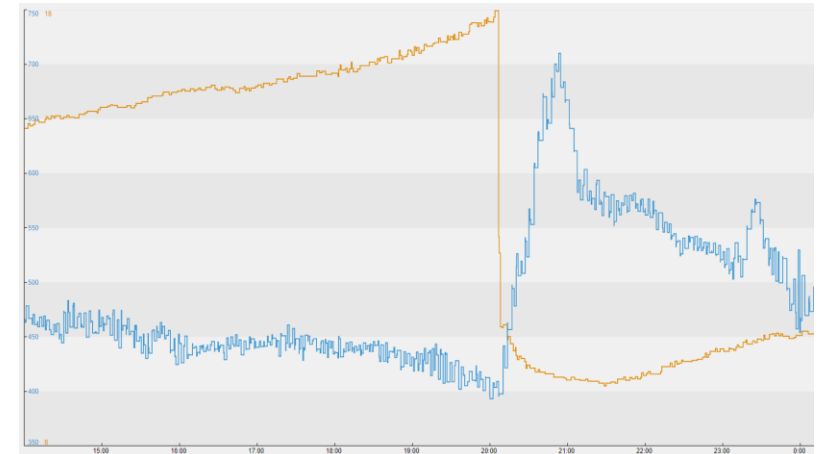


Laufzeit: 1.4.2022 – 30.6.2026

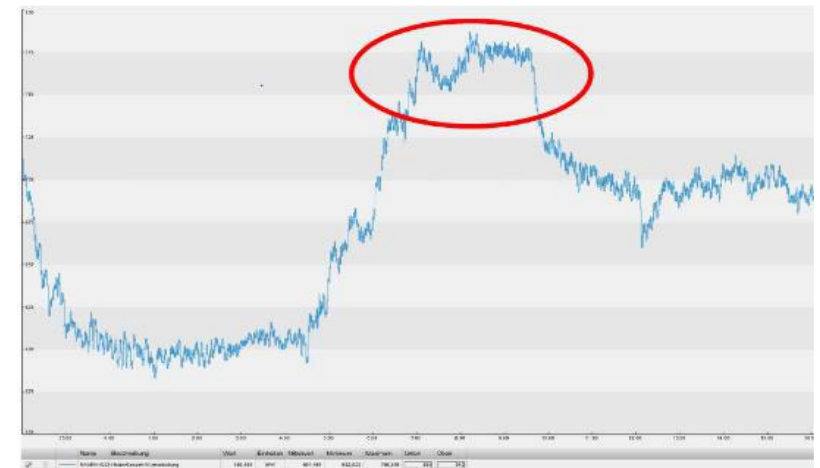
CTRL-Peaks

Motivation: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung

- **Hamburger Klimaschutzgesetz: In 2030 deckt Fernwärme 35% des gesamten Nutzwärmebedarfes (heute ca. 25%)**
 - Umbau der Erzeugung ist wesentlicher Baustein: Nutzung von erneuerbarer und klimaneutraler Wärme
 - Nachverdichtung im Bestand + Erschließung neuer Gebiete
 - **Problem für geplante Transformation: Kurzfristige Spitzenlastsituationen**
 - Spitzenlasten z.B. durch
 - kurzzeitige Temperatureinbrüche aufgrund von lokalen Wetterphänomenen (obere Abb.)
 - „Morgenspitze“ in kalten Wintermonaten (untere Abb.)
 - Folgen der Lastspitzenreduktion:
 - Reduktion der Bauaufwendungen zur Engpassvermeidung
 - Weniger Wärme muss vorgehalten werden: Reduktion Primärenergieeinsatz + Emissionen
- **Anpassung der kundenseitigen Regelung**
- Dezentraler Ansatz: Optimierer, Reglerneuentwicklung
 - Zentraler Ansatz: Zentrale Netz- und Kundensteuerung



Temperatureinbruch



Morgentliche Lastspitze

CTRL-Peaks

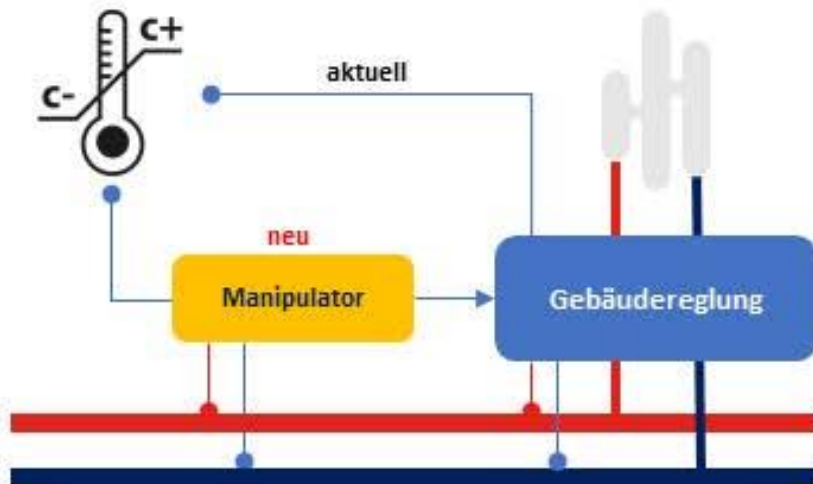
Umsetzung

Entwicklungsphase I:

Modifikation der Bestandsregler durch Manipulator

• **Technischer Ansatz:**

- Modifikation der Eingangssignale in Gebäuderegler



• **Ziel:**

- Steile Gradienten der Außentemperatur dämpfen

Entwicklungsphase II:

Entwicklung eines neuen Gebäudereglers

• **Technischer Ansatz:**

- Gesamtreglerentwicklung nach zukünftigen Anforderungen



• **Ziel:**

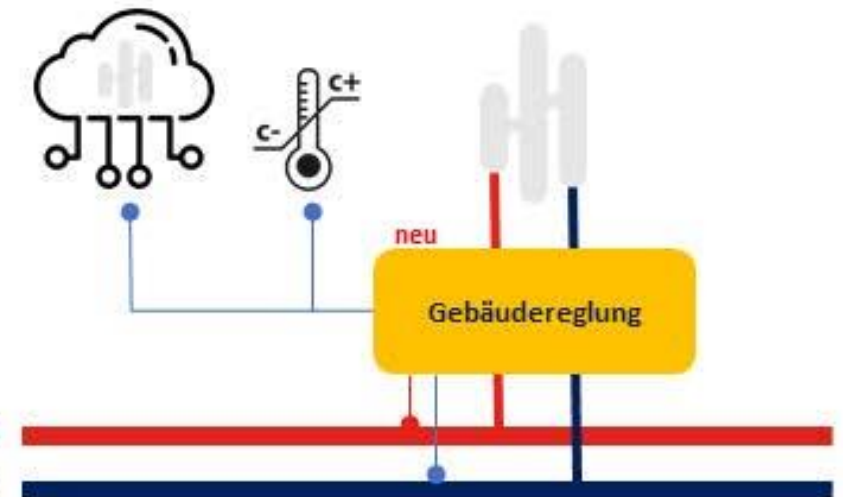
- Vermeidung / Glättung von Lastspitzen
- Effizienzsteigerung durch Absenkung der Rücklaufemperatur

Vision des zentraler Ansatzes:

Zentrale Spitzenlaststeuerung mit Hilfe von IKT

• **Technischer Ansatz:**

- Beeinflussung der Reglerparameter über Kommunikation mit zentraler Leitwarte

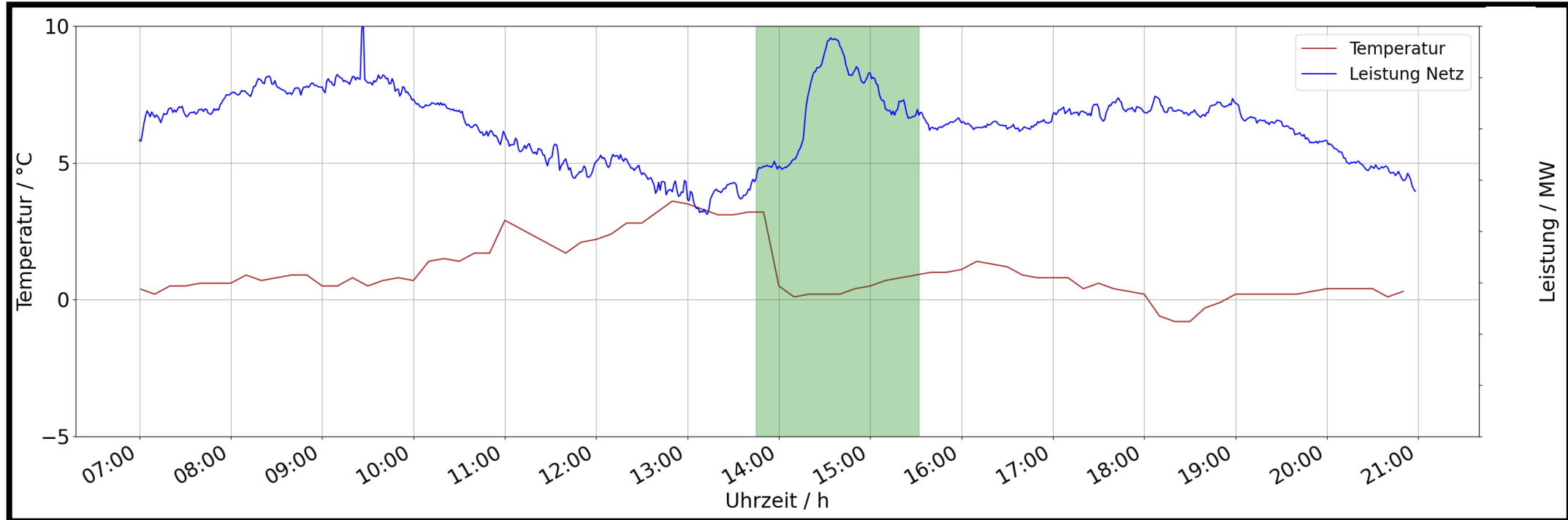


• **Ziel:**

- Vermeidung / Glättung von Lastspitzen
- Zentrale Reaktion auf Laständerungen über dynamische Netzbetriebssteuerung

CTRL-Peaks

Datenanalyse



CTRL-Peaks

Lösungsansatz

Optimierer:

1. **Detektion** von kritischen Wetterlagen / Zeiträumen mittels Sensoren, Einstellung unterschiedlicher Modi (z.B. „Normal“, „Gewitter“)
2. **Eingriff in Regelung:** Anpassen des Ausgangssignals (Außentemperatur an Heizungsregler), um netzdienliche Wärmeabnahme zu ermöglichen

CTRL-Peaks

Lösungsansatz

Eingangssignale

Außentemperatur

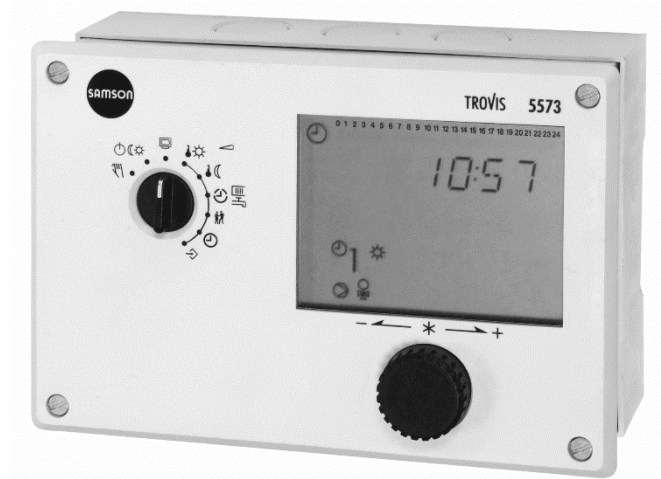
Vorlauftemperatur

Rücklauftemperatur

Raumtemperatur



Optimierung



Ausgangssignale

Ventilstellung

Pumpen EIN / AUS

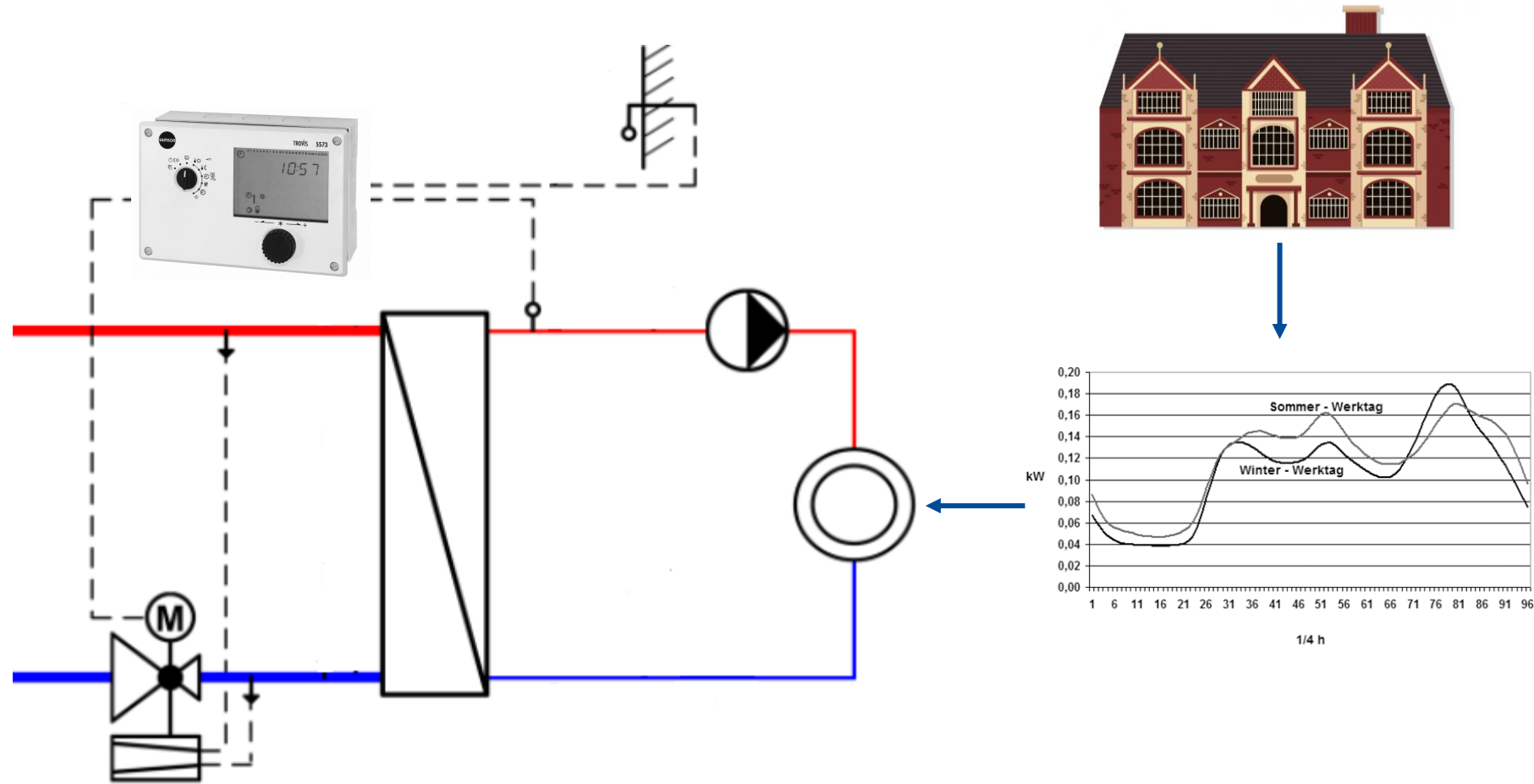
CTRL-Peaks

Teststand für Heizungsregler am CC4E



CTRL-Peaks

Heizungsregleranalyse

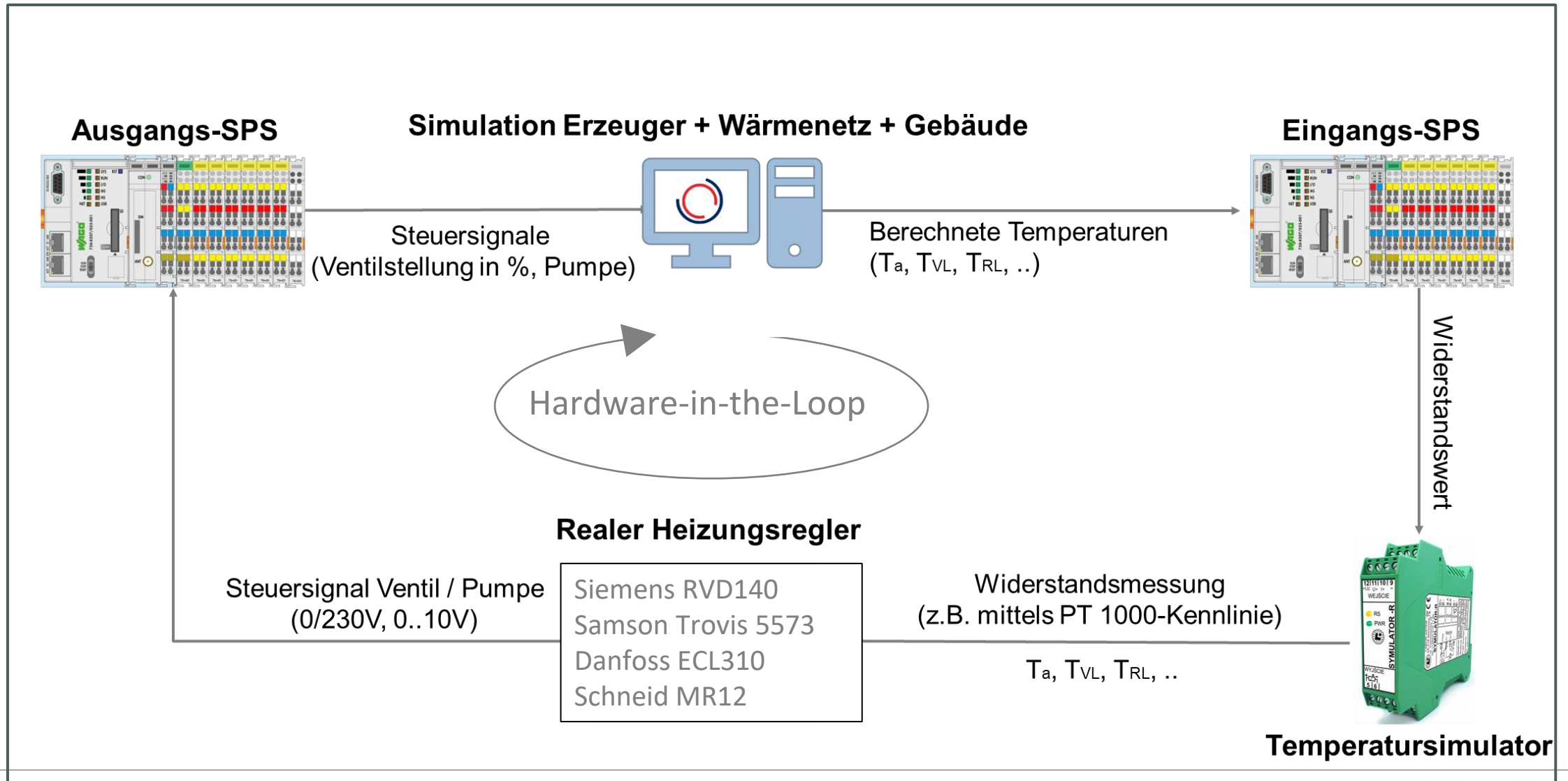


1) Planungshandbuch zur Auslegung von Fernwärme-Übergabestationen: https://www.verenum.ch/Dokumente/Leitfaden_FW-UGST_V1.0.pdf

2) Schellong, W.: Lastprofile und Lastmanagement

CTRL-Peaks

Teststand für Heizungsregler - Prinzip

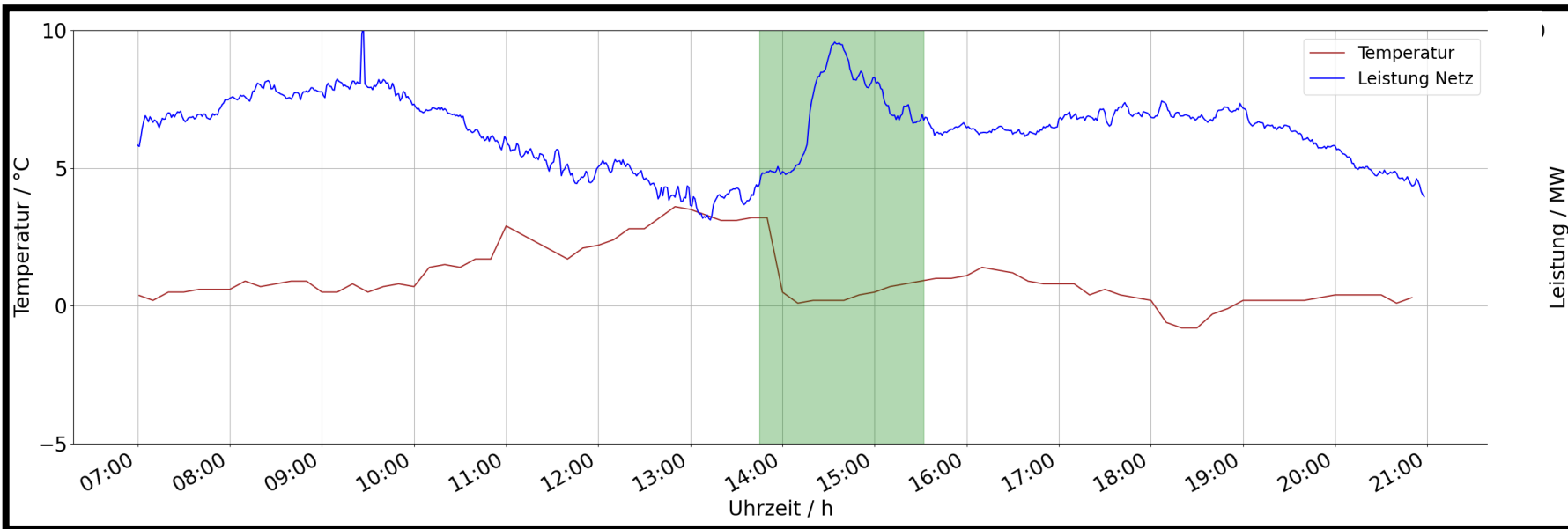
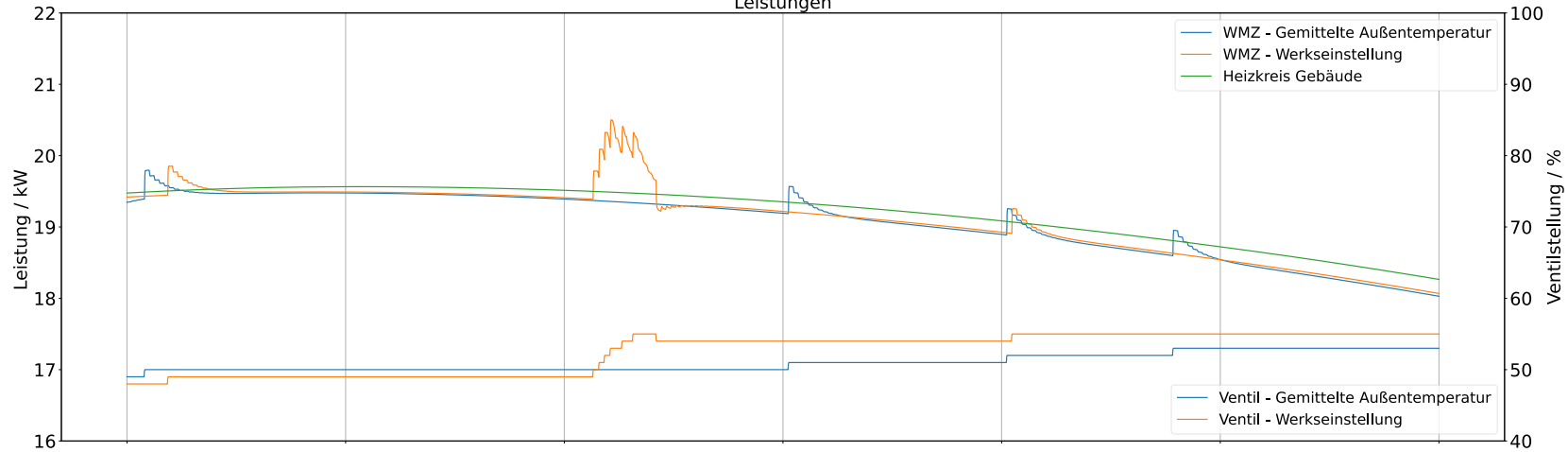


CTRL-Peaks

Heizungsregleranalyse

Verhalten Schneid MR12 bei Außentemperatursprung

Leistungen



CTRL-Peaks

Nächste Schritte

- Feldtests laufen und werden weiter fortgeführt
- Handlungsanweisung zur Optimierung der Reglerparameter werden zusätzlich entwickelt
- Übertragbarkeit der Entwicklung auf mehr Gebäude prüfen
- Zentrale Lösung wird theoretisch entwickelt

Q&A



Alle Vorträge finden
Sie hier!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

KONTAKT

Olessya Kozlenko | olessya.kozlenko@haw-hamburg.de
Ina Herrmann | ina.herrmann@haw-hamburg.de



Alle Vorträge finden
Sie hier!