

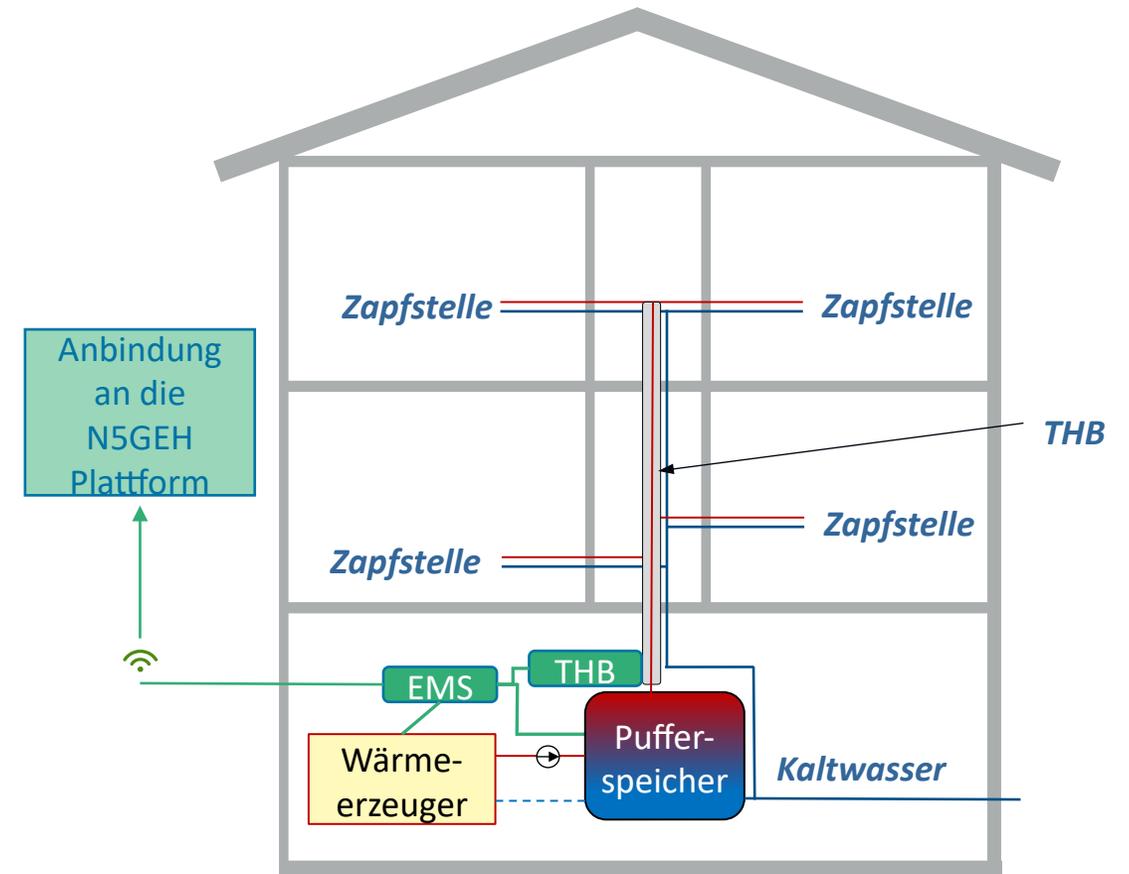
ZUSTANDSDETEKTION IN DER TRINKWARMWASSERINSTALLATION MITTELS TEMPERATURHALTEBAND

18. Symposium Energieinnovation / 15.02.2024

Martin Altenburger, Joachim Seifert, Marcel Röschke

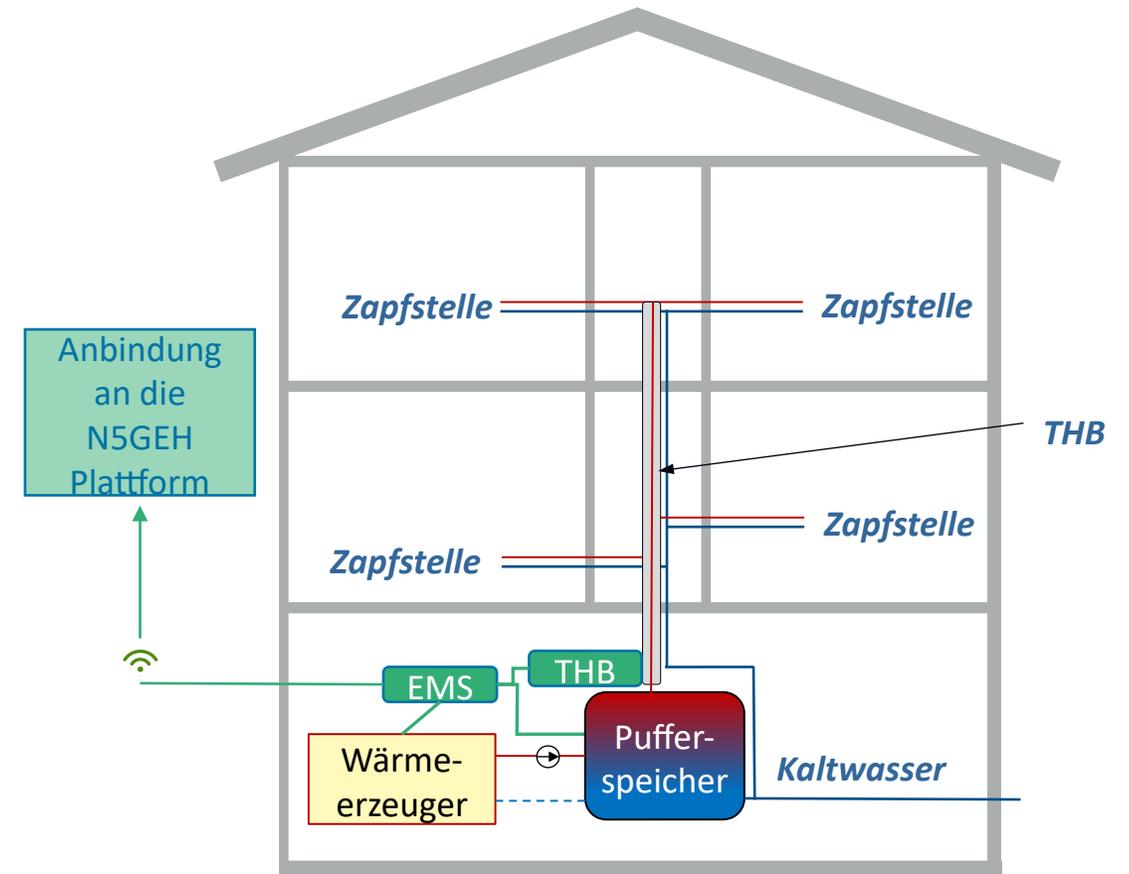


- Betriebsoptimierung von TWW-Systemen mit Temperaturhalteband (THB)
- Verwendung des THB als Sensor → Ableitung von Zustandsdaten
 - TWW-Temperatur
 - Zapfereignisse
- Einsatzfelder
 - Optimierung der TWW-Erwärmung
 - Monitoring der TWW-Installation
- Entwicklung von Servicefunktionen in Kontext des N5GEH → Cloud-Infrastruktur auf FIWARE-Basis
 - Messdatenerfassung
 - Datenauswertung



Datengewinnung zur TWE-Optimierung innerhalb des TWE-Flex Projektes

- TWW-Systemen mit Temperaturhalteband (THB)
 - Alternative zu TWW-Zirkulation
 - Prävention von Legionellen
 - Sicherstellung TWW-Temperatur
 - Elektrische Begleitheizung mit selbstregulierender Eigenschaft → temperaturabhängigen Wärmeleistung
 - Wärmeabgabe gesteuert durch Steuerbox
 - Zyklische Steuerung → Duty Cycle
 - Ermittlung von elektrischen Zustandsdaten



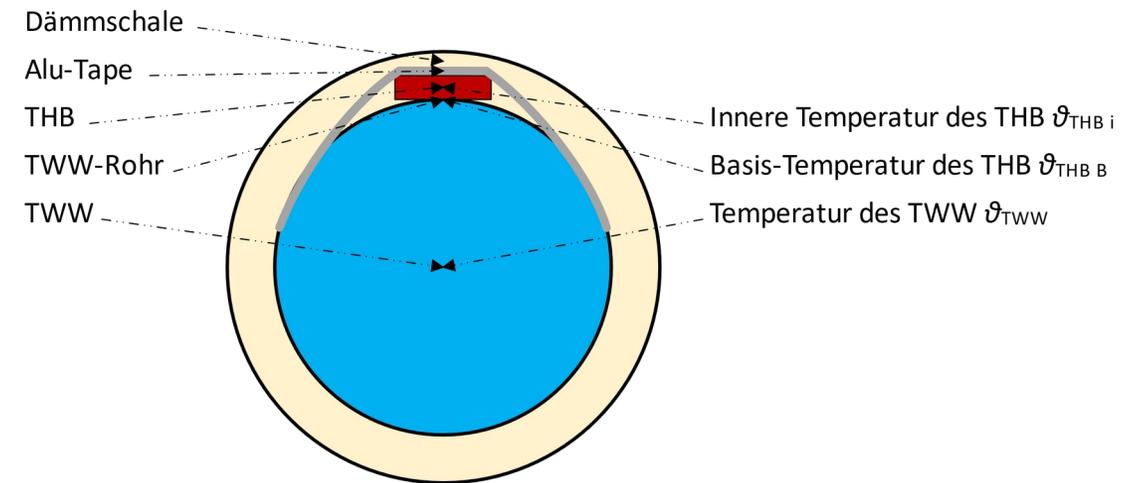
Datengewinnung zur TWE-Optimierung innerhalb des TWE-Flex Projektes

- Temperaturhalteband mit temperaturabhängigem Betrieb
- Steuerbox stellt Messwerte bereit
- El. Widerstand auch im Standby des THB messbar → Kontinuierliche Analyse möglich
- Rückschluss auf aktuelle Temperatur des THB möglich → Kennlinie
- TWW-Temperatur weicht von THB-Temperatur ab

Messgrößen der Steuerbox des Temperaturhalteband

Aktuelle Messwerte	Aggregierte Werte
<ul style="list-style-type: none">• el. Spannung am THB• el. Stromstärke durch THB• el. Leistung des THB• el. Widerstand des THB	<ul style="list-style-type: none">• aufgenommene el. Energie des THB

- Mehrstufige Berechnung
 - Ermittlung der Temperatur des THB über eine Widerstandskennlinie
 - mit
 - Ermittlung der Basistemperatur des THB
 - Minimal-Temperatur als kontinuierlicher Wert
 - Ermittlung der Temperatur des TWW



Schema Aufbau TWI mit THB

- Berechnung im Detail – Ableitung der TWW-Temperatur

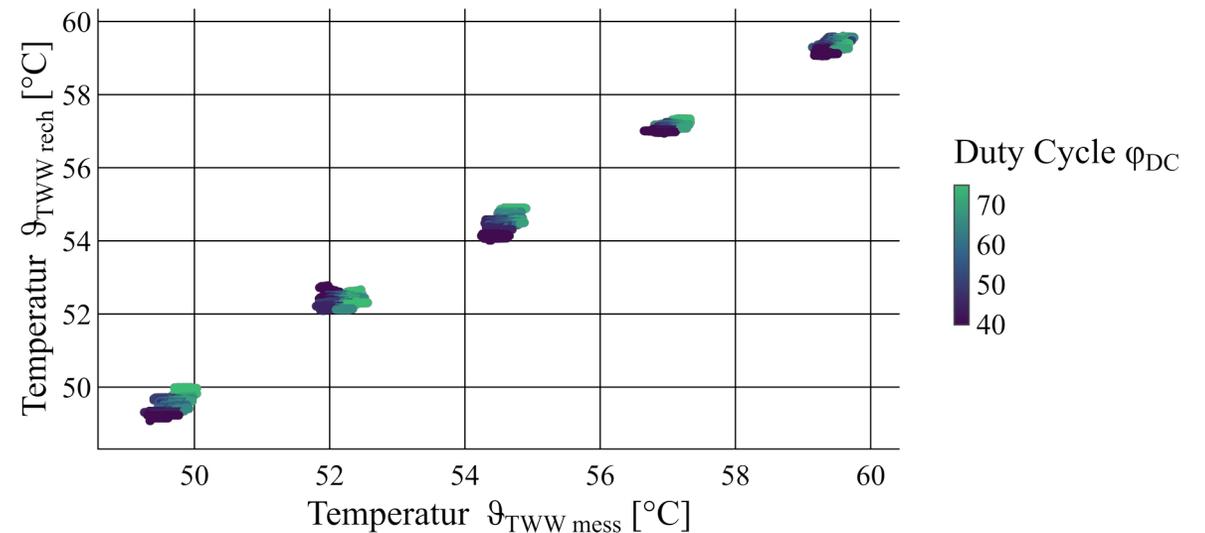
- TWW-Temperatur mit Differenz zu THB-Temperatur durch thermische Widerstände

- Mehrere Einflussgrößen

- Temperatur des THBs
- Aktiver Betriebsanteil (Duty Cycle)
- Länge des Betriebszyklus des THB

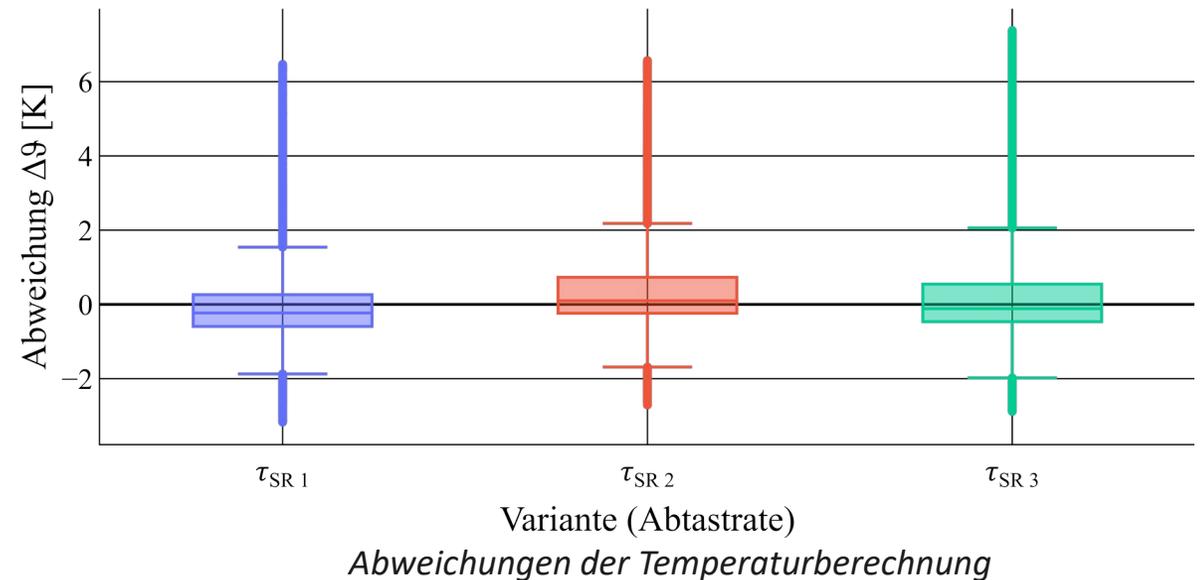
- Ableitung von Regressionsgleichung & Koeffizienten aus Messreihen im Labor

- Länge des Betriebszyklus des THB ist konstant



Zusammenhang zwischen der TWW- & THB-Temperatur

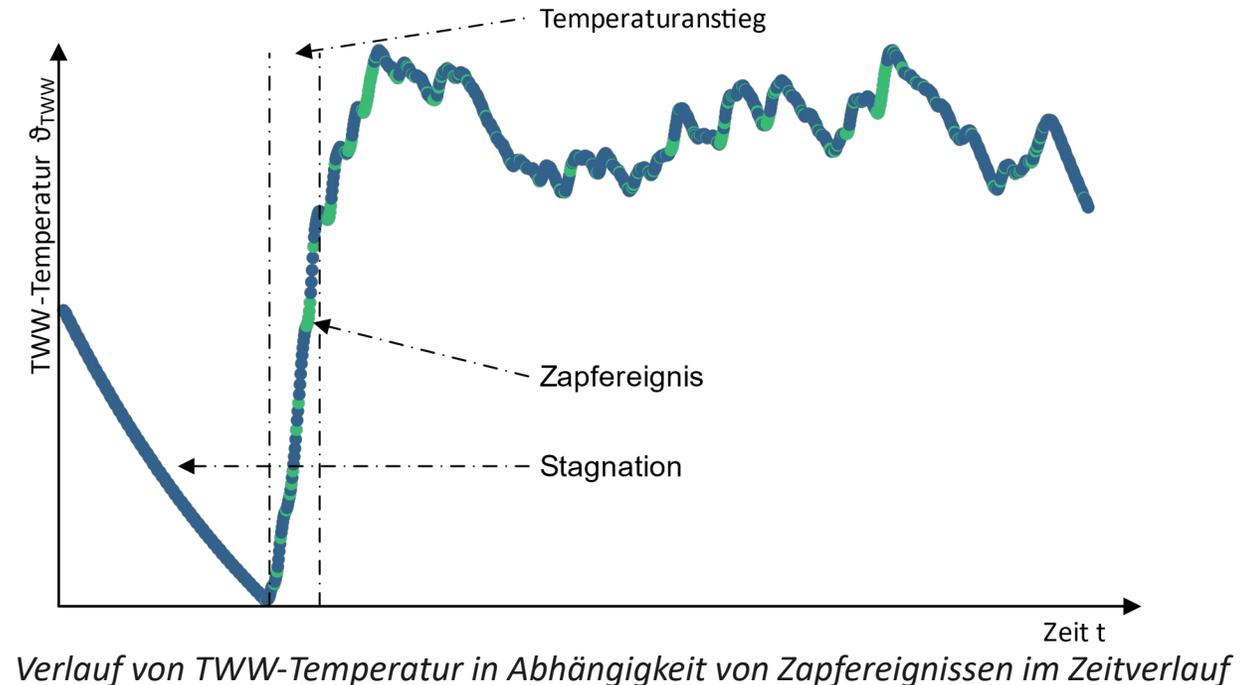
- Mittlere Temperatur aus Widerstandsverlauf ableitbar
 - Geringe Abweichungen durch Einfluss des Volumenstroms unvermeidbar
 - Toleranz
- Abtastrate mit hohem Einfluss
 - Ergebnisgüte nimmt mit Abtastrate ab
 - Vergleich / /
 - Sinnhaft ist Abtastrate
- Koeffizienten abhängig von Anlagenparametern



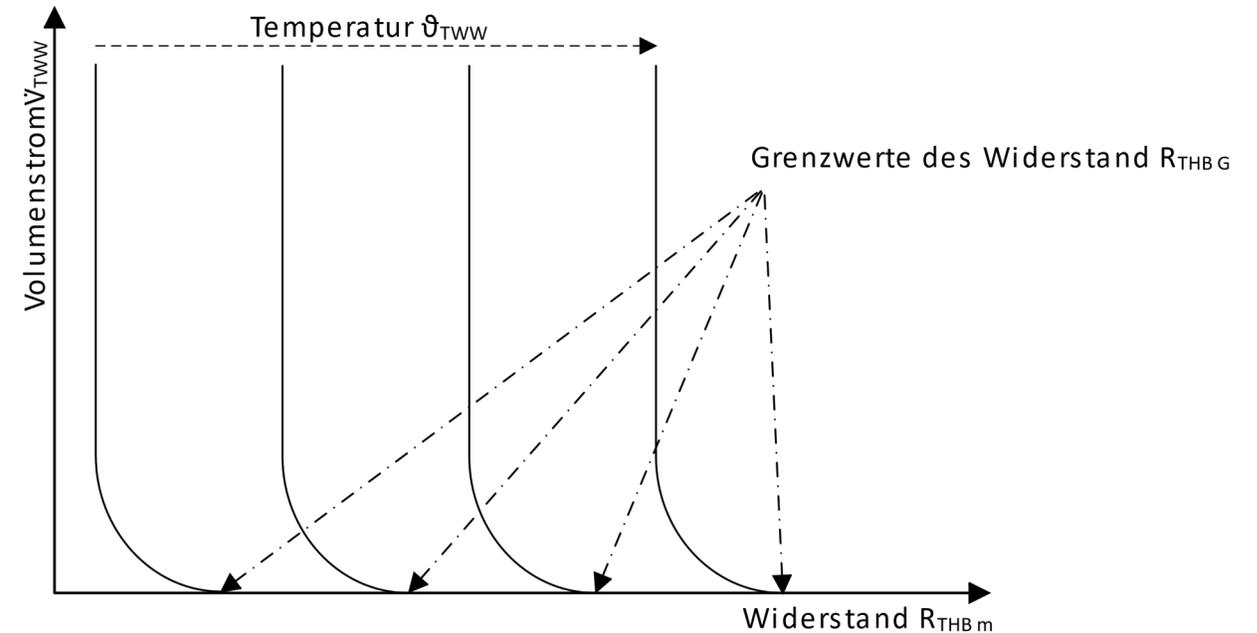
Detektion von Zapfereignissen - Überblick

- Randbedingung / Anforderungen an Temperaturen (DIN 1988-200:2012-05)
 - Einhaltung über Zirkulation oder Temperaturhaltebänder
- Messdaten
 - Abgeleitete TWW-Temperatur
 - Elektrische Kenngrößen (el. Widerstand)
- Detektionsansätze
 - Temperaturänderungen
 - Mittlerer Widerstand

- Prinzip
 - Temperaturanstieg bei Zapfereignis
 - Temperaturabfall bei Stagnation
- Verfahren
 - Ermittlung der Temperaturanstiege → Zuordnung des Zapfereignis
- Varianten
 - Unüberwachtes Lernen (DBSCAN, KMEANS)
 - Überwachten Lernen (Random-Forest-Naive-Bayes-Algorithmus)
- Einschätzung
 - Abweichungen aufgrund therm. Trägheit des Systems
 - Genauigkeit auf moderatem bis gutem Niveau
 - Varianten mit unüberwachtem Lernen benötigen keine bekannten Informationen über Zapfereignisse



- Prinzip
 - Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Widerstand bei bekannter Temperatur
- Verfahren
 - Zapfereignis bei Volumenstrom über Schwellwert → Widerstand unter Grenzwert
 - Grenzwerte abhängig von TWW-Temperatur
- Einschätzung
 - Abweichung der ermittelten TWW-Temperatur zu hoch für sinnvolle Zuordnung → keine gleichzeitige Nutzung



Abhängigkeit Volumenstrom – mittlerer Widerstand

- Zustandsdetektion mittels Messdaten des THB möglich
 - Ermittlung von TWW-Temperaturen mit bekannter Abweichung
 - Detektion von Zapfvorgänge mit höherer Unsicherheit → thermische Trägheit
- Höhere Abweichungen als bei herkömmlichen Sensoren aber geringere Kosten
- Verfahren bislang nur im Labor erprobt → Feldtest ausstehend

Dieser Beitrag entspringt dem Vorhaben TWE-Flex, das mit Mitteln des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 03EN1056-A gefördert wurde.

Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages
