



Wärmepumpenoptimierung mittels künstlicher Intelligenz

Dr. Felix Lossin | felix.lossin@ben-energy.com | +49 89 210 938 33 | +41 44 515 61 51

© BEN Energy 2023

AUSGANGSLAGE

Intelligente Wärmepumpenoptimierung bietet grosses Potenzial zur Stromverbrauchsreduktion

▶ Wärmepumpen werden die zentrale Technologie für das Heizen in Haushalten in D-A-CH – aktuell sind bereits **über 50 % aller in D-A-CH neu installierten Heizungen Wärmepumpen**

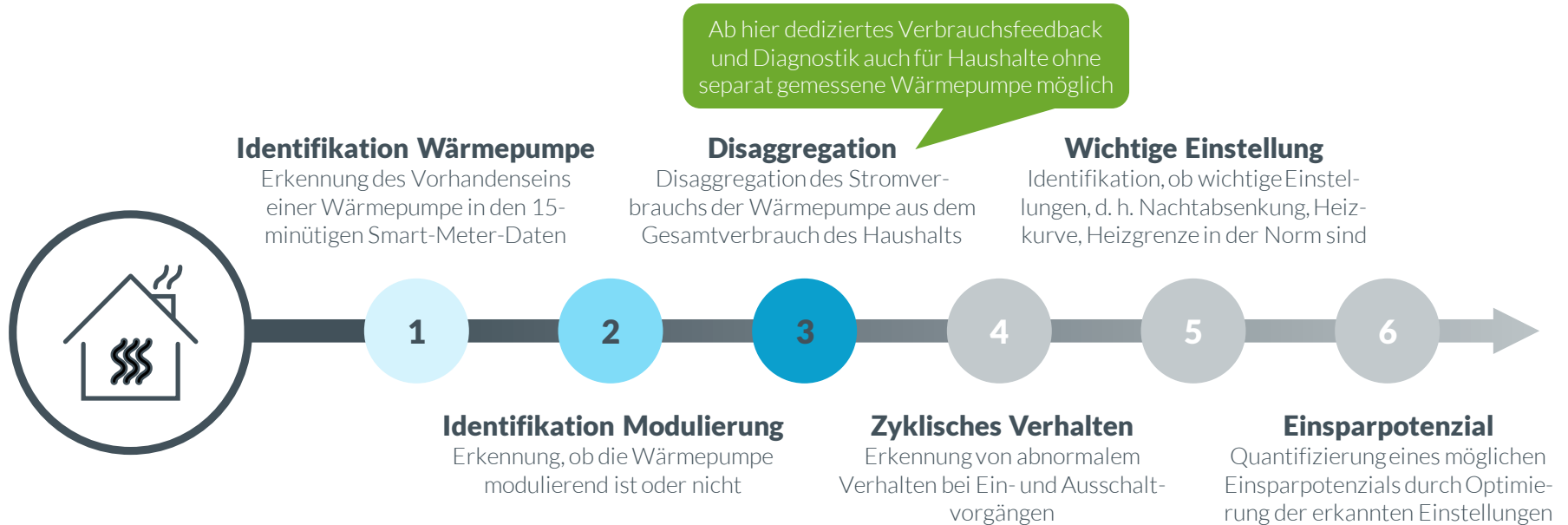
▶ **Rund 30 % aller Wärmepumpen sind bei ihrer Inbetriebnahme nicht optimal eingestellt** – diese Zahl wird sich laut Einschätzung von Wärmepumpenherstellern auch zukünftig nicht reduzieren lassen

▶ **Wärmepumpen bieten somit einen grossen Hebel zur Stromverbrauchsreduktion – ein intelligentes Monitoring, inkl. Datenanalyse, ist hierfür zentral**, da Wärmepumpen oft nicht über einen separaten Zähler gemessen werden

▶ Auf den folgenden Seiten stellen wir unseren Ansatz zur intelligenten Optimierung vor – dieser **basiert auf einem vom Schweizerischen BFE unterstützten Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, EKZ und Hoval**

SCHRITTE DER WÄRMEPUMPENOPTIMIERUNG

Eine intelligente Smart-Meter-Datenanalyse erlaubt Verbrauchsfeedback und automatisierte Diagnostik



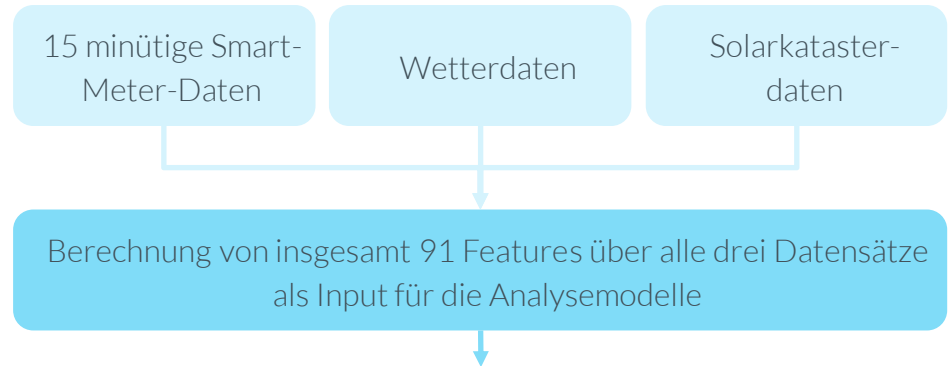
▶ Schritte 1 – 3 sind bereits implementiert und werden im Folgenden kurz vorgestellt – Schritte 4 – 6 befinden sich aktuell in der Entwicklung und werden als Teil des Forschungsprojektes finalisiert

1 SCHRITTE DER WÄRMEPUMPENOPTIMIERUNG

Identifikation Wärmepumpe

- Ziel ist die Identifikation einer Wärmepumpe in den 15-minütigen Lastgangdaten eines Haushalts
- Für die Analyse werden zusätzlich externe Datenquellen genutzt, die die Identifikation erleichtern
- So basiert die Identifikation von Wärmepumpen auf
 - 15-minütigen Smart-Meter-Daten
 - Wetterdaten
 - Solarkatasterdaten
- Im Projekt wurden vier Modelle auf diesen Daten trainiert (Supervised Machine Learning), wobei der Random Forest die höchste Güte aufwies - mit einer guten Präzision bzw. AUC von 82 %

Daten aus drei Datenquellen als Input



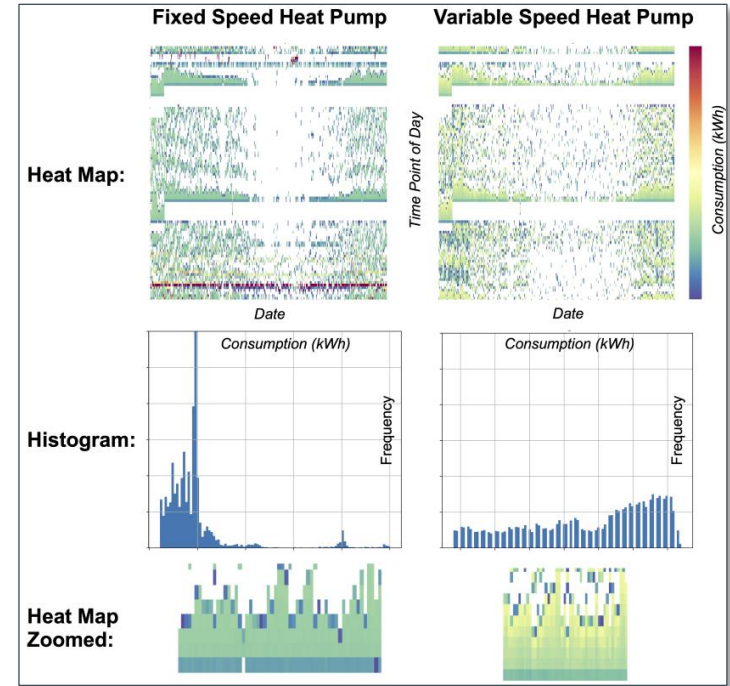
Identifikation Wärmepumpe mit vier Modellen getestet



2 SCHRITTE DER WÄRMEPUMPENOPTIMIERUNG

Identifikation Modulierung

- Kernziel dieses Analyseschrittes ist das Erkennen, ob die identifizierte Wärmepumpe modulierend ist oder nicht
- Als Dateninput dienen zwei Datenquellen:
 - 15-minütige Smart-Meter-Daten
 - Wetterdaten
- Im Projekt wurden verschiedene Modelle getestet (analog zu Schritt 1 und zusätzlich noch logistische Regression und Entscheidungsbäume), wobei diese ebenfalls auf gelabelten Daten trainiert wurden
- Das Modell mit der besten Güte ist ein künstliches neuronales Netz, welches die Information, ob es sich um eine modulierende oder nicht-modulierende Wärmepumpe handelt, mit einer sehr starken Güte von 98 % AUC bestimmt

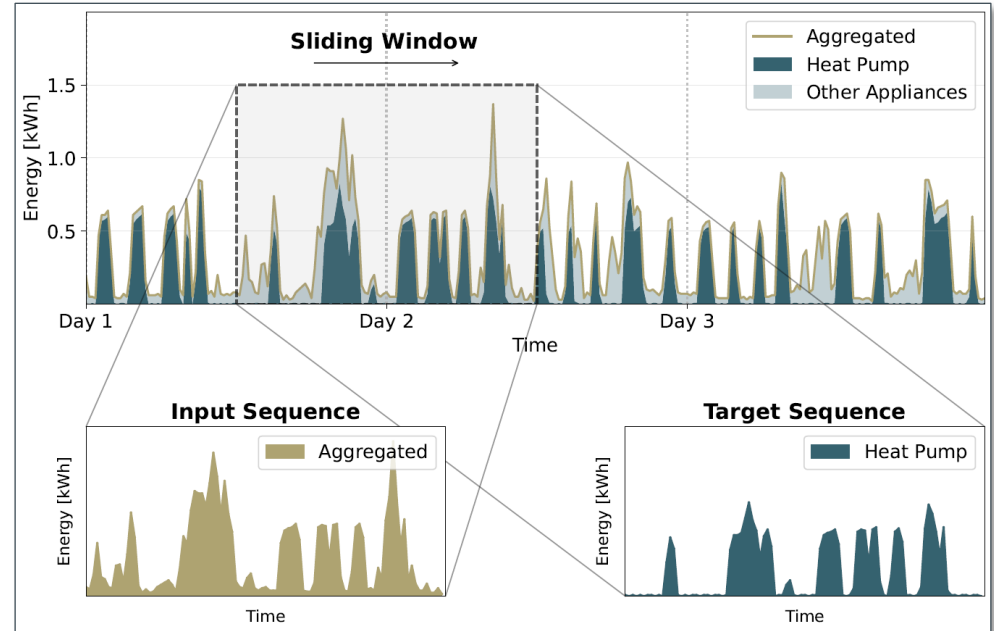


Darstellung des Verbrauchsverhaltens von modulierenden («variable speed») und nicht-modulierenden («fixed speed») Wärmepumpen

3 SCHRITTE DER WÄRMEPUMPENOPTIMIERUNG

Disaggregation

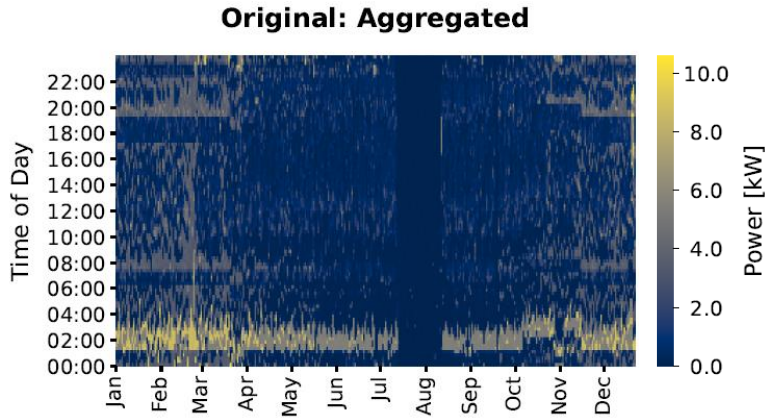
- Kernziel dieses Analyseschrittes ist die Disaggregation des Stromverbrauchs der Wärmepumpe
- Hierfür wurde neben den bereits genannten externen Daten das Vorhandensein einer Wärmepumpe und deren Einsatz für Brauchwarmwasser als Input genutzt (analog zu Schritt 1 geschätzt)
- Modelliert wurde ein künstliches neuronales Netz, zum Training wurde der «Sliding Window»-Ansatz genutzt, bei dem sowohl die Fensterbreite als auch die Überlappung variiert wurde (siehe Abbildung rechts)
- Das Modell erlaubt eine sehr gute Disaggregation und bildet somit die Basis für detailliertes Verbrauchsfeedback und weitere Schritte im Bereich Diagnostik



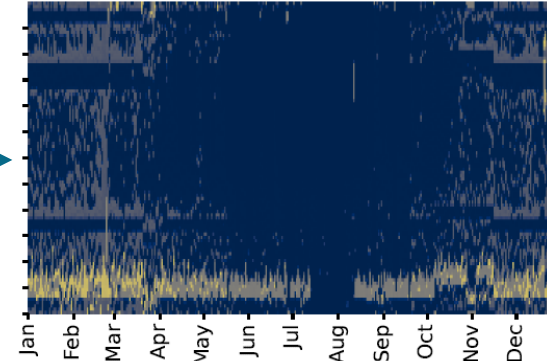
Darstellung des Ansatzes zum «Sliding Window» - im Modell wurde sowohl die Fensterbreite (2 Stunden und 24 Stunden) sowie die Überlappung der jeweiligen Fenster (25 %, 50% oder 75 %) variiert

3 SCHRITTE DER WÄRMEPUMPENOPTIMIERUNG

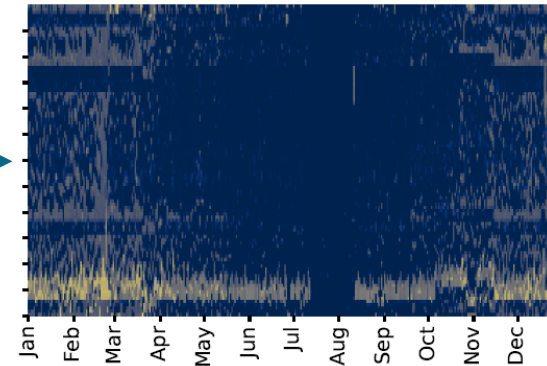
Disaggregation (Beispiel einer Schätzung)



Original: Heat Pump



Predicted: Heat Pump



Sehr gute Schätzung des Wärmepumpenverbrauchs basierend auf aggregierten 15-minütigen Smart-Meter-Daten möglich

ZUSAMMENFASSUNG

Bisher implementierte Disaggregation erlaubt detailliertes Verbrauchsfeedback als Basis der Diagnostik

▶ **Wärmepumpen sind** aktuell bereits – und werden zukünftig noch viel mehr – ein, wenn nicht sogar der, **zentrale Stromverbraucher von Haushalten in D-A-CH** und darüber hinaus

▶ Zur Unterstützung der Haushalte **bei der Stromverbrauchsreduktion bilden sie daher einen guten Hebel, es braucht aber eine saubere Disaggregation** – welche trotz des hohen Stromverbrauchs technisch sehr komplex ist

▶ **Gemeinsam konnten wir bereits** in unserem vom Schweizerischen BFE unterstützten Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, EKZ und Hoval **ein sehr gutes Modell zur Disaggregation umsetzen**

▶ Diese erlaubt **nicht nur ein detailliertes Feedback für Haushalte, sondern bildet die Basis für eine weitergehende, automatisierte Diagnostik**, welche wir im weiteren Projektverlauf umsetzen werden

