

# Teillastverhalten von invertergeregelten Wärmepumpen

## Analyse des Carnot-Gütegrads im Feldbetrieb und Vergleich mit Normmesspunkten

### Student



Timo Repke

**Einleitung:** Wärmepumpen spielen eine zentrale Rolle in der Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Für Auslegung, energetische Bewertung und Jahresarbeitszahl-Berechnung werden häufig Simulationsmodelle verwendet, die auf genormten Leistungs- und Effizienzdaten basieren. Diese Normmesspunkte ermöglichen eine standardisierte Vergleichbarkeit verschiedener Anlagen, bilden jedoch nur wenige definierte Betriebspunkte ab.

Mit der zunehmenden Verbreitung invertergeregelter Wärmepumpen gewinnt insbesondere der Teillastbetrieb an Bedeutung. Diese Systeme passen ihre Leistung kontinuierlich an den aktuellen Wärmebedarf an und werden daher über weite Zeiträume ausserhalb des Nennbetriebs betrieben. Die Fragestellung dieser Arbeit ist, inwieweit das reale Betriebsverhalten solcher Anlagen mit den verfügbaren Normdaten ausreichend beschrieben werden kann und ob sich daraus verlässliche Aussagen zur Effizienz im Feldbetrieb ableiten lassen.

**Vorgehen:** Als Datengrundlage dienen umfangreiche Feldmessungen real betriebener Luft/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen aus einem Monitoringprojekt, welches vom Bundesamts für Energie vorangetrieben wurde, sowie zugehörige Normmesspunkte aus der GET-Datenbank. Im Vorfeld dieser Arbeit wurden aus Zeitreihen stationäre Betriebspunkte extrahiert, um eine Vergleichbarkeit mit Laborbedingungen zu ermöglichen.

Für die Auswertung wurde eine einheitliche Datenbasis aufgebaut und Analyse-Tools entwickelt, welche eine reproduzierbare Untersuchung erlauben. In einer explorativen Analyse wurden Zusammenhänge zwischen Temperaturen, Leistungen und Effizienzkennwerten untersucht und systematische Muster identifiziert. Anschliessend wurde der Carnot-Gütegrad als dimensionsloser Effizienzparameter eingeführt, um unterschiedliche Anlagen einheitlich vergleichen zu können. Darauf aufbauend erfolgte eine statistische Klassierung der Anlagen sowie die Entwicklung eines temperaturbasierten Modells zur COP-Abschätzung aus Normmesspunkten.

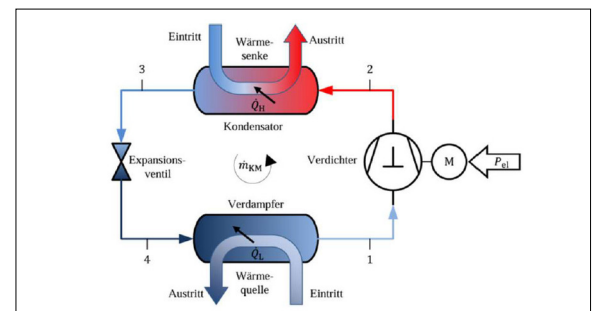
**Fazit:** Die Ergebnisse zeigen, dass invertergeregelte Wärmepumpen im Feldbetrieb häufig einen ausgeprägten Effizienzeinbruch bei geringer elektrischer Teillast aufweisen, der in Normmessungen meist nicht abgebildet ist. Der Carnot-Gütegrad bleibt über weite Betriebsbereiche stabil, bricht jedoch unterhalb anlagenspezifischer Leistungsgrenzen deutlich ein.

Eine COP-Abschätzung aus Normdaten ist bei mittleren und hohen Temperaturhuben grundsätzlich möglich, sofern die Normmesspunkte nahe am realen Betriebsbereich liegen. Bei tiefen Temperaturhuben treten jedoch grosse Unsicherheiten auf, da kleine Gütegradabweichungen zu grossen COP-Fehlern

führen und geeignete Normmesspunkte fehlen. Insgesamt zeigt die Arbeit, dass die begrenzte Repräsentativität bestehender Normmesspunkte eine zentrale Ursache für unzureichende Teillastvorhersagen ist.

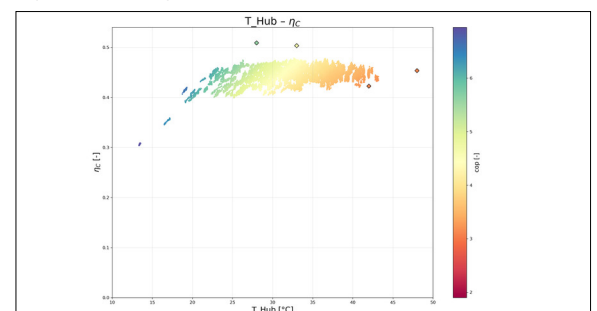
### Funktionsprinzip einer Kompressionswärmepumpe

V. Venzik, DuEPublico, Duisburg-Essen, 2019



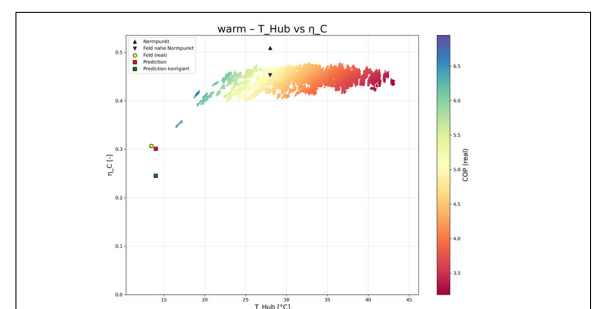
### Quantifizierung der Normmesspunkte zum Feldbetrieb

Eigene Darstellung



### Abschätzung des Gütegrads für den Betriebspunkt warm

Eigene Darstellung



### Referent

Prof. Ph.D. Stefan Bertsch

### Themengebiet

Wärmepumpen und Geothermie, Energietechnik allgemein