

SIMULATION VON WÄRMEPUMPENSYSTEMEN AUF DER GRUNDLAGE VON KORRELATIONSFUNKTIONEN FÜR DIE LEISTUNGSDATEN DER WÄRMEPUMPE

Thomas KEMMLER¹, Bernd THOMAS²

Abstract

Bis zum Jahr 2050 soll in Baden-Württemberg mit dem Ziel „50-80-90“ der Energiebedarf um 50% reduziert werden, die erneuerbaren Energien sollen zu 80% an der Energieversorgung beteiligt sein und die Emissionen von Treibhausgasen um 90% sinken [1]. Entsprechende Ziele sind für andere Regionen und Länder in ähnlicher Weise festgelegt.

Damit diese Ziele erreicht werden, muss bei der Gebäudewärmeversorgung ein konsequenter Umbau stattfinden. Hier spielt die Sektorenkopplung mit Hilfe von Wärmepumpen (WP) eine entscheidende Rolle. Zur Abschätzung des Potenzials sowie des Aufwandes für einen großflächigen Einsatz von Wärmepumpen ist es unmöglich eine spezifische und angepasste Dimensionierung der Wärmepumpensysteme für jedes einzelne Gebäude durchzuführen. Stattdessen müssen auf Seiten der Bebauung Referenzgebäude definiert und auf Seiten der Wärmepumpensysteme mittlere Leistungsdaten der am Markt befindlichen Modelle verwendet werden. Während die Festlegung von Referenzgebäuden verschiedentlich in der Literatur zu finden ist [2], widmet sich der erste Teil der Veröffentlichung der Vorstellung von Korrelationsfunktionen für die thermische und elektrische Leistung sowie die Leistungszahl (COP) von Wärmepumpen, die auf Basis von Herstellerdaten in Abhängigkeit der Quellen- und Vorlauftemperatur ermittelt wurden.

Konkret wurden als Ausgangsbasis für die Korrelationsfunktionen Datenblätter verschiedener Sole- und Luft-Wasser-Wärmepumpen (SWP, LWP) zusammengestellt und ausgewertet. Die Grundlage hierfür war die Liste „Wärmepumpen mit Prüfnachweis eines unabhängigen Prüfinstituts“ des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) [3]. Nach der Zusammenstellung der Datenblätter sind die WP gemäß [4] in verschiedene Leistungsklassen bezogen auf die thermische Leistung eingeteilt worden. Heizleistungen zwischen 5 und 18 kW sind für den Einsatz in Einfamilienhäusern (EFH), von 18 bis 35 kW in Mehrfamilienhäusern (MFH) gedacht, 35 bis 80 kW repräsentieren Anlagen im gewerblichen Bereich und Wärmepumpen größer 80 kW sind Sonderlösungen. Wichtig für die Zusammenstellung der Datenblätter war, dass diese Leistungskurven der jeweiligen WP enthalten, da die Korrelationsfunktionen einen möglichst großen Quelltemperaturbereich (Luft- und Soletemperatur) und nicht nur einzelne Betriebspunkte abbilden sollen. Insgesamt wurden auf diese Weise 25 Datenblätter von LWP und 40 Datenblätter für SWP untersucht, wobei die meisten Datenblätter mit Leistungskurven in der Leistungsklasse von 5 bis 18 kW_{th} verfügbar waren. Nach der Übertragung der Datenblätter in Excel wurden diese mit Hilfe eines Tools in Matlab für multiple lineare Regression ausgewertet und die Korrelationsgleichungen für einen Quelltemperaturbereich von -5 bis 25 °C für die thermische und elektrische Leistung sowie den COP entwickelt. Der Temperaturbereich auf der Nutzwärme Seite liegt zwischen 35 und 65°C für die Vorlauftemperatur. Um die jeweilige Leistung der WP jeweils einbeziehen zu können, sind die Korrelationsfunktionen normiert, sodass mit der Multiplikation der Nennleistung für bspw. die SWP am Betriebspunkt B0/W35 (0°C Soletemperatur, 35°C Vorlauftemperatur) die Abhängigkeit der tatsächlichen Leistung einbezogen werden kann.

Während die Kennlinien von SWP weitestgehend linear in Abhängigkeit der Quelltemperatur sind, muss bei LWP eine abschnittsweise Betrachtung erfolgen, um die Charakteristiken im Bereich der Abtauung richtig erfassen zu können. In der Veröffentlichung werden die auf diese Weise ermittelten Korrelationsgleichungen explizit angegeben sowie mit den ursprünglichen Herstellerdaten verglichen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Korrelationsfunktionen die Datenblattwerte gut abbilden.

¹ Hochschule Reutlingen, Alteburgstraße 150 D-72762 Reutlingen, 07121-271-1469, 07121-271-1404, thomas.kemmler@reutlingen-university.de, <https://www.reutlingen-university.de/>

² Hochschule Reutlingen, Alteburgstraße 150 D-72762 Reutlingen, 07121-271-7041, 07121-271-1404, bernd.thomas@reutlingen-university.de, <https://www.reutlingen-university.de/>

Die mittlere Abweichung aller korrelierten Werte zu den jeweiligen Datenblattwerten liegt bei den SWP bei 4,5% und bei den LWP bei 4,4%.

Im zweiten Abschnitt der Veröffentlichung werden die Korrelationen genutzt, um mit Hilfe eines in Excel programmierten Simulationstools für einzelne Referenzgebäude das Potenzial einer WP zu untersuchen. Der Einfluss der Vorlauf- und Quellentemperaturen ist dabei ein entscheidender Faktor für das Erreichen einer hohen Jahresarbeitszahl (JAZ) und dieser kann mit den Korrelationsfunktionen berechnet werden. In stündlicher Auflösung prüft das Simulationstool, welche Leistungen (thermisch und elektrisch) die Wärmepumpe in Verbindung mit Pufferspeichern für Heizungs- und Brauchwarmwasser in Abhängigkeit der Vorlauf- und Quellentemperatur erreicht und wie der Wärmebedarf bedient werden kann. Daraus wird letztendlich die erreichte Jahresarbeitszahl (JAZ) für das Referenzgebäude bestimmt. Die Ergebnisse werden am Ende der Veröffentlichung vorgestellt, und es hat sich gezeigt, dass die errechneten JAZ je nach Gebäudeheizlast und Gebäudealter bei den SWP zwischen 4,2 und 5,1 und bei den LWP zwischen 3,4 und 4,2 schwanken.

Referenzen

- [1] Stuttgarter Zeitung, „Kampagne zur Energiewende: 50-80-90 ist das Maß fürs Land“, 10. Mai 2013. [Online]. Verfügbar: <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.kampagne-zur-energiewende-50-80-90-ist-das-mass-fuers-land.9e8f01ed-58e7-4773-8533-20de8e106af8.html>. [Zugriff am 5. November 2019].
- [2] M. Blesl, S. Kempe, M. Ohl, U. Fahl, A. König, T. Jenssen und L. Eltrop, „Wärmeatlas Baden-Württemberg - Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen“, 2008.
- [3] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Liste der Wärmepumpen mit Prüfnachweis“, 24. Oktober 2019. [Online]. Verfügbar: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee_waermepumpen_anlagenliste.html. [Zugriff am 29. Oktober 2019].
- [4] M. Platt, S. Exner und R. Bracke, „Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes - Bestandsaufnahme und Trends“, Bochum, 2010.