



Yannick Reuß
Energietechnik
18.03.2020

Betreuer: Dipl.-Ing. Ramona Nosbers
Dipl.-Ing. Oliver Ziegler

Entwicklung eines Algorithmus zur Bewertung der Abwärmenutzung durch gewerbliche Kälteanlagen (Development of an evaluation algorithm of waste heat utilisation in commercial refrigeration plants)

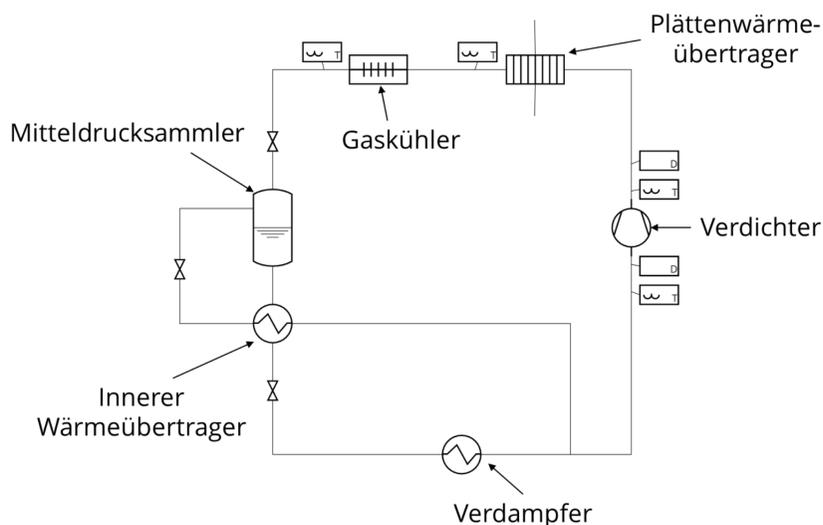
Nr. 599

Motivation

Viele der in den letzten Jahren getroffenen nationalen und internationalen Abkommen und Beschlüsse stellen eine Reaktion auf den anthropogenen Klimawandel und seine weitreichenden Folgen dar. Eine Möglichkeit dieser Herausforderung gerecht zu werden ist die Reduzierung des Primärenergieverbrauches. Dies kann neben dem Ausbau erneuerbarer Energien durch Effizienzsteigerung technischer Anlagen erreicht werden. Auch bei gewerblichen Kälteanlagen gibt es ungenutztes Potenzial zur Effizienzsteigerung. Häufig wird die in solchen Anlagen anfallende Wärme für sekundäre Prozesse wie z. B. Warmwasserbereitung genutzt. Hierbei kommt es oftmals vor, dass das geforderte Temperaturniveau oberhalb dessen liegt, was die Kälteanlage liefert. Ist dies der Fall, besteht die Möglichkeit den Hochdruck der Kälteanlage anzuheben. Diese Maßnahme steigert jedoch auch den Energiebedarf der Anlage. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Algorithmus, welcher die Abwärmenutzung einer gewerblichen Kälteanlage mit der Wärmebereitstellung durch eine Heizungsanlage vergleicht. Der Algorithmus soll hierbei feststellen, ab wann die Abwärmenutzung energetisch nicht mehr sinnvoll ist.

Die Referenzanlage

Die Entwicklung des Algorithmus erfolgte hierbei am Beispiel einer Referenzanlage, die der Kühlung der Lager- und Produktionshallen eines Gemüseverarbeitenden Betriebes dient. Die Folgende Abbildung zeigt ein vereinfachtes RI-Fließbild der Anlage.



Die Anlage wird mit dem Kältemittel R744 betrieben und hat eine Kälteleistung von 100 kW bei einer Verdampfungstemperatur von -4 °C (Auslegungsdaten). In der Anlage kommen abweichend zur obigen vereinfachten Darstellung vier parallel arbeitende Verdichter und sieben Verdampfer zum Einsatz. Für die Abwärmenutzung stellt insbesondere der hierfür eingesetzte Plattenwärmeübertrager ein relevantes Bauteil dar. Über diesen wird die Abwärme der Kälteanlage in das Heizungssystem des Betriebes eingebettet. Das frische Gemüse wird in Kisten angeliefert, welche anschließend in einer Kistenwaschanlage mit heißem Wasser gereinigt werden. Der hierfür anfallende Wärmebedarf wird zum einen durch Abwärme der Kälteanlage und zum anderen durch eine Heizungsanlage gedeckt. Die Hauptkomponente der Heizungsanlage ist ein Holz-Hackschnitzelkessel. Der Algorithmus vergleicht die Abwärmenutzung mit der Wärmebereitstellung durch die Heizungsanlage und stellt fest, welche Option unter den aktuellen Betriebsbedingungen sinnvoller ist. Das heißt welche Option die Wärme mit geringerem Primärenergieverbrauch bereitstellen kann.

Funktionsweise des Algorithmus

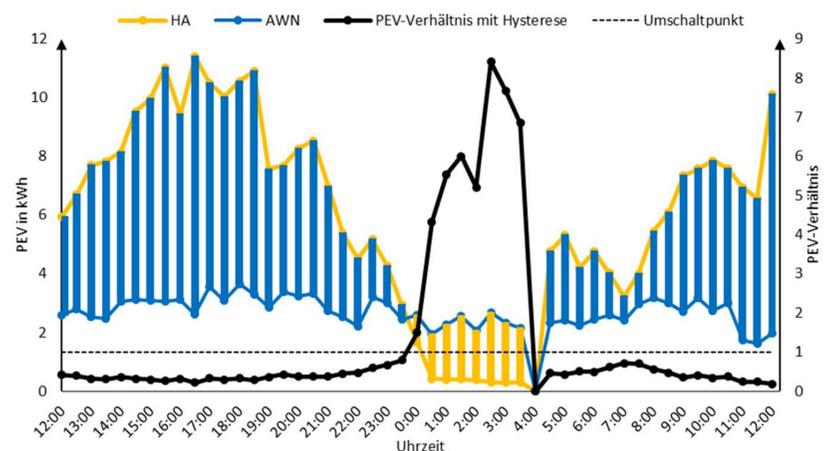
Der Ablauf des Algorithmus ist wie folgt:

1. Ermittlung des Primärenergieverbrauchs, der wegen der Hochdruckanhebung zusätzlich für die Abwärmenutzung aufgebracht werden muss
2. Ermittlung der Abwärme, die hierdurch bereitgestellt werden kann
3. Ermittlung des Primärenergieverbrauchs, wenn diese Wärme stattdessen durch die Heizungsanlage bereitgestellt würde
4. Vergleich von Heizungsanlage und Abwärmenutzung
5. Auswahl der Option mit dem geringeren Primärenergieverbrauch
6. Ggf. Deaktivierung bzw. Aktivierung der Abwärmenutzung

Das Bewertungskriterium des Algorithmus kann angepasst werden. Neben der Bewertung nach dem Primärenergieverbrauch können die Kriterien CO_2 -Ausstoß und Betriebskosten gewählt werden. Der Ablauf des Algorithmus ist analog.

Validierung des Algorithmus

Der Algorithmus wurde durch die Anwendung auf reale Betriebsdaten der Referenzanlage validiert. Die folgende Grafik zeigt den Verlauf der Primärenergieverbräuche über einen Betrachtungszeitraum von 24 Stunden.



Zu Beginn des Betrachtungszeitraumes ist die Abwärmenutzung aktiviert und ihr Primärenergieverbrauch geringer als der der Heizungsanlage. Zwischen etwa 23:30 und 4:00 Uhr kann die Wärme aufgrund veränderter Betriebsbedingungen unter geringerem Primärenergieaufwand durch die Heizungsanlage bereitgestellt werden. Der Algorithmus deaktiviert die Abwärmenutzung somit um 23:30 Uhr und aktiviert sie um 4:00 Uhr erneut. Hierdurch lassen sich im dargestellten Zeitraum etwa 14,5 kWh Primärenergie gegenüber der aktuellen Regelung einsparen. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 11 %.

Zusammenfassung

Es wurde ein Algorithmus entwickelt, welcher die Abwärmenutzung gewerblicher Kälteanlagen nach den Kriterien Primärenergieverbrauch, CO_2 -Ausstoß und Betriebskosten bewerten kann. Anschließend entscheidet der Algorithmus, ob die Abwärmenutzung unter den aktuellen Betriebsbedingungen sinnvoll ist. Ist dies nicht der Fall, wird die Abwärmenutzung deaktiviert. Weiterhin kann der Algorithmus im weiteren Verlauf feststellen, ob die Abwärmenutzung zu einem späteren Zeitpunkt wieder sinnvoll ist und aktiviert diese erneut, sofern dies der Fall ist.