

23% Energieersparnis in EDEKA-Märkten

Optimierte Arbeitstemperaturregelung

Horst Wendelborn, Offenbach

Durch Anpassung der Arbeitstemperaturen des Kälteprozesses an Umgebungstemperatur und Kühllast können Energieeinsparungen bis zu 25 % erzielt werden. Das zeigen Vergleichsmessungen der FH-Biberach in zwei EDEKA-Märkten, in denen mit der Danfoss Regeltechnik ADAP-KOOL der Energieverbrauch bereits im Jahr 2005 um 23 % reduziert wurde. Die Messungen laufen aktuell weiter und zeigen die gleichen Ergebnisse.

Die Vergleichsmessungen wurden durch die FH-Biberach im Wintersemester 2005 begonnen und für eine Diplomarbeit verwendet. Danfoss setzte die Messwerterfassung dann fort.

Voraussetzung für den Versuch war die Wahl zweier Märkte, die nicht nur im Hinblick auf Gebäudebauart, Kälteanlagen und Kühlmöbel vergleichbar sind, sondern auch in derselben Klimazone liegen. Aus diesem Grund entschieden sich Danfoss und die FH-Biberach für zwei E-Center der EDEKA-Kette in Wittingen und Diepholz (Norddeutschland). In beiden Fällen stammen die Kälteanlagen von der Firma Heifo und die Kühlmöbel von Linde. Der maßgebliche Unterschied zwischen den beiden Anlagen besteht in der Regelung – und genau dieser Punkt war Gegenstand der Untersuchung. In dem einen Fall wurde eine Standardregelung eingesetzt und in dem anderen eine optimierte Arbeitstemperaturregelung. Unter Letzterer versteht man die Anpassung der Verflüssigungs- und der Verdampfungstemperaturen an Umgebungstemperatur und momentane Lastbedingungen der Kühlstellen.

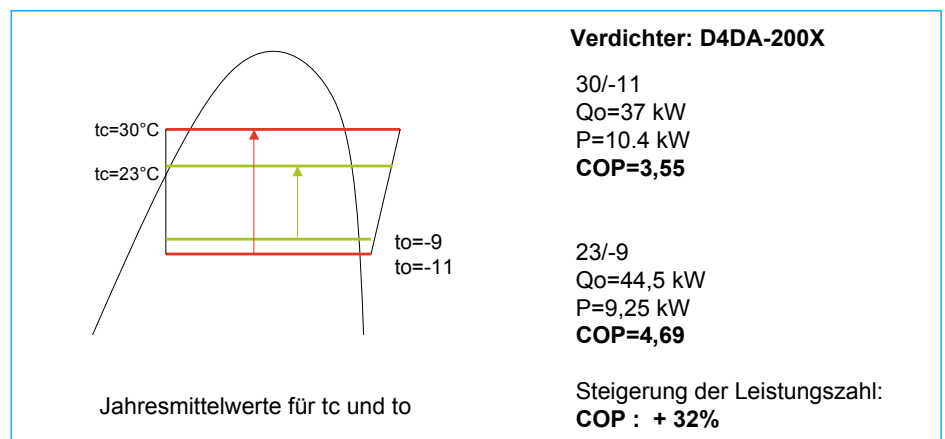
Die Anlagen

Beide Märkte sind mit jeweils einer Plus-Verbundanlage mit 4 Verdichtern und einer Minus-Verbundanlage mit 3 Verdichtern ausgestattet. Beide Verflüssiger sind auf dem Dach der Märkte montiert. Für die Brauchwasseraufbereitung ist eine Wärmerückgewinnung mit Druckgasentheizung eingebaut. Die Verflüssigerlüfter sind mit Phasenanschnitt-Drehzahlstellern geregelt. In beiden Märkten sind Kühltheken

für Fleisch, Wurst, Fisch und Käse, Kühlregale mit Nachrollo für Molkereiprodukte, Fleisch und Wurst, Tiefkühlinseln mit Glasschiebedeckel sowie Kühlräume und Tiefkühlräume in gleicher Größe und Leistung installiert.

Einsparpotenzial

Im log p, h-Diagramm (s. Bild unten) sind beide Prozesse eingetragen. Dabei handelt es sich um den Standardkälteprozess mit $t_c = 30^\circ\text{C}$ und $t_o = -11^\circ\text{C}$ und um den optimierten Prozess mit den aus den Messungen hervorgehenden durchschnittlichen Jahresarbeitstemperaturen von $t_c = 23^\circ\text{C}$ und $t_o = -9^\circ\text{C}$. Anhand der Verdichterdaten des Herstellers können für beide Prozesse die Leistungszahlen (COP) ermittelt werden. Die Verbesserung der Leistungszahl beträgt 32%, d.h. es gibt ein Energieeinsparpotenzial von 25%.



Einsparpotenzial der Arbeitstemperaturoptimierung

zum Autor

Dipl.-Ing. (FH)
Horst Wendelborn,
Key Account
Manager,
Geschäftsbereich
Food Retail
Industry, Danfoss
GmbH, Offenbach



Die Regeltechnik

Die Standardanlage in Diepholz ist mit Kühlstellenreglern der Serie EKC201/301 aus dem ADAP-KOOL-Programm ausgestattet. Diese Regler enthalten alle wichtigen Basisfunktionen, wie Thermostat, Abtauung nach Temperatur und Zeit, Lüftersteuerung und Datenkommunikation. Die Einspritzregelung der Verdampfer wird mit thermostatischen E-Ventilen ausgeführt. Der Verbundanlagenregler AK-PC311A regelt die Verdampfungstemperatur konstant auf -11°C , mit nächtlicher Anhebung um 2K. Bei dieser Regelung werden die Kühlstellentemperaturen jedoch nicht berücksichtigt. Die Verflüssi-

gungstemperatur wird über ein 0–10V Ausgangssignal des Reglers konstant auf 30°C über einen Drehzahlsteller der Lüftermotoren geregelt.

Die Anlage in Wittingen mit optimierten Arbeitstemperaturen ist mit Kühlstellenreglern der Serie AKC114/115/116A aus dem ADAP-KOOL-Programm ausgestattet. Diese Regler enthalten die Basisfunktionen und die Optimierung der Verdampfungstemperatur in Abhängigkeit von der am meisten belasteten Kühlstelle, sowie die adaptive Regelung für die elektronische Einspritzung der Verdampfer mit AKV10-Ventilen. Um die extremen Betriebspunkte von $t_o = -5^\circ\text{C}$ und $t_c = 15^\circ\text{C}$ bzw. $t_o = -11^\circ\text{C}$ und $t_c = 45^\circ\text{C}$ betriebsicher regeln zu können, ist ein adaptiver Regelalgorithmus erforderlich.

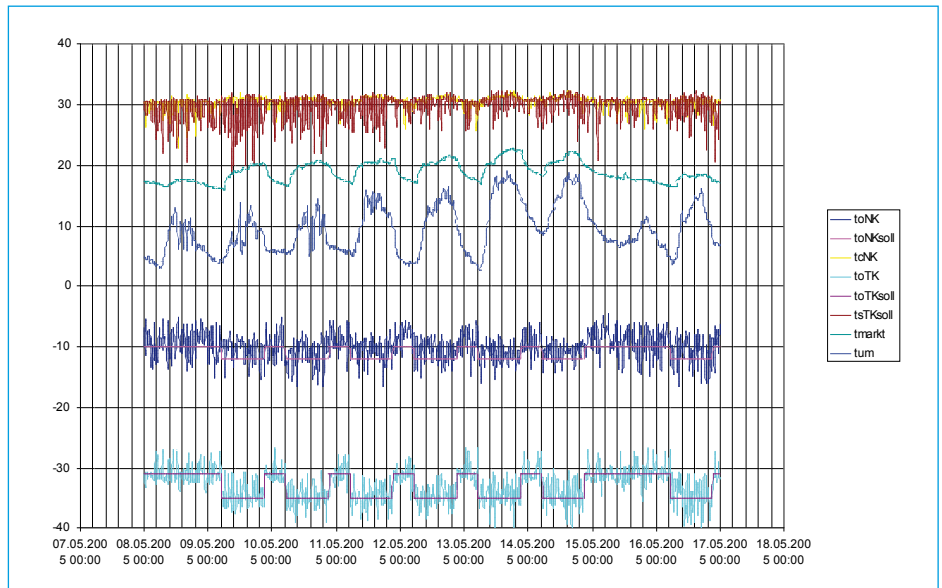
Die Verbundanlagenregler AK-PC311A aus dem ADAP-KOOL-Programm regeln die Verdampfungstemperatur entsprechend der am stärksten belasteten Kühlstelle in den Grenzen von $t_o = -5^\circ\text{C}$ bis -11°C . Die Kühlstellenregler übertragen die Betriebsdaten der Verdampfer über die Busleitung zum Gateway. Hier wird entschieden, ob die Verdampfungstemperatur nach oben oder unten verschoben werden kann. Über die Busleitung erhält der Verbundregler diese Signale zur Sollwertverschiebung.

Die Verflüssigungstemperatur wird in den Grenzen von $t_c = 15^\circ\text{C}$ bis 30°C synchron zur Umgebungstemperatur geregelt. Das heißt: Eine Erhöhung der Lufttemperatur um 1K entspricht einer Erhöhung der Verflüssigungstemperatur um 1K. Auch hier sind die Lüfter des Verflüssigers drehzahl geregelt.

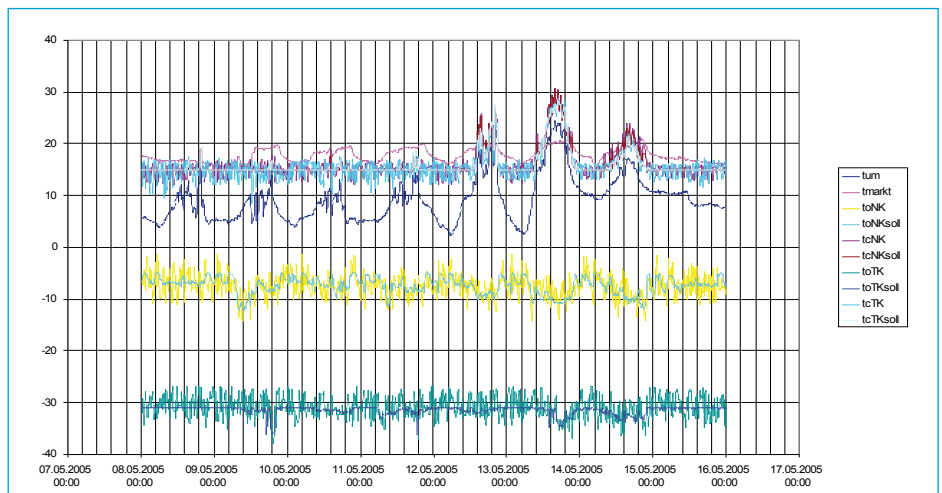
Erfassung und Auswertung der Messwerte

Die Messdaten, wie z. B. Lufttemperaturen der Kühlstellen, Betriebsdrücke der Verdichter und Impulse der kWh-Zählung werden von den Reglern erfasst und über die Busleitung zum Log-Datenspeicher des Gateways AKA245 geleitet. Über eine Modemleitung werden die Log-Speicher täglich ausgelesen und auf einem PC mit der Software AKM5 gespeichert. Die Messdatenauswertung wird ebenfalls mit der Software AKM5 und Excel durchgeführt.

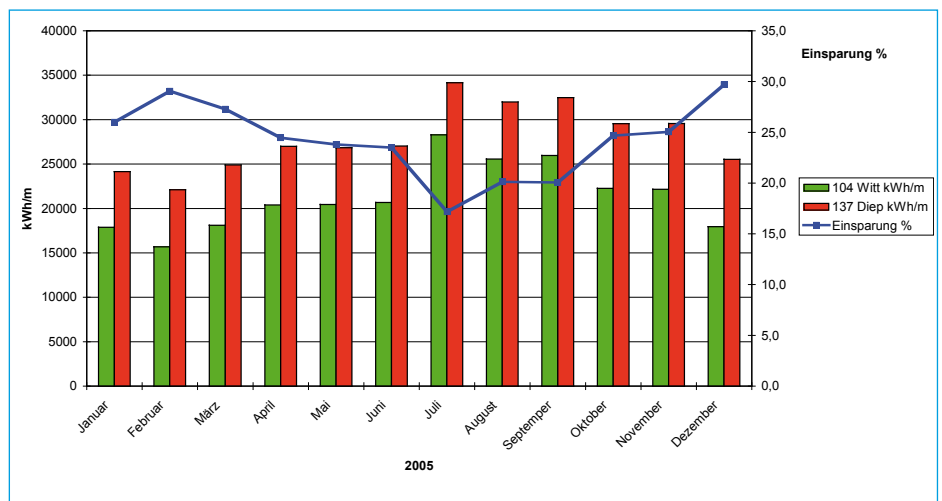
Der Vergleich des Energieverbrauchs der beiden Märkte ist im letzten Diagramm dargestellt. In den Wintermonaten ist die Einsparung in % (blaue Kurve) größer als im Sommer, da hier der Einfluss einer kleineren Verflüssigungstemperatur wirksam wird. Im Jahresdurchschnitt werden 79929 kWh bzw. 23% Energie eingespart.



Die Darstellung der Arbeitstemperaturen Diepholz zeigt für Mai 2005 den konstanten Verlauf der Verflüssigungstemperatur auf 30°C und die teiloptimierte Regelung der Verdampfungstemperatur mit nächtlicher Anhebung um 2K



Bei den Arbeitstemperaturen Wittingen ist der nach Umgebungstemperatur geregelte Verlauf der Verflüssigungstemperatur bis $t_c = 15^\circ\text{C}$ zu sehen und die bedarfsadaptierte Regelung der Verdampfungstemperatur bis $t_o = -6^\circ\text{C}$ bei der Pluskühlung bzw. bis $t_o = -31^\circ\text{C}$ bei der Minuskühlung



Energieverbrauch für 2005

Amortisation und Resüme

Wie eingangs erwähnt, werden die Messungen nach wie vor fortgeführt und zeigen reproduzierbar die gleichen Ergebnisse – auch im laufenden Jahr.

Die Mehrkosten der optimierten Regelung inklusive der Mehrarbeiten für die Kälteinstallation und des Schaltschranks betragen für den Markt in Wittingen gegenüber Diepholz 14000 Euro. Bei einem Energiepreis von 0,10 Euro/kWh errechnet sich die Amortisationszeit zu 1,8 Jahren. Diese beachtliche Einsparung führte bei weiteren Investitionsentscheidungen in dieser EDEKA-Region zum vermehrten Einsatz von ADAP-KOOL mit optimierter Regelung.

Angesichts der Tatsache, dass der überwiegende Anteil der Kälteanlagen in Deutschland mit Standard-Regelung ausgerüstet ist und auch heute noch überwiegend so gebaut wird, besteht bei diesen Supermarkt-Betreibern ein großer Nachholbedarf. ■

Der Vergleich durch eine Energiekennzahl

Um den Energieverbrauch unterschiedlich großer Märkte zu vergleichen, wird die installierte Kühlstellenleistung als Normierungsfaktor eingeführt. Die vergleichbare Energiekennzahl errechnet sich aus dem Energieverbrauch [kWh/a] dividiert durch die Kälteleistung [kW].

Die Tabelle zeigt eine Analyse für vier Märkte. Anhand der Bemerkung kann das beste Konzept für den niedrigsten Energieverbrauch gewählt werden.

Markt	Kälteleistung Q ₀ kWh alle Kühlstellen	Verbrauch 2005 gemessen kWh/a	Verbrauch normiert kWh/kW/a (Energiekennzahl)	Bemerkung
Wittingen	137	255344	1864	Optimierte Regelung
Diepholz	137	335273	2447	Standard Regelung
A	83	248351	2992	Stan. Reg. ohne TK-Deckel
B	125	302500	2420	Opti. Reg. mit WRG

Anzeige Der Vergleich durch eine Energiekennzahl



take the best!

thermofin[®]
heat exchangers - GERMANY

Am Windrad 1 - 08468 Heinsdorfergrund - Germany
Tel.: +49-(0)3765-3800-0
e-mail: info@thermofin.de - www.thermofin.de

