

Kältemittel und Energieeffizienz in der Supermarkt-Kältetechnik

Dipl.-Ing. Bernd Heinboka

Im Lebensmitteleinzelhandel ist die Verbundkälteanlage der größte einzelne Stromverbraucher. Da die Strompreise mit wenigen kurzen Pausen kontinuierlich steigen, gewinnt das Thema Energieeffizienz immer mehr an Bedeutung. Bei der Wahl des Kältemittels ist das Treibhauspotential ein wichtiges Kriterium, um die direkten Emissionen zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Mindestens genauso wichtig ist die Möglichkeit,

mit der richtigen Wahl des Kältemittels, auch den Energieverbrauch der Kälteanlage maßgeblich zu senken. In einer Studie hat Carrier 126 Verkaufsmärkte mit gemessenen Energieverbrauchsdaten analysiert. Die Messdaten wurden über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr aufgenommen. Der Vergleich der Kälteanlagen erfolgte auf der Basis des VDMA-Effizienz-Quickcheck.

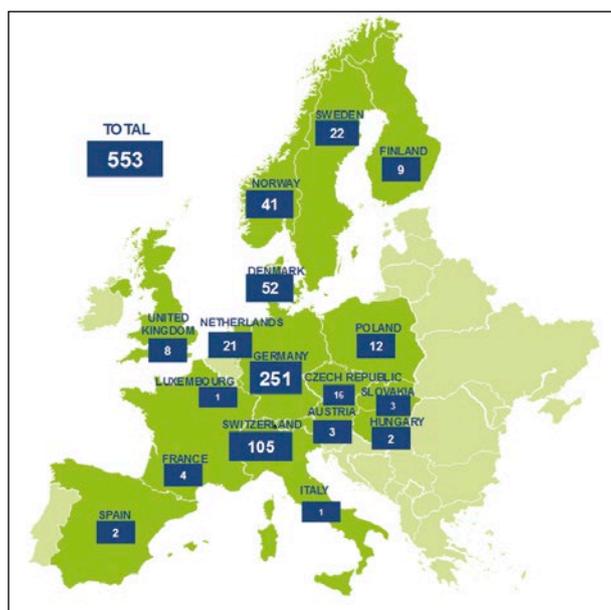


Abb. 1: Transkritische CO₂-Projekte, Carrier Status 2013

Es wurden Märkte mit R404A-Kälteanlagen, mit R134a/CO₂-Kaskaden-Kälteanlagen sowie mit CO₂-Booster-Kälteanlagen betrachtet.

Neben den Kältemitteln und dem damit verbundenen Anlagenkonzept wurde als weiterer wichtiger Effizienzeinfluss der Verglasungsanteil an Regalen in der Normalkühlung bewertet.

Carrier hat seit 2004 mehr als 553 Projekte in 17 europäischen Staaten mit CO₂OLtec® Kältesystemen ausgerüstet, welche sowohl in der Tiefkühlung als auch in der Normalkühlung mit dem natürlichen Kältemittel CO₂ in einer

Booster-Konfiguration arbeiten (Quelle: Carrier). Besonders erfreulich ist, neben der sehr guten Entwicklung in Deutschland und der Schweiz, das in den letzten zwei Jahren stark gestiegene Interesse in den osteuropäischen Ländern (Abb. 1).

Ergänzend zu den CO₂OLtec-Anlagen werden auch sogenannte HybridCO₂OL-Anlagen gebaut. Diese Anlagen sind als Kaskade ausgeführt, mit dem Kältemittel R134a in der Normalkühlung und CO₂ in der Tiefkühlung.

In der Summe beider Anlagenkonzepte sind bis heute über 1.000 CO₂-Systeme durch Carrier realisiert worden. Der

Nachweis der guten Energieeffizienz des Kältemittels im Einsatz direktverdampfender (DX) Verbundkälteanlagen für Normal- und Tiefkühlung (NK, TK) war eines der Ziele dieser Studie.

VDMA-EFFIZIENZ-QUICKCHECK

Über www.vdma-effizienz-quickcheck.org sind Benchmarks bzw. Energieeffizienzvergleiche mit über 500 Vergleichsmärkten von mehr als 10 Handelsketten und den meisten Kühlmöbel-/ Kälteanlagenherstellern möglich. Durch die rege Nutzung des Quickchecks wächst die Anzahl der Vergleichsmärkte kontinuierlich (Abb. 2).

Der VDMA-Effizienz-Quickcheck ermittelt eine Kennzahl Energiebedarf / Displayfläche x Jahr [kWh/ m² a], wobei durch entsprechende Korrekturfaktoren folgende Einflüsse berücksichtigt werden:

- ▶ Klimaregion
- ▶ Öffnungszeiten
- ▶ Kühlmöbeltyp, Länge und Höhe / Breite der Möbel
- ▶ Temperaturklassen / Produktgruppen der Kühlmöbel
- ▶ Produktgruppen und Größe der Kühlräume
- ▶ Wärmerückgewinnung für Brauchwarmwasser und Heizung

Gemessene Energieverbrauchsdaten, inklusive aller Nebenverbraucher, wie

Ventilatormotoren, Rahmen-, Scheiben- und Abtauheizungen, Licht, Pumpen, etc.

BETRACHTUNG ZUSÄTZLICHER EINFLÜSSE IN VERGLEICHSGRUPPEN

Zusätzlich zu den im VDMA-Effizienz-Quickcheck erfassten Einflussgrößen wurde in dieser Studie der Einfluss der eingesetzten Kältemittel R404A, R134a und CO₂ betrachtet, wie auch der Einfluss der Verglasung von NK-Regalen. In den letzten Jahren ist die Vollverglasung in der Tiefkühlung zum Standard geworden und hat somit hier keinen Einfluss.

Die Bewertung des Anteils x der Verglasung an NK-Regalen erfolgte in drei Gruppen:

Minimale Verglasung:

Verglasungsanteil $x < 20\%$, keine bzw. nur wenige Fleisch- oder Convenience-Regale sind verglast. Nachrollo ist Standard.

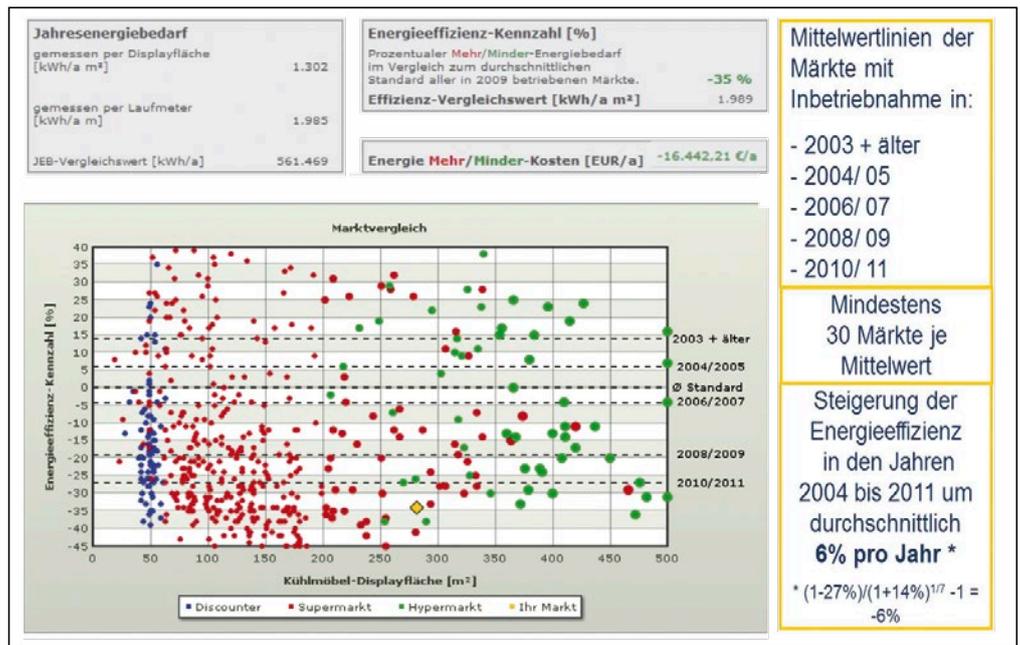


Abb.2: VDMA-Effizienz-Quickcheck

(Quelle: Carrier)

von NK-Regalen wurden 23 Märkte mit maximaler Verglasung, 10 Märkte mit Teilverglasung sowie 93 Märkte mit minimaler Verglasung analysiert. In den Vergleichsgruppen für Kältemittel wurden 45 Märkte mit R404A-Kälteanlagen, 13 Mär-

kte, welche mit Kältemittel R404A betrieben werden, so zeigt die rote Trendlinie in Abb.3 auch ohne diese beiden Einflüsse eine starke Steigerung der Effizienz über die Zeit. Maßgeblich hierfür ist der zunehmende Einsatz von elektronischen Expansionsventilen, Glasschiebedeckeln auf TK-Truhen, Energiesparventilatoren, drehzahlgeregelten Motoren, luftgekühlten Unterkühlern und LED-Beleuchtung. Im Inbetriebnahmezeitraum der R404A-Anlagen von 2004 bis 2011 lässt sich eine Effizienzsteigerung von ca. 39% nachweisen, dies entspricht ca. 6,7% pro Jahr.

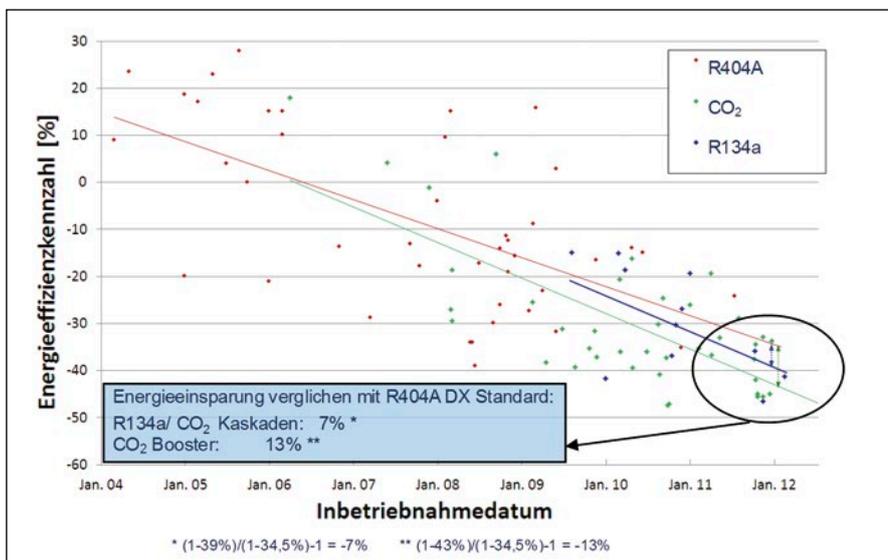


Abb.3: Energieeffizienz von Supermarktkälteanlagen

Teilverglasung:

80% > Verglasungsanteil $x > 20\%$

Maximale Verglasung:

Verglasungsanteil $x > 80\%$, bis auf wenige Regale für Obst & Gemüse oder Molkeereiprodukte ist alles verglast.

In den Vergleichsgruppen für Verglasung

kte mit R134a/ CO₂-Kaskaden-Kälteanlagen sowie 68 Märkte mit CO₂-Booster Kälteanlagen analysiert.

EFFIZIENZ-TREND ÜBER DIE ZEIT

Betrachtet man in der Gruppe der 93 Märkte mit minimaler Verglasung nur

EINFLUSS DER KÄLTEMITTEL

Nimmt man nun in der Gruppe der minimalen Verglasung auch die Kältemittel R134a und CO₂ hinzu, kann das Effizienzsteigerungspotential durch die Kältemittel unabhängig vom Verglasungseinfluss beleuchtet werden (Quelle: Carrier). Abb.3 zeigt die Effizienzvorteile der beiden Kältemittel gegenüber R404A. Der Vergleich der Trendlinien zeigt, dass die R134a/CO₂-Kaskaden-Kälteanlagen einen Effizienzvorteil von ca. 7% gegenüber R404A-Kälteanlagen erreichen. Die CO₂-Booster-Kälteanlagen realisieren sogar eine um 13% höhere Effizienz. Die Abb.3 zeigt auch sehr deutlich, wie groß

die Streuung der Anlageneffizienz innerhalb der Gruppen ist. Es ist daher von großer Bedeutung, eine große Anzahl von

Abwärme, im Sommer zeitweise transkritisch, an die Umgebungsluft abgeführt. Alternativ dazu wird in sechs Märkten die

Seite den Nachteil des relativ kurzen transkritischen Betriebs im Sommer mehr als aus.

Einfluss der Verglasung von NK-Regalen In der Gruppe der 68 Märkte mit CO₂-Booster Kälteanlagen sind Märkte mit minimaler und maximaler NK-Verglasung sowie auch Teilverglasung. So kann das Effizienzsteigerungspotential durch Verglasung gegenüber dem Einsatz von Nachrollos unabhängig vom Kältemiteleinfluss beleuchtet werden. Abb.4 zeigt auch in diesen Gruppen eine große Streuung der Messwerte, sodass die Betrachtung von Mittelwerten einer großen Anzahl von Anlagen je Gruppe von großer Bedeutung ist. Gegenüber der Trendlinie der Märkte mit minimaler Verglasung erreichen die Märkte mit Teilverglasung im Mittel eine Effizienzsteigerung von 6%, die Märkte mit maximaler Verglasung sogar von 10%.

Das Erreichen einer Energieeffizienz-Kennzahl von -50% und besser, scheint gegenwärtig nur mit teilverglasten oder maximal verglasten NK-Kühlregalen in Kombination mit CO₂-Booster Kälteanlagen möglich zu sein.

In dem schon beschriebenen typischen Supermarkt lassen sich die Stromkosten

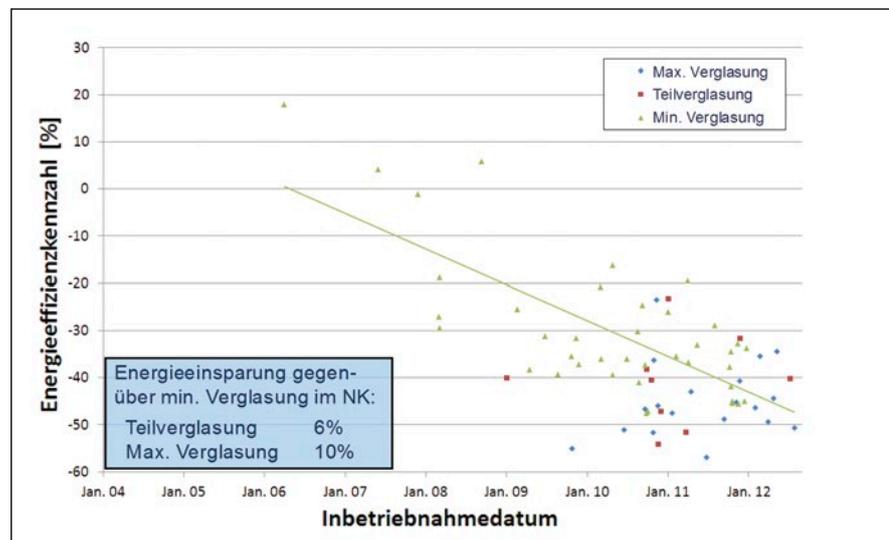


Abb.4: Einfluss der Verglasung von NK-Regalen

Kälteanlagen je Gruppe zu betrachten, um über eine Mittelwertbildung die unbekannt Einflüsse zu minimieren und so eine belastbare Aussage zu erhalten. Die um 13% höhere Effizienz von CO₂OLtec gegenüber R404A-Standard zeigt sich für den Betreiber eines typischen Supermarktes wie folgt: Die Jahresstromkosten der Kälteanlage sinken von ca. 23.000 € auf ca. 20.000 € (0,15 €/kWh). Basierend auf der Erfahrung von Carrier hat der typische Supermarkt eine Verkaufsfläche von ca. 1.500 m² und eine installierte Kälteleistung im NK-Bereich von ca. 60 kW und im TK-Bereich von ca. 20 kW. Im zeitlichen Trend zeigt die Abb.3 auch, dass die ersten CO₂-Kälteanlagen mit Inbetriebnahme in 2006/07 noch keine Energieeinsparung gegenüber dem R404A-Standard erreichen konnten. Erst mit der Weiterentwicklung und Standardisierung konnten die deutlichen Effizienzvorteile durch CO₂OLtec erreicht werden.

EINFLUSS DER WÄRMEABFUHR AN LUFT ODER BRUNNENWASSER BEI CO₂-BOOSTER ANLAGEN

In der Gruppe der minimalen Verglasung können die CO₂OLtec-Kälteanlagen in zwei Konzepte der Wärmeabfuhr unterschieden werden. Im Standard wird die

Abwärme ganzjährig an Brunnenwasser abgeführt, sodass immer eine unterkritische Verflüssigung bei 16°C bis 22°C möglich ist. Im Durchschnitt dieser sechs Märkte ist durch die Vermeidung des zeitweisen transkritischen Betriebs keine Energieeinsparung messbar. Ein wichtiger Grund hierfür ist, dass bei Wärmeabfuhr

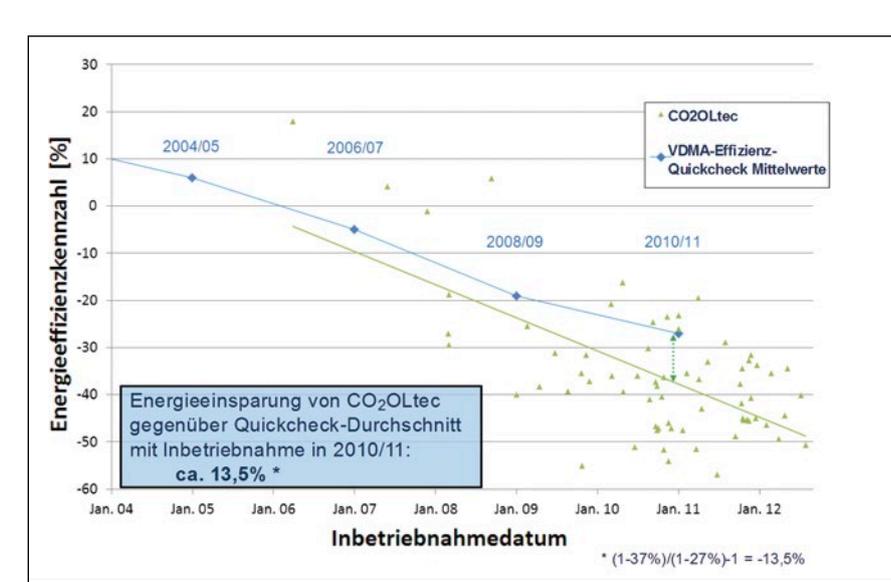


Abb.5: CO₂OLTEC im Vergleich des VDMA-Effizienz-Quickcheck

an Luft eine minimale Verflüssigungstemperatur von 10°C über mehrere Monate möglich ist. Dies gleicht auf der anderen

durch eine maximale NK-Verglasung um ca. 2.300 € pro Jahr gegenüber minimaler Verglasung senken.

VERGLEICH VON CO₂OLTEC ZU MITTELWERTEN DES VDMA-EFFIZIENZ-QUICKCHECK

Im VDMA-Effizienz-Quickcheck sind Kälteanlagen unabhängig vom Kältemittel und unabhängig der Verglasung der NK-Regale erfasst (Quelle: Carrier). Die Mittelwertlinien in Abb.2 bilden sich so aus Märkten aller Gruppen. In Abb.5 sind die Werte der Mittelwertlinien im zeitlichen Trend in blau dargestellt. Deutlich erkennbar ist der Effizienzvorteil der CO₂OLtec-Märkte, welcher im zeitlichen Trend sogar zunimmt. Gegenüber dem Mittelwert der Kälteanlagen mit Inbetriebnahme in 2010/11 erreichen die CO₂OLtec-Anlagen einen Effizienzvorteil von ca. 13,5 %.

BESTÄTIGUNG VON PLANUNGS-DATEN DURCH MESSDATEN IM BETRIEB

Für alle 68 betrachteten CO₂OLtec-Kälteanlagen wurde im Planungsstadium eine Prognoseberechnung für den Jahresenergiebedarf erstellt, entsprechend den Anforderungen des BAFA-Förder-

programms. Alle Kälteanlagen unterliegen dem 5-jährigen Energiemonitoring im Rahmen des Förderprogramms (www.bafa.de/bafa/de/energie/kaelteanlagen). Die Messdaten zeigen, dass der Energieverbrauch im Durchschnitt ca. 7 % unter der berechneten Prognose liegt.

Die Effizienzvorteile von CO₂OLtec-Kälteanlagen können gut mit der Verglasung von NK-Regalen kombiniert werden. So wird gegenüber einer R404A-Kälteanlage mit minimalem Verglasungsanteil eine Energieeinsparung von in Summe 22 % erreicht. Die Messdaten zeigen, dass der

R134a/CO ₂ -Kaskaden	gegenüber	R404A DX	7 %
CO ₂ -Booster-System	gegenüber	R404A DX	13 %
Abwärme an Brunnenwasser	gegenüber	an Luft	0 %
Teilverglasung NK	gegenüber	Min. Verglasung	6 %
Max. Verglasung NK	gegenüber	Min. Verglasung	10 %

ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ-STUDIE

Betrachtet und analysiert wurden Verbundkälteanlagen in 126 Verkaufsmärkten in Deutschland mit gemessenen Energieverbrauchsdaten. Die Aufnahme der Messdaten erfolgte über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr. Auf Basis des VDMA-Effizienz-Quickcheck wird die folgende durchschnittliche Energieeinsparung erreicht:

Energieverbrauch der CO₂OLtec-Kälteanlagen im Durchschnitt ca. 7 % unter der im Rahmen des BAFA-Förderprogramms berechneten Prognose liegt.

Autor
 Dipl.-Ing. Bernd Heinbokel
 Energy Consulting, Natural Refrigerants,
 Carrier Kältetechnik
Fotos / Grafiken: Carrier
www.carrier-kaeltetechnik.de

TOPAZ, Trockenkühler mit adiabatischer Vorkühlung

TOPAZ ist ein adiabatischer Rückkühler, der die Wärmeenergie trocken an die Atmosphäre abgibt. **Ohne Wasseraufbereitung und ohne Wasserversprühung** in den Luftstrom wird das Kühlmedium vollkommen keimfrei auf Temperaturen abgekühlt, die niedriger als die Umgebungslufttemperatur sind.



Auf Dauer gut gekühlt

E.W. GOHL GmbH
 Pfaffenhäule 28
 78224 Singen
 Phone +49 7731 - 88 06 0
 info@gohl.de . www.gohl.de