



## Effizient und zuverlässig Einsatz des Kältemittels R-454C in der Gastronomie

Autor: Harald Conrad, Westfalen Gruppe

### Die Herausforderung

Beim Besuch eines Restaurants oder Lokals möchte jeder von uns eine große Auswahl an Gerichten vorfinden und diese immer in bester Qualität. Deshalb ist in gastronomischen Einrichtungen Frische und Frischhaltung der Lebensmittel von zentraler Bedeutung. Dies wiederum setzt gut funktionierende Kältesysteme und eine ununterbrochene Kühlkette voraus. Aber gerade die Kältebranche steht aufgrund der Umweltdiskussion und der damit zusammenhängenden F-Gas-Verordnung unter großem Veränderungsdruck. Viele der bisher eingesetzten Kältemittel werden verboten oder deren Mengen reduziert, sodass neue Produkte und Technologien zur Anwendung kommen müssen. Die vermehrt diskutierten sogenannten natürlichen Kältemittel wie Ammoniak, Kohlendioxid oder Propan sind aufgrund ihrer toxischen bzw. drucktechnischen Eigenschaften sowie der extremen Entzündlichkeit nicht in jedem Fall anwendbar. Darüber hinaus spielen wirtschaftliche Aspekte und nicht zuletzt die Energieeffizienz eine entscheidende Rolle.

### Die Problemstellung

Fritz Kälte-Technik in Cuxhaven erhielt von einem Gastronomiebetrieb den Auftrag, für die Kücheneinrichtung eine sichere und effiziente kältetechnische Lösung zu entwickeln, die langfristig in einem





**Westfalen**

Unternehmen, das mit offenen Flammen arbeitet, zum Einsatz kommen kann. Das Konzept sollte für Waren zur Frischhaltung mit mehreren Kühlstellen im Plusbereich ausgerichtet sein, aber auch für Tiefkühlkost.

Noch vor kurzer Zeit wurden standardmäßig die Kältemittel R-134a (GWP: 1430; das heißt Global Warming Potential, also direktes Treibhauspotenzial) für den Plusbereich und R-404A (GWP: 3922) für die Tiefkühlanwendung in getrennten Systemen eingesetzt. Diese Kältemittel bieten allerdings mittlerweile keine langfristigen Perspektiven mehr. Für das Kältemittel R-134a gibt es bereits nicht brennbare Alternativen – wie R-450A oder R-513A mit über 50 Prozent geringeren Treibhauspotenzialen. Für diese Stoffe ist auch bereits eine breite Palette an Komponenten verfügbar.

Ein größeres Problem stellte der Ersatz des Kältemittels R-404A für das Tiefkühlsegment dar. Dieses Kältemittel ist in neuen Anlagen aufgrund der F-Gas-Verordnung seit 2020 verboten. Auch für Wartung und Reparatur ist die Verfügbarkeit von aufgearbeitetem Material im Falle einer Störung nicht gesichert. Zwar gibt es auch hier seit 2015 Ersatzkältemittel (R-449A), die von Fritz Kälte-Technik seit damals nur noch für Neuanlagen verwendet wurden, aber der GWP dieses Kältemittels beträgt immer noch über 1000. Firmenintern hat Fritz Kälte-Technik festgelegt, soweit möglich keine Kälteanlagen mehr mit einem GWP über 750 zu bauen.

Die Kältemittel Propan (R-290) und Propen (R-1270) wurden diskutiert, allerdings wegen des größeren Risikos der Explosivität, der niedrigen Zündgrenzen und Zündtemperaturen für den Küchenbetrieb wieder



# Westfalen

verworfen. Auch mit Ammoniak (R-717) und Kohlendioxid (R-744) sind Anlagen in der hier benötigten Größenordnung nicht umsetzbar.

## Die Lösung

Das Team aus Firmeninhaber Leif-Arne Tegt und seinem Betriebsleiter Tim Oberländer, beide Kälteanlagenbauermeister, suchte nach einer sicheren und wirtschaftlichen Lösung, die auch den gestiegenen Umweltauforderungen gerecht wird. Für den Plusbereich war diese relativ schnell gefunden. Aufgrund der vergleichsweise hohen Kältemittelfüllmenge und um zusätzliche Sicherheitseinrichtungen zu vermeiden, kam eine brennbare Alternative nicht infrage. Man entschied sich für das Kältemittel R-513A (Opteon™ XP10, GWP: 631) des Herstellers Chemours. Hiermit hatte Fritz Kälte-Technik schon im Vorfeld positive Erfahrungen gemacht, und dieses avancierte kurz nach Verfügbarkeit zum Standard-Kältemittel des Unternehmens. Dies war in der thermodynamischen Ähnlichkeit zu dem vorher eingesetzten R-134a begründet, sodass kostengünstige Komponenten und die entsprechenden Zulassungen dafür verfügbar waren. Zum anderen ist wegen der Nichtbrennbarkeit der sichere Betrieb im gastronomischen Umfeld gewährleistet.

Schwieriger gestaltete sich die Entscheidung beim Tiefkühlsystem. Es war schnell klar, dass für das früher eingesetzte R-404A nur ein brennbarer Ersatzstoff infrage kam. Beim Einsatz eines brennbaren Kältemittels ist die Prüfung, welche Füllmengen für die veranschlagten Leistungen notwendig sind, von enormer Bedeutung. Dies ist vor allem Grundlage für die anstehende Risikobewertung. Um die Füllmengen so weit wie möglich zu reduzieren, wurde ein vorher favorisierter einstufiger



**Westfalen**

Kältebetrieb schnell verworfen. Die Überlegung: Könnte die Verflüssigung des damals noch nicht festgelegten Kältemittels für die Tiefkühlung an der sowieso vorhandenen Pluskühlanlage realisiert werden? Abgesehen von der bereits angesprochenen geringeren Füllmenge hatte diese Idee noch weitere positive Effekte: Neben dem zusätzlich benötigten Verdampfer-Verflüssiger (Verdampfer der Pluskühlung und gleichzeitig Verflüssiger der Tiefkühlung) kamen nur noch die Regeleinrichtungen dazu. Andererseits wurde der Anlagenverflüssiger für die Tiefkühlung und Rohrleitungsanlagen eingespart. Damit konnten die Mehrkosten in Grenzen gehalten werden. Weiterhin erreichte man mit dem deutlich geringeren Druckverhältnis eine Unabhängigkeit von den zu erwartenden Druckgastemperaturen und eine größere Energieeffizienz über das gesamte System.

Aus der Fülle der von den Kältemittelherstellern angebotenen Kältemittel fiel schließlich die Wahl auf das Produkt R-454C, das vom Hersteller Chemours unter dem Handelsnamen Opteon™ XL20 geführt wird. Dieses Kältemittel besitzt einen beherrschbaren Temperaturgleit während des Phasenwechsels und ist in Auslegungsprogrammen bereits gelistet. Was die Brennbarkeit betrifft, gilt dieses Kältemittel als schwer entflammbar. In den kältetechnischen Standards ist es in der Sicherheitsgruppe A2L verzeichnet. Die Anwesenheit einer wirksamen Zündquelle im Falle einer Undichtigkeit im System konnte ausgeschlossen werden. Ein darüber hinaus entscheidendes Kriterium waren allerdings auch die geringen Umweltauswirkungen. Mit einem GWP von unter 150 wurde im Vergleich zu R-404A eine um 96 Prozent niedrigere Umweltbelastung erreicht.



## Die Beispielrechnung

Früheres System:

NK-Verbund, 4x TK-Schrank, Aggregate vollhermetisch, einstufig verdichtend

1x	NK	$T_0=-10^\circ\text{C} / T_C=+35^\circ\text{C}; Q_0=6 \text{ kW}; P_e=1,78 \text{ kW}; Q_C=7,78 \text{ kW}; \text{Lz: } 16 \text{ h}$	
		R-134a-Füllung: 6 kg; GWP: 1430	CO <sub>2</sub> -Äquivalent: 8,58 to. CO <sub>2</sub>
4x	TK	$T_0=-35^\circ\text{C} / T_C=+35^\circ\text{C}; Q_0=0,56 \text{ kW}; P_e=0,36 \text{ kW}; Q_C=0,92 \text{ kW}; \text{Lz: } 18\text{h};$	R-
		404A-Füllung: 0,35 kg; GWP: 3922	CO <sub>2</sub> -Äquivalent: 1,3727 to. CO <sub>2</sub>
<b>Gesamt-GWP:</b> 8,58 to. CO <sub>2</sub> + 4x 1,3727 to. CO <sub>2</sub>			<b>= <u>14,0708 to. CO<sub>2</sub></u></b>

### Energieverbrauchs-Abschätzung einfach:

$$16 \text{ h} \times 1,78 \text{ kW} + 4 \times 18 \text{ h} \times 0,36 \text{ kW} = \underline{\underline{54,4 \text{ kWh}}}$$

Neues System (Kaskade):

NK-Verbund, 4x TK-Schrank, Aggregate vollhermetisch, einstufig verdichtend

1x	NK	$T_0=-10^\circ\text{C} / T_C=+35^\circ\text{C}; Q_0= 6 \text{ kW} + 4 \times 0,72 \text{ kW}=8,88 \text{ kW}; P_e=2,68 \text{ kW};$	
		$Q_C=11,57 \text{ kW}; \text{Lz: } 16 \text{ h}$	R-
		513A-Füllung: 10 kg; GWP: 631	CO <sub>2</sub> -Äquivalent: 6,31 to. CO <sub>2</sub>
4x	TK	$T_0=-35^\circ\text{C} / T_C=+5^\circ\text{C}; Q_0=0,56 \text{ kW}; P_e=0,16 \text{ kW}; Q_C=0,72 \text{ kW}; \text{Lz: } 18 \text{ h};$	R-
		454C-Füllung: 0,45 kg; GWP: 148	CO <sub>2</sub> -Äquivalent: 0,0666 to. CO <sub>2</sub>
<b>Gesamt-GWP:</b> 6,31 to. CO <sub>2</sub> + 4 x 0,0666 to. CO <sub>2</sub>			<b>= <u>6,5764 to. CO<sub>2</sub></u></b>

### Energieverbrauchs-Abschätzung einfach:

$$16 \text{ h} \times 2,68 \text{ kW} + 4 \times 18 \text{ h} \times 0,16 \text{ kW} = \underline{\underline{54,4 \text{ kWh}}}$$

### Heizpotenzial (theoretisch):

$$16 \text{ h} \times 11,57 \text{ kW} + 4 \times 18 \text{ h} \times 0,72 \text{ kW} = \underline{\underline{236,96 \text{ kWh/d}}}$$

Durch Verwendung von Kaskadensystemen kann der Gesamt-GWP deutlich verringert werden. In unserem Beispiel wird eine Verringerung des direkten Treibhauspotenzials von etwa 53 Prozent erreicht. In der theoretischen Betrachtung sind energetische Gewinne nicht erkennbar. In der Praxis wird allein das deutlich geringere Druckverhältnis auf der Tiefkühlseite zu kürzeren Laufzeiten und somit zu einer Energieverbrauchs-Minimierung führen.



**Westfalen**

## **Das Ergebnis**

Das System wurde bereits im Jahr 2019 umgesetzt und sichert seitdem die Versorgung des Gastronomiebetriebs zuverlässig und effizient mit Kälte für die Plus- und Tiefkühlung. Die energetische Bilanz konnte sogar noch verbessert werden, indem die Abwärme der Kältemaschine in zwei Warmwasserspeicher geleitet wird und mit Speicherkapazitäten von 300 bzw. 800 Litern den Betrieb umweltfreundlich und kostengünstig mit Warmwasser versorgt. Kälteanlagen sind für einen Betrieb von mehreren Jahren ausgelegt. Deshalb ist die langfristige Verfügbarkeit der Komponenten, aber auch der Betriebsstoffe wie Kältemittel von großer Wichtigkeit. Mit der Entscheidung für die Kältemittelkombination R-513A (Plusbereich) und R-454C (Tiefkühlung) kann diese Voraussetzung als erfüllt angesehen werden. Weitere Anlagen in der beschriebenen oder in ähnlicher Ausführung sind in Planung. Wichtig ist dabei für den Kältefachbetrieb die Verfügbarkeit zugelassener Komponenten, aber auch klare Kriterien für den Umgang mit der deutlich eingeschränkten Brennbarkeit und Zündfähigkeit der A2L-Kältemittel im Vergleich zu den explosiven Kohlenwasserstoffen wie Propan.



**Westfalen**



**Bildunterschrift 1 (Foto: Westfalen AG, Münster):**

Vorbereitetes Tiefkühlsegment für die Integration in die Pluskühlung und ins Gesamtsystem.



**Bildunterschrift 2 (Foto: Westfalen AG, Münster):**

Autor: Harald Conrad, Westfalen Gruppe



### **Westfalen Gruppe**

Die Westfalen Gruppe ist als Technologieunternehmen der Energiewirtschaft mit insgesamt 23 Tochter- und Beteiligungsgesellschaften in Deutschland, Belgien, Frankreich, den Niederlanden, Österreich, Polen, der Schweiz und Tschechien tätig. Das im Jahre 1923 gegründete Familienunternehmen mit über 20 Produktionsstandorten in Europa hat seinen Hauptsitz in Münster. Die Geschäftsfelder sind Gase, Energieversorgung und Tankstellen. Die Westfalen Gruppe erwirtschaftete mit rund 1.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Geschäftsjahr 2018 einen Umsatz von rund 1,9 Milliarden Euro.