

# IMPLEMENTIERUNG VON A2L HFO-BLENDS MIT NIEDRIGEM GWP-WERT IN DER GEWERBEKÄLTE

von Mark Hughes & Neil Roberts



## Einführung

Bekanntermaßen wurden in den vergangenen 30 Jahren weltweit zahlreiche Vorschriften umgesetzt, die auf die Umweltauswirkungen von Kältemitteln und Kälte- und Klimaanlage abzielen. Die sich ständig verändernde Gesetzeslage hat die Umstellung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen (H-FCKW) auf Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) vorangetrieben. Aktuelle Verordnungen wie die Europäische F-Gase-Verordnung (EU 517/2014) und zukünftige Regelungen, die sich aus dem Kigali-Abkommen ergeben werden, erfordern einen erneuten Umstieg auf Produkte mit verringertem Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP), z. B. auf die Hydrofluorolefin(HFO)-basierenden Opteon™ Kältemittel.

Im Vergleich zu R-404A (GWP: 3922), ermöglichen diese HFO-basierenden Kältemittel eine Reduktion des GWP um 45 bis 96 %. Jedoch sind die meisten Kältemittel mit einem GWP von weniger als 500 in einem gewissen Maße brennbar, was den zur Erfüllung der F-Gase-Verordnung notwendigen Umstieg noch komplizierter macht. Häufig wird ein zweistufiger Ansatz erforderlich sein, um die Hoch-GWP-Produkte R-404A und R-507A zu ersetzen. In einem ersten Schritt eignen sich nicht brennbare Alternativen wie Opteon™ XP40 für Retrofit und Neuanlagen. Um aber die Vorgaben des Ausstiegsszenarios zu erfüllen, müssen in Neuanlagen gering brennbare Low-GWP-Kältemittel wie Opteon™ XL40 (R-454A) zum Einsatz kommen – unter Einhaltung der in den Normen und

Vorschriften vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen. Eine zusätzliche Triebfeder in der Gewerbekälte ist die Tatsache, dass Neuanlagen mit einer Kälteleistung von 40 kW oder darüber ab 2022 Kältemittel mit einem GWP von weniger als 150 verwenden müssen. Für kleinere Systeme, die in kleinen Lebensmittelläden zum Einsatz kommen, oder modulare Kühlanlagen in Supermärkten sind Kältemittel wie R-454A mit einem GWP von 238 erlaubt, die eine verbesserte Kälteleistung ermöglichen.

## Wie die Gewerbekälte die Vorgaben der F-Gase-Verordnung erfüllen kann

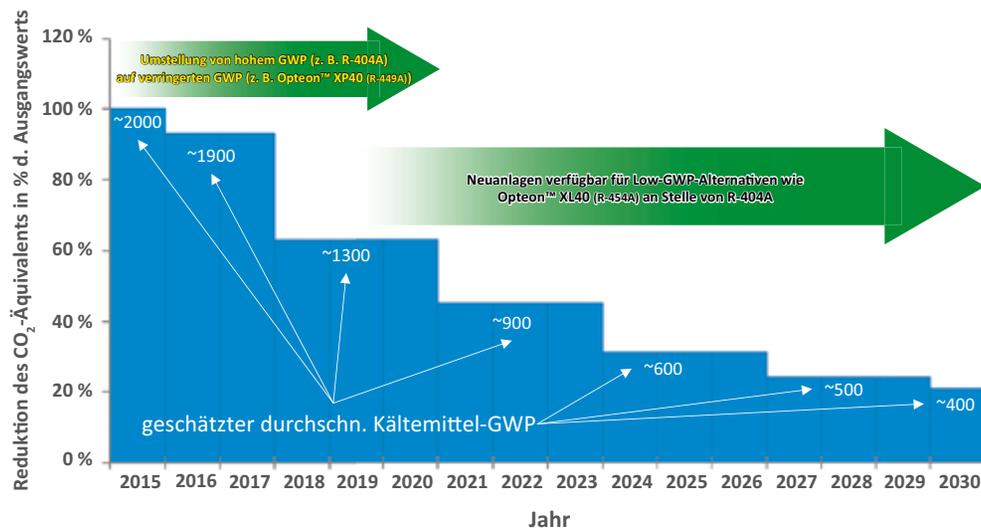
ASDA, eine große britische Handelskette, hat mit seinen Partnern eine Arbeitsgruppe gebildet, um die verfügbaren Optionen abzuwägen und sicherzustellen, dass das Unternehmen die Vorgaben der F-Gase-Verordnung einhält.

ASDA erkannte dringenden Handlungsbedarf, da sich der nächste einschneidende Schritt bereits Ende 2020 nähert. Er erfordert den verstärkten

Einsatz von Low-GWP-Kältemitteln (GWP unter 300) in zahlreichen Anwendungen, einschließlich der Gewerbekälte, siehe *Abbildung 1*.

Ein entscheidender Faktor war, dass die gewählte Lösung nicht nur einen geringeren GWP, sondern auch ähnliche Leistungseigenschaften besitzen muss wie die vorher verwendeten Produkte. Besondere Bedeutung kommt hier

*Abbildung 1* - Ideales Szenario zur Reduktion des durchschnittlichen GWP von Kältemitteln gemäß F-Gase-Verordnung



der Energieeffizienz zu, denn die durch den höheren Energieverbrauch bedingten höheren Treibhausgasemissionen würden die durch den Einsatz eines Low-GWP-Kältemittels erzielte Reduktion unter dem Strich größtenteils zunichtemachen. Eine in der Gewerbekälte beliebte und von einigen Endkunden eingesetzte Lösung ist die Verwendung transkritischer CO<sub>2</sub>-Systeme. Daher untersuchte ASDA auch diese Möglichkeit genau, kam aber zu dem Schluss, dass diese nicht die für neue Lösungen aufgestellten Leistungs- und Sicherheitsanforderungen erfüllte. Darüber hinaus war ASDA auf der Suche nach Lösungen mit ähnlichen Leistungseigenschaften wie die herkömmlichen R-404A und R-407F sowie die für den Retrofit bestehender Systeme

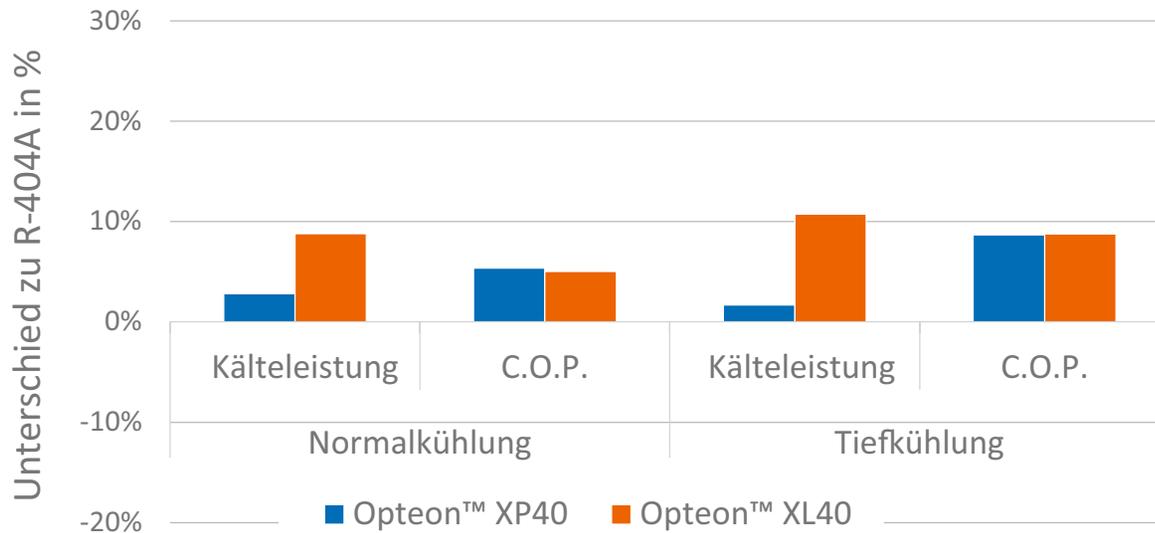
verwendeten nicht brennbaren (Sicherheitsklasse A1) HFO-Blends, z. B. R-448A und R-449A.

Chemours hat verschiedene für die Gewerbekälte geeignete Kältemittelgemische entwickelt und unter der Bezeichnung Opteon™ XL kommerzialisiert. Als Blends aus HFO-1234yf und R-32 besitzen sie einen geringen GWP (unter 300), haben allerdings den Nachteil einer geringen Brennbarkeit.

Opteon™ XL20 (R-454C) mit einem GWP von 148 wurde für Anwendungen entwickelt, die nach dem Inkrafttreten der in der F-Gase-Verordnung vorgesehenen Reduktion einen GWP von weniger als 150 erfordern. Es besitzt sehr gute

Leistungseigenschaften und eignet sich für Neuanlagen, in denen der niedrigst mögliche GWP gefordert ist, um A1-Kältemittel mit einem hohen GWP, darunter R-404A, zu ersetzen. Da die Systeme im ASDA-Projekt eine Kälteleistung von weniger als 40 kW besaßen, war es nicht erforderlich, ein Kältemittel mit einem GWP von weniger als 150 einzusetzen. Daher entschied man sich für Opteon™ XL40 (R-454A), das zwar einen geringfügig höheren GWP von 238, aber sehr ähnliche Leistungseigenschaften wie R-404A und andere Alternativen mit Sicherheitsklasse A1 in Neuanlagen besitzt. Somit lässt es sich auch langfristig einsetzen und erfüllt die strengen Leistungsanforderungen der ASDA.

Abbildung 2 – Vergleich der Leistungseigenschaften von Opteon™ Low-GWP-Kältemitteln und R-404A



Theoretische Kreisprozessberechnung auf Basis von Refprop 10.  $t_0 \text{ NK} = -12 \text{ °C}$ ,  $t_0 \text{ TK} = -35 \text{ °C}$ ,  $t_c = 40 \text{ °C}$ , isentropischer Wirkungsgrad des Verdichters = 0,7, Überhitzung im Verdampfer = 5 K, gesamte Unterkühlung = 3 K, Ansaug-Überhitzung = 5 K, identische Verdrängung.

Abbildung 2 vergleicht die theoretischen Leistungseigenschaften von Opteon™ XL40 und R-404A.

Gemeinsam mit den Serviceunternehmen hat ASDA das Kältemittel Anfang 2018 sechs Wochen lang in einer bestehenden Anlage in einem zugangsbeschränkten Bereich, dem ASDA

Merchandising Centre of Excellence (MCE) in Leeds getestet. Die Ergebnisse dieses ersten Tests waren hervorragend. So mussten zur Inbetriebnahme gegenüber dem vorher verwendeten R-407A keine Einstellungen verändert werden. Zudem hat sich sehr schnell gezeigt, dass sich die Kälteleistung durch Anhebung des Sauggas-Sollwerts steigern lässt, ohne die Gesamt-Systemleistung zu beeinträchtigen.

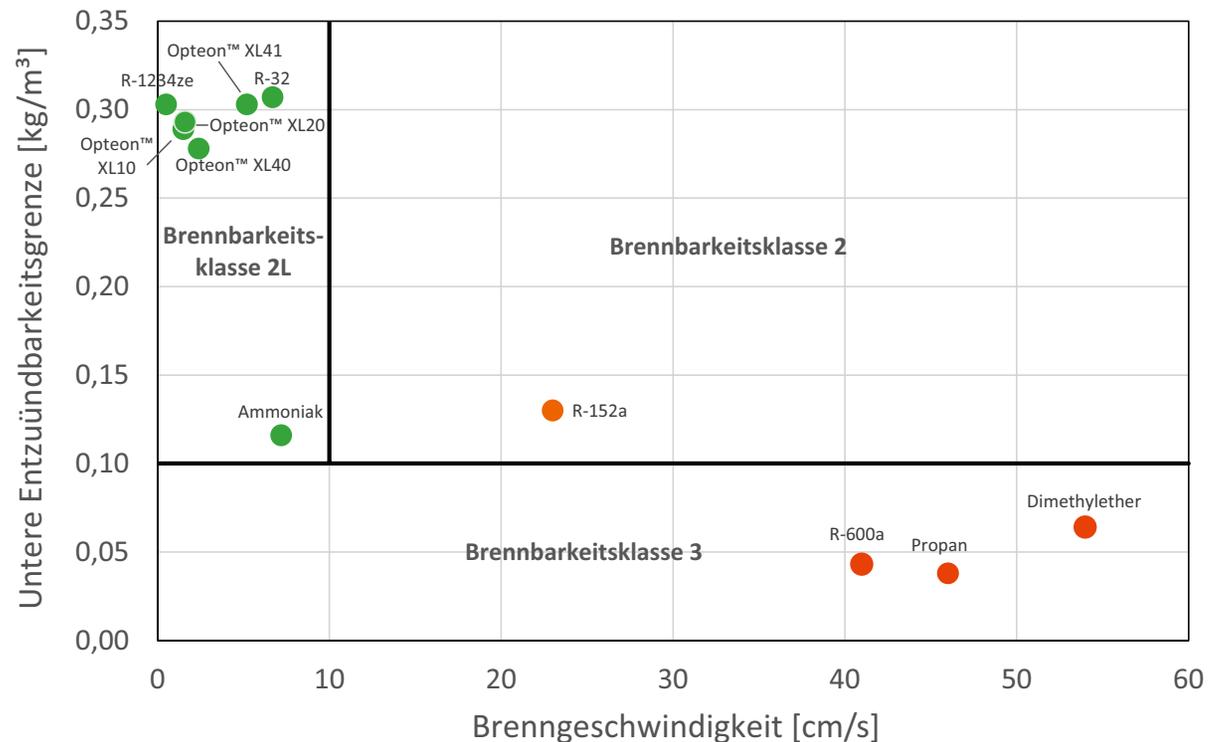
Auf Basis dieser Ergebnisse ging ASDA zur nächsten Phase über – einem Test im neuen MCE auf dem ehemaligen Pentair-Gelände in Leeds. Hierfür entwickelte und baute Hubbard Products ein neues System, das die entsprechenden ATEX- und DSEAR-Anforderungen erfüllte. Es bestand aus zwei unabhängigen Systemen, die auf einem gemeinsamen Rahmen montiert sind und eine spezielle Technologie verwenden, um die Füllmenge zu minimieren. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Verbundanlage die für die Normalkühlung erforderliche Kälteleistung von 80 kW erreicht und zugleich den Vorgaben der Norm BS EN 378 entspricht wie im Folgenden näher erläutert.

## Einsatz von A2L-Kältemitteln in der Gewerbekälte

Bis 2010 existierten drei Entflammbarkeitsklassen: 1 bedeutete keine Flammausbreitung (z. B. R-134a), 2 bedeutete brennbar (z. B. R-152a) und 3 bedeutete hoch brennbar (z. B. Propan). Mit dem erforderlichen Umstieg auf Kältemittel mit verringertem GWP zeigte sich, dass viele der in Frage kommenden Low-GWP-Alternativen brennbar sind. Einige von ihnen besaßen ein geringeres Sicherheitsrisiko als R-152a oder Propan, und daher begann man zu untersuchen, worin die relativen Risiken einer Entzündung bestanden und wie sich die einzelnen Kategorien voneinander abgrenzen ließen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen mündeten in dem Vorschlag, in der Klasse 2 eine Untergruppe einzuführen. In diese Klasse 2L sollten Kältemittel eingestuft werden, die nicht nur eine Verbrennungswärme (HOC; Heat of Combustion)  $< 19.000 \text{ kJ/kg}$  und eine Untere Entflammbarkeitsgrenze (LFL, Lower Flammability Limit)  $> 0,1 \text{ kg/m}^3$  besitzen, sondern deren Brenngeschwindigkeit ( $S_u$ ) auch weniger als  $10 \text{ cm/s}$  beträgt (Abbildung 3).

Abbildung 3 – Klassifizierung von Kältemitteln nach Brenngeschwindigkeit und Unterer Entzündbarkeitsgrenze



Der Einsatz brennbarer Kältemittel ist nicht neu. So verwenden quasi alle Haushaltskühlschränke in Europa R-600a. Die für den Einsatz brennbarer Kältemittel entwickelten Normen und Vorschriften basierten jedoch auf den Sicherheitsklassen 2 und 3, die strengere Sicherheitsvorkehrungen erfordern als die

neuen, in die Sicherheitsklasse 2L eingestuften Kältemittel. Wie aus *Tabelle 1* ersichtlich, ergibt sich aus den Brennbarkeitseigenschaften der A2L-Kältemittel ein deutlich geringeres Risiko. Neben einer geringeren Brenngeschwindigkeit und Verbrennungswärme braucht es bei A2L-Kältemitteln eine größere Energiezufuhr,

um die Untere Entzündbarkeitsgrenze zu erreichen. Zudem ist die Mindestzündenergie (MZE) um ein Vielfaches höher als die zur Entzündung eines A3-Kältemittels erforderliche Energie.

Nach der formalen Aufnahme der Sicherheitsklasse 2L in die Normen ASHRAE Standard 34 (2010) und ISO 817 (2014) wurde die Klassifizierung durch die ASHRAE-Norm 15 „Safety Code for Mechanical Refrigeration“ (USA) und ISO 5149 „Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ anerkannt und schließlich in die europäische Norm EN 378:2016 aufgenommen. Diese bildet die Grundlage zur Beurteilung der Voraussetzungen für einen sicheren Einsatz von A2L-Kältemitteln. Dabei ist Teil 1 dieser Norm von besonderem Interesse, denn er definiert die zulässigen Höchstfüllmengen. Es ist zu beachten, dass die Einhaltung der EN 378 nicht die Notwendigkeit von Gefährdungsbeurteilungen während Planung, Installation, Einsatz und Wartung ausschließt und dass die mit A2L-Kältemitteln verwendeten Komponenten der euDruckgeräterichtlinie (PED, 2014/68/EU) entsprechen müssen.

*Tabelle 1* – Vergleich der Brennbarkeitseigenschaften typischer A3-, A2- und A2L-Kältemittel

Parameter	Propan	R-152a	Opteon™ XL40
Sicherheitsklasse	A3	A2	A2L
Untere Entzündbarkeitsgrenze (Vol. %) [kg/m <sup>3</sup> ]	2,2 [0,038]	3,9 [0,130]	8,0 [0,278]
Obere Entzündbarkeitsgrenze (Vol. %) [kg/m <sup>3</sup> ]	10,0 [0,192]	16,9 [0,563]	15,0 [0,522]
OEG - UEG (Vol. % - Bereich)	7,8	13,0	7,0
Mindestzündenergie (mJ)	0,25	0,38	300-1000
Brenngeschwindigkeit (cm/s)	46	23	2,4
Verbrennungswärme (MJ/g)	46,3	16,5	10,04



## Berechnung der Höchstfüllmengen gemäß EN 378-1:2016

Anhang C der EN 378-1:2016 definiert die Kriterien für die Berechnung der zulässigen Kältemittelfüllmenge. Tabelle C.2 in diesem Anhang C behandelt den Einsatz von Kältemitteln der Sicherheitsklasse A2L. Die Füllmengenberech-

nungen richten sich nach speziellen Zugangskategorien, dem Aufstellungsort und der Art der Anwendung. Der Punkt „Sonstige Anwendungen“ behandelt den Einsatz von A2L-Kältemitteln in einer gewerblichen Verbundkälteanlage.

### **Zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen bei höheren Füllmengen - Grenzwert für die Füllmenge bei zusätzlicher Belüftung (engl. Quantity Limit Additional Ventilation, QLAV)**

Wie oben erwähnt sieht EN 378 Vorkehrungen vor, die in bestimmten Anwendungen höhere Füllmengen bei A2L-Kältemitteln erlauben, wenn zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden. Diese Vorkehrungen sind in EN 378-1:2016, Anhang C.3 definiert und erfordern, dass:

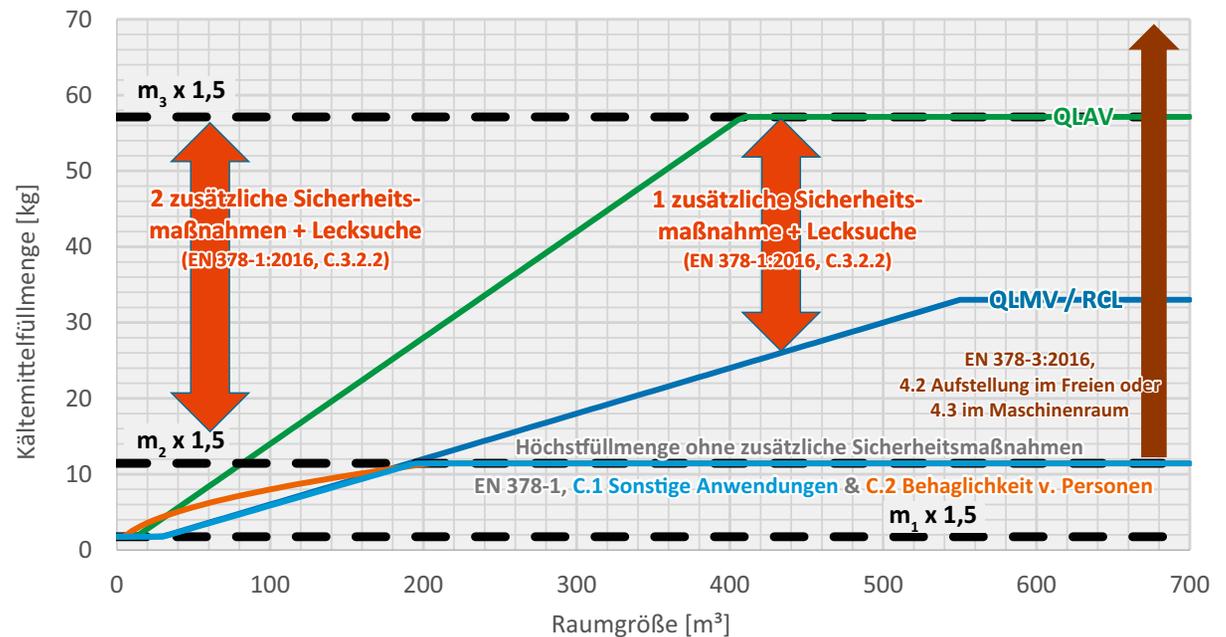
- das System an einem Aufstellungsort der Klasse 3, die Verdichter in einem Maschinenraum oder im Freien installiert werden,
- die Füllmenge nicht größer ist als 150 kg und  $m_3 \times 1,5$  nicht übersteigt ( $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{UEG kg/m}^3$ ),
- die Nennkälteleistung jedes einzelnen im Inneren befindlichen Geräts nicht größer ist als 25 % der gesamten Kälteleistung der Anlage im Außenbereich,
- die im Inneren installierte Einheit gegen Schäden durch Eisbildung und Lüfterbruch geschützt ist,
- im Personen-Aufenthaltsbereich nur feste Verbindungen verwendet werden (mit Ausnahme bauseitiger Verbindungen, die die Indoor-Einheit direkt mit der Rohrleitung verbinden),

- Kältemittelleitungen im Personen-Aufenthaltsbereich gegen unbeabsichtigte Beschädigungen durch Umwelteinflüsse (z. B. Wasser, Temperaturen, Schmutz usw.) oder Bewegungen einzelner Bauteile oder Geräte in der Umgebung (z. B. Vibrationen, sich bewegende Möbel usw.) geschützt sind,
- die Türen des Personen-Aufenthaltsbereichs nicht hermetisch dicht sind sowie
- der Abzug in unterhalb des Systems befindliche Ebenen durch Belüftung dieser Räume verringert wird.

Zudem müssen geeignete Sicherheitsmaßnahmen wie zusätzliche Belüftung (natürliche oder mechanische Lüftung), Sicherheitsabsperrentile oder Sicherheitsalarme in Verbindung mit Leckagedetektoren getroffen werden. Wie *Abbildung 4* zeigt, sind dank der zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen Höchstfüllmengen von mehr als 50 kg möglich.

Die Höchstfüllmenge lässt sich mit einem von Chemours entwickelten und in *Abbildung 5* dargestellten Kalkulationstool einfach berechnen.

*Abbildung 4* – Höchstfüllmenge gemäß QLAV-Berechnung für Opteon™ XL40 (EN 378-1:2016, Anhang C.3) im Vergleich zur Höchstfüllmenge ohne zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen (EN 378-1:2016, Anhang C. bzw. C.2)



Anmerkung: QLAV (Quantity Limit Additional Ventilation), QLMV (Quantity Limit Minimum Ventilation), RCL (Refrigerant Concentration Limit, Grenzwert für die Kältemittelkonzentration).

Abbildung 5 – Beispiel einer Berechnung der Höchstfüllmenge mit Hilfe des Charge Size Calculators gemäß EN 378-1:2016

### Opteon™ XL Refrigerant Charge Calculator

Enter the Location, Access Categories and Refrigerant using the drop down list. Type in the room dimensions and estimated refrigerant charge.  
 (Always refer to the full EN 378:2016 standard to ensure all the necessary requirements are fulfilled)

Location Classification:	Class II	Compressors in machinery room or open air If all compressors and pressure vessels are either located in a machinery room or in the open air then the requirements for a class II location shall apply unless the system complies with the requirements of class III. Coils and pipework including valves may be located in an occupied space.	
Access Category:	a	Rooms, parts of buildings, building where — sleeping facilities are provided, people are restricted in their movement, — an uncontrolled number of people are present, any person has access without being personally acquainted with the necessary safety precautions	Example Hospitals, courts or prisons, theatres, supermarkets, schools, lecture halls, public transport termini, hotels, dwellings, restaurants
Other Applications or Low Occupancy:	Other Applications		
Refrigerant:	Opteon™ XL40	(R454A, GWP <sup>1</sup> = 239)	
Room Dimensions / m	Height: 3 m Width: 20 m	Length: 10 m Room Volume: 600 m <sup>3</sup>	
Estimated Required Refrigerant Charge / kg:	50kg		
<b>Refrigerant Charge Limits / kg</b>			
EN 378 Appendix C1:	10.84kg		
EN 378 Appendix C3 (QLMV):	36.00kg		
EN 378 Appendix C3 (QLAV):	54.21kg		

Systems where the rated cooling (heating) capacity of the indoor unit is not more than 25 % of the total cooling (heating) capacity of the outdoor unit systems and where pipes serving equipment in the occupied space in question are not oversized relative to the capacity of that equipment, where the heat exchanger in the indoor unit and the control of the system are designed to prevent damage due to ice formation, where the refrigerant-containing parts of the indoor unit are protected against fan breakage or the fan is designed to prevent breakage, systems where only permanent joints are used in the occupied space in question except for site-made joints directly connecting the indoor unit to the piping, where the refrigerant-containing pipes in the occupied space in question are installed in such way that it is protected against accidental damage in accordance with EN 378-2:2016, 6.2.3.3.4 and EN 378-3:2016, 6.2, alternative provisions to ensure safety are provided in accordance with EN 378-1:2016, C.3.2.2 and C.3.2.3, doors of the occupied space are not tight-fitting and the effect of flow down is mitigated in accordance with C.3.2.4.  
 If the value exceeds the QLMV, appropriate measures such as ventilation (natural or mechanical), safety shut-off valves and safety alarm, in conjunction with a gas detection device, see in EN 378-3:2016, Clauses 6, 8, 9 and 10. A safety alarm alone shall not be considered as an appropriate measure where occupants are restricted in their movement. (see EN 378-3:2016, 8.1) shall be taken.

1. GWP values are from Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) Assessment Report 4 as specified in EU 517/2014 legislation.  
 Note: The information provided is intended only as a guide and should not be taken in isolation. All assessments should be made with reference to the full text contained within the current EN 378:2016 standard. Also the above calculations do not remove the need for a risk assessment before installing or using equipment utilising Opteon™ 2L Flammable refrigerants

**DISCLAIMER**

The information provided herein is believed to be accurate, but is not warranted nor is it intended to be used without independent verification. Because it is provided gratis, the reader assumes sole responsibility for any results obtained in reliance on this information. Statements or suggestions concerning possible use of our products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement, and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that all safety measures are indicated, or that other measures may not be required.

## Gefährdungsbeurteilung – Betrachtung der Brennbarkeit

Die Einhaltung der EN 378:20126 bedeutet nicht, dass auf eine Gefährdungsbeurteilung verzichtet werden kann. Obwohl gerne vernachlässigt, muss für alle Systeme, die Kältemittel verwenden – unabhängig von deren Brennbarkeitsklasse – eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. Der Einsatz brennbarer Kältemittel bringt natürlich mögliche zusätzliche Risiken mit sich. Daher müssen alle für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 geltenden Standardverfahren zur Gefährdungsbeurteilung dahingehend überprüft werden, ob die mit brennbaren Substanzen verbundenen Risiken dort vollständig berücksichtigt sind.

Für das ASDA-Projekt wurde in jeder Phase eine individuelle Gefährdungsbeurteilung durchgeführt, für Planung und Montage, für die Installation/Stilllegung sowie für die Wartung und den normalen Betrieb. Die Gefährdungsbeurteilungen inklusive ATEX-Prüfung wurden mit Unterstützung und unter Anleitung des Consultingunternehmens Business Edge durchgeführt. Die hier gewonnenen Erkenntnisse wurden in ein eigenes Regelwerk überführt, das von der ASDA und

ihren Serviceunternehmen verwendet wird und auch Anwendern gewerblicher Kältetechnik offen steht, die sich ganz allgemein für den Einsatz von A2L-Kältemitteln interessieren.

Innerhalb der Europäischen Union ist die Betriebsrichtlinie ATEX 137 (1999/92/EG) die primäre Richtlinie für die Betrachtung. ATEX 137 wurde in Deutschland durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) in deutsches Recht umgesetzt. Die Betriebssicherheitsverordnung sieht eine Gefährdungsbeurteilung zu möglichen Wechselwirkungen zum Aufstellungsbereich bzw. der Einsatzumgebung der Kälteanlage vor, unabhängig davon, ob eine brennbare Substanz zum Einsatz kommt oder nicht. Zudem muss vor der Inbetriebnahme von Druckanlagen eine Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle vor sowie wiederkehrende Prüfungen durch eine befähigte Person erfolgen.

Die Europäische Norm EN 60079-10-1:2015 befasst sich mit der Einteilung von explosionsgefährdeten Bereichen, in denen Gefährdungen durch brennbare Gase oder Dämpfe oder Nebel

auftreten können, welche dann als Grundlage zur Unterstützung bei der zweckmäßigen Auswahl und Installation von Geräten in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden können. Sie erfordert die Identifikation

- möglicher Freisetzungquellen,
- von Ausmaß, Häufigkeit und Dauer einer möglichen Freisetzung,
- der Ex-Zone (explosionsfähige Atmosphäre ist während des normalen Betriebs ständig, gelegentlich oder nicht vorhanden),
- der Größe der Ex-Zone.

Zu den möglichen Hauptzündquellen, die bei Kälteanwendungen in Betracht kommen, gehören alle Geräte, die Energie in Form von Wärme, Elektrizität oder durch mechanische und chemische Prozesse erzeugen. Eine vollständige Liste möglicher Zündquellen enthält EN 1127-1:2012.

Nach Festlegung der Ex-Zonen wurden mögliche Zündquellen innerhalb der Zone identifiziert und entfernt bzw. Überwachungseinrichtungen installiert, um eine Zündung zu verhindern, falls eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen sollte.

Wie weiter oben in *Tabelle 1* gezeigt, besitzen A2L-Kältemittel völlig andere Brennbarkeits-eigenschaften als A3-Kältemittel wie Propan. So stellen viele Zündquellen, die bei Propan eine Zündung auslösen könnten, für A2L-Kältemittel keine Zündquellen dar. *Tabelle 2* fasst die Ergebnisse der durch das Air-Conditioning, Heating & Refrigeration Institute (AHRI) durchgeführten Tests zusammen. Sie zeigen sehr deutlich, dass viele Haushaltsgeräte und sogar Reibungsfunken oder glimmende Zigaretten bei A2L-Kältemitteln nicht als Zündquellen angesehen werden müssen. Die Zigarette ist sogar zwei Minuten nach Einbringen in das brennbare Kältemittel-Luft-Gemisch erloschen.

*Tabelle 2* - Ergebnisse von Zündtests mit A2L-Kältemitteln in stöchiometrischen Gas-Luft-Gemischen (explosionsfähige Atmosphäre) gemäß AHRI Report Nr. 8017

Mögliche Zündquelle	R-32	Opteon™ XL55	Opteon™ XL10
Heißer Draht	V	V	V
Streichholz	V	V	L
Feuerzeugflamme	V	L	L
Auf Kerze gerichtete Leckage	L	N	L
Zigarette	N	N	N
Grillanzünder	N	N	N
Stecker und Steckdose	N	N	N
Lichtschalter	N	N	N
Handmixer	N	N	N
Akkubohrer	N	N	N
Reibungsfunken	N	N	N
Haartrockner	N	N	N
Toaster	N	N	N
Heiße Oberfläche	N	N	N
Raumheizgerät	N	N	N

Legende: **V** - Verpuffung (Flamme breitet sich schnell von der Zündquelle aus), **L** - lokal begrenzte Flamme (keine Flammausbreitung), **N** - keine Verbrennung des Kältemittels

## Versuch im neuen MCE 2019

Der Test im neuen MCE begann im Februar 2019 und erfolgte mit zwei von Hubbard speziell gebauten Kompaktsystemen mit Verdichtern von Emerson, die für den Einsatz mit HFO-Kältemittelblends zugelassen sind. Die Systeme besitzen eine Kälteleistung von < 40 kW und enthielten ca. 50 kg Kältemittel. Ein System wurde mit dem in die Sicherheitsklasse A1 eingestuften HFO-Blend R-448A, das andere mit Opteon™ XL40

(R-454A) betrieben. Mit Hilfe dieser Vorrichtung wurden nicht nur die Leistungseigenschaften des A2L-Kältemittels ermittelt. Sie diente auch als Prüfstand für die Gefährdungsbeurteilungen, einschließlich DSEAR (Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations), und vor allem zur Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung in einem solchen System. Dazu gehören Belüftung, Leckageüberwachung sowie

die Entwicklung eines Protokolls zum Herunterfahren eines Systems im Falle einer festgestellten Leckage. Zugleich ergab sich die Möglichkeit, das Design der Kühlvitrienen für A2L-Kältemittel zu optimieren. Dazu gehörte auch die Installation von Einrichtungen zum Aufspüren von Leckagen.

## Testergebnisse

Nach Optimierung der Sollwerte wurde der Energieverbrauch beider NK-Systeme von Wave, einem Beratungsdienstleister, aufgezeichnet. Um die Daten besser vergleichen zu können, liefen beide Systeme über einen festgelegten Zeitraum mit ähnlichen Lasten.

Eine Analyse der Daten ergab, dass das System mit Opteon™ XL40 (R-454A) 3,65 % weniger Energie verbrauchte als das System mit R-448A.

Es hat sich gezeigt, dass die A1 HFO-Blends R-448A und R-449A (Opteon™ XP40) im Vergleich mit R-404A im NK-Bereich eine signifikant verbesserte Energieeffizienz besitzen, und die Implementierung des A2L-Kältemittels R-454A hat eine weitere kleine Verbesserung ergeben.



## Schlussfolgerungen

Mit der Unterstützung von Chemours und anderen wichtigen Partnern hat ASDA eine Gewerbekälteanlage entwickelt, die:

- die Herausforderungen durch die in der F-Gase-Verordnung vorgesehene schrittweise Reduktion des GWP und das Verbot von Kältemitteln mit hohem GWP meistert,
- die Empfehlungen der EN 378 hinsichtlich Füllmengen und Sicherheit einhält,
- dank auf einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung Implementierung von Maßnah-

men zur Risikominderung einen sicheren Einsatz von A2L-Kältemitteln ermöglicht,

- wirtschaftlich realisierbar ist, da sie ähnliche Komponenten verwendet wie herkömmliche H-FKW, was wiederum die Installation und Wartung vereinfacht,
- gegenüber den vorher eingesetzten H-FKW und den derzeit für den Retrofit verwendeten A1 HFO-Blends eine verbesserte Energieeffizienz besitzt und zugleich eine Reduktion des GWP um mehr als 80 % ermöglicht,

- eine langfristige und nachhaltige Lösung für kompakte gewerbliche Kälteanwendungen bietet,
- wegweisend für andere potenzielle Endkunden für den sicheren Einsatz von A2L-Kältemitteln ist.

Der nächste Schritt ist die Umsetzung der hier gewonnenen Erkenntnisse in einer echten Supermarktumgebung. Dies ist für das zweite Halbjahr 2019 geplant.

# Über Opteon™ Kältemittel



Das Opteon™ Kältemittelportfolio bietet eine optimale Kombination aus Nachhaltigkeit, Leistung, Sicherheit und Kosteneffizienz und trägt dazu bei, die Anforderungen aktueller Verordnungen zu erfüllen und gesteckte Geschäftsziele zu erreichen.

Vor allem in Europa treibt die Opteon™ XL Reihe an Kältemitteln mit sehr niedrigem GWP die von der F-Gase-Verordnung geforderte Umstellung voran und ermöglicht Kunden die Wahl der für sie am besten geeigneten Lösung hinsichtlich Leistung, Sicherheit, Nachhaltigkeit und Gesamtbetriebskosten.

## Unternehmen vertrauen auf Opteon™ Kältemittel, denn diese bieten:

### **Geringer GWP:**

Bis zu 99 % geringerer GWP als herkömmliche Kältemittelgenerationen.

### **Kein Ozonabbaupotenzial:**

Die HFO-basierende Kältemittelfamilie besitzt kein Ozonabbaupotenzial.

### **Einfache Umstellung:**

Minimiert Kosten für die Umstellung und Stillstandszeiten.

### **Sehr gute Kälteleistung:**

Ähnliche Kälteleistung wie zahlreiche H-FCKW- und H-FKW-basierende Technologien.

### **Energieeffizienz:**

Geringerer Energieverbrauch ermöglicht langfristige Kostensenkungen über die gesamte Systemlebensdauer.

### **Langfristige Einsetzbarkeit:**

HFO-basierende Kältemittel können die Anforderungen weltweiter und regionaler Verordnungen erfüllen und übererfüllen.

### **Anerkannte Expertise:**

Dank ihrer 85jährigen Branchenerfahrung können die Kältemittelexperten von Chemours Kunden dabei unterstützen, die aktuellen Regelungen einzuhalten und Höchstleistungen zu erreichen.

Auf [Opteon.com/regulations](https://www.opteon.com/regulations) erhalten sie weitere Informationen zu H-FKW-Ersatzkältemitteln, und Sie können mit unseren Experten Kontakt aufnehmen.



Die hierin gemachten Angaben und Empfehlungen werden kostenlos zur Verfügung gestellt und erfolgen auf der Grundlage der Chemours vorliegenden Informationen. Chemours übernimmt keine Gewährleistung oder Haftung, sei es ausdrücklich oder stillschweigend, für die gemachten Angaben oder Empfehlungen und deren mögliche spätere Verwendung. Die zur Verfügung gestellten Informationen sind nicht als Gewährung einer Lizenz oder als Empfehlung zur Verletzung von Patenten oder Schutzrechten Dritter zu betrachten.

©2019 The Chemours Company FC, LLC. Opteon™ und damit verbundene Logos sind markenrechtlich geschützt für The Chemours Company FC, LLC. Chemours™ und das Chemours Logo sind markenrechtlich oder urheberrechtlich geschützt für The Chemours Company.