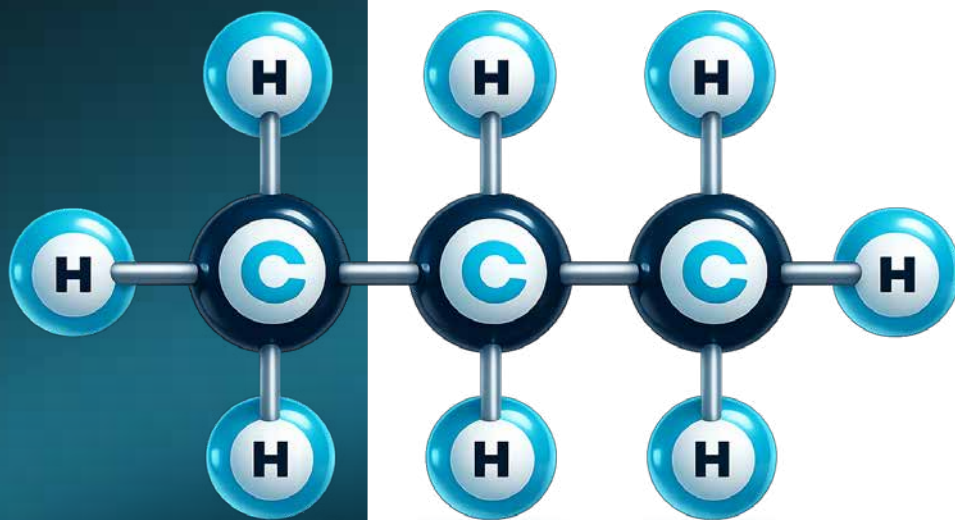


 HiRef

WHITE PAPER

R290

DIE ZUKUNFT DER KÄLTEMITTEL



INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG	S. 4
2	HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER KÄLTEMITTEL	S. 5
2.1	DAS ZEITALTER DER SYNTHETISCHEN STOFFE: FCKW, H-FCKW, HFKW	S. 5
2.2	ENDE DES 20. JAHRHUNDERTS BIS HEUTE: HFKW, HFO UND DIE RÜCKKEHR ZU NATÜRLICHEN PRODUKTEN	S. 5
2.3	INTERNATIONALER UND REGIONALER RECHTSRAHMEN	S. 5
2.4	PFAS UND TFA: AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT UND RECHTSVORSCHRIFTEN	S. 8
2.5	NACHHALTIGKEIT BEI KÄLTEMITTELN: DREIECK UND 7-KRÄFTE-MODELL	S. 8
2.6	TECHNOLOGISCHE UND ANWENDUNGSBEZOGENE TRENDS	S. 9
2.7	ZUKUNFTSAUSSICHTEN, REGIONALE UMSETZUNG UND ENTWICKLUNGSSZENARIOEN	S. 10
2.8	SCHLUSSFOLGERUNGEN	S. 10
3	INSTALLATIONSANFORDERUNGEN FÜR PRODUKTE, DIE DIE NEUEN A3-KÄLTEMITTEL VERWENDEN: FOKUS AUF R290	S. 11
3.1	EINFÜHRUNG	S. 11
3.2	ATEX-RICHTLINIE	S. 11
3.3	INSTALLATION DER GERÄTE	S. 12
3.4	INTERNE SICHERUNGEN	S. 13
3.5	ALARMSEQUENZ UND DEREN HANDHABUNG	S. 13
3.6	BEISPIELE FÜR VORSCHRIFTSMÄSSIGE INSTALLATIONEN	S. 14
3.7	BEISPIELE FÜR NICHT VORSCHRIFTSMÄSSIGE INSTALLATIONEN	S. 15
4	DAS ALLEINSTELLUNGSMERKMAL VON HIREF: LEISTUNG, NACHHALTIGKEIT UND MARKTEXPANSION	S. 16
4.1	VISION UND POSITIONIERUNG BEIM ÜBERGANG ZU NATÜRLICHEN KÄLTEMITTELN	S. 16
4.2	ENERGIEEFFIZIENZ UND REDUZIERUNG DES TEWI-WERTES	S. 16
4.3	ERWEITERUNG DER MARKTSEGMENTE	S. 17
4.4	VORTEILE FÜR PLANER, INSTALLATEURE UND ENDNUTZER	S. 17
4.5	ANWENDUNGSFÄLLE UND EINSATZSZENARIEN VON HIREF MIT R290	S. 17
5	ZUSAMMENFASSUNG UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN	S. 19

1 EINFÜHRUNG

Die Wahl der Kältemittel ist heute nicht nur für den ökologischen Wandel im HLK-Sektor (Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Kältetechnik) von zentraler Bedeutung, sondern auch für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, die Sicherheit der Mitarbeiter und die Umweltgesundheit. Das vorliegende Whitepaper beleuchtet den raschen Wandel, der sich derzeit bei den im HLK-Sektor verwendeten Kältemitteln vollzieht: von der Abkehr von Kältemitteln mit hoher Umweltbelastung über die strengen Vorschriften zu PFAS und die mit den neuen HFKW/HFO-Gemischen verbundenen Risiken bis hin zur Wiederentdeckung „natürlicher“ Kältemittel. Dieses Dokument bietet eine umfassende und kritische Darstellung dieser Prozesse und berücksichtigt dabei die wichtigsten internationalen Rechtsvorschriften sowie neue ingenieurtechnische und betriebswirtschaftliche Praktiken.

2 HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER KÄLTEMITTEL

2.1 Das Zeitalter der synthetischen Stoffe: FCKW, H-FCKW, HFKW

In den 1930er Jahren wurden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und später teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) eingeführt, stabile, ungiftige und nicht brennbare Verbindungen. FCKW und H-FCKW sind jedoch für den Abbau der stratosphärischen Ozon-schicht bzw. für den Treibhauseffekt verantwortlich, was zu internationalen Abkommen über ihre Reduzierung und Abschaffung geführt hat.

2.2 Ende des 20. Jahrhunderts bis heute: HFKW, HFO und die Rückkehr zu natürlichen Produkten

Seit den 1990er Jahren führte der Druck seitens der Gesetzgebung und der Wissenschaft zur Einführung von Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW), die sich durch ein ODP (Ozonabbaupotenzial) von Null, aber oft ein hohes GWP (Treibhauspotenzial) auszeichnen. In jüngerer Zeit haben sich Hydrofluorolefine (HFO) durchgesetzt, die zwar ein sehr niedriges Treibhauspotenzial (GWP) aufweisen, jedoch wegen der möglichen Bildung von Nebenprodukten wie TFA (Trifluoressigsäure) und ihrer Einordnung in die PFAS-Familie umstritten sind. Parallel dazu findet eine Rückkehr zu natürlichen Kältemitteln statt – CO₂, Ammoniak, Kohlenwasserstoffe –, die sowohl durch Innovationen als auch durch internationale gesetzliche Vorschriften vorangetrieben wird.

» Historischer Überblick über Kältemittel

Zeitraum	Häufigste Art	Gängige Kältemittel	Eigenschaften	Umweltauswirkungen
1830 - 1930	Natürliche Kältemittel	NH ₃ , CO ₂ , SO ₂ , Ether	Toxisch / entzündbar	Geringes GWP / Kein GWP
1930 - 1990	Synthetische Kältemittel	FCKW, H-FCKW	Nicht toxisch / Sicher	Hohe ODP- und GWP-Werte
1990 - 2010	Umweltfreundlichere synthetische Stoffe	HFKW	Nicht ozonschädigend	Hohes GWP
2010 - Heute	Neue synthetische Kältemittel / Comeback natürlicher Kältemittel	HFO, CO ₂ , NH ₃ , R290	Niedriges GWP, ODP gleich Null	Sehr niedriges GWP

Die Zeitleiste spiegelt eine Entwicklung wider, die von technischen Anforderungen, Sicherheitsaspekten und vor allem gesetzlichen Vorschriften bestimmt wurde, wobei natürliche Kältemittel immer wieder neu entdeckt und durch technische Innovationen ergänzt wurden.

2.3 Internationaler und regionaler Rechtsrahmen

2.3.1 Das Montrealer Protokoll und das Kigali-Amendment

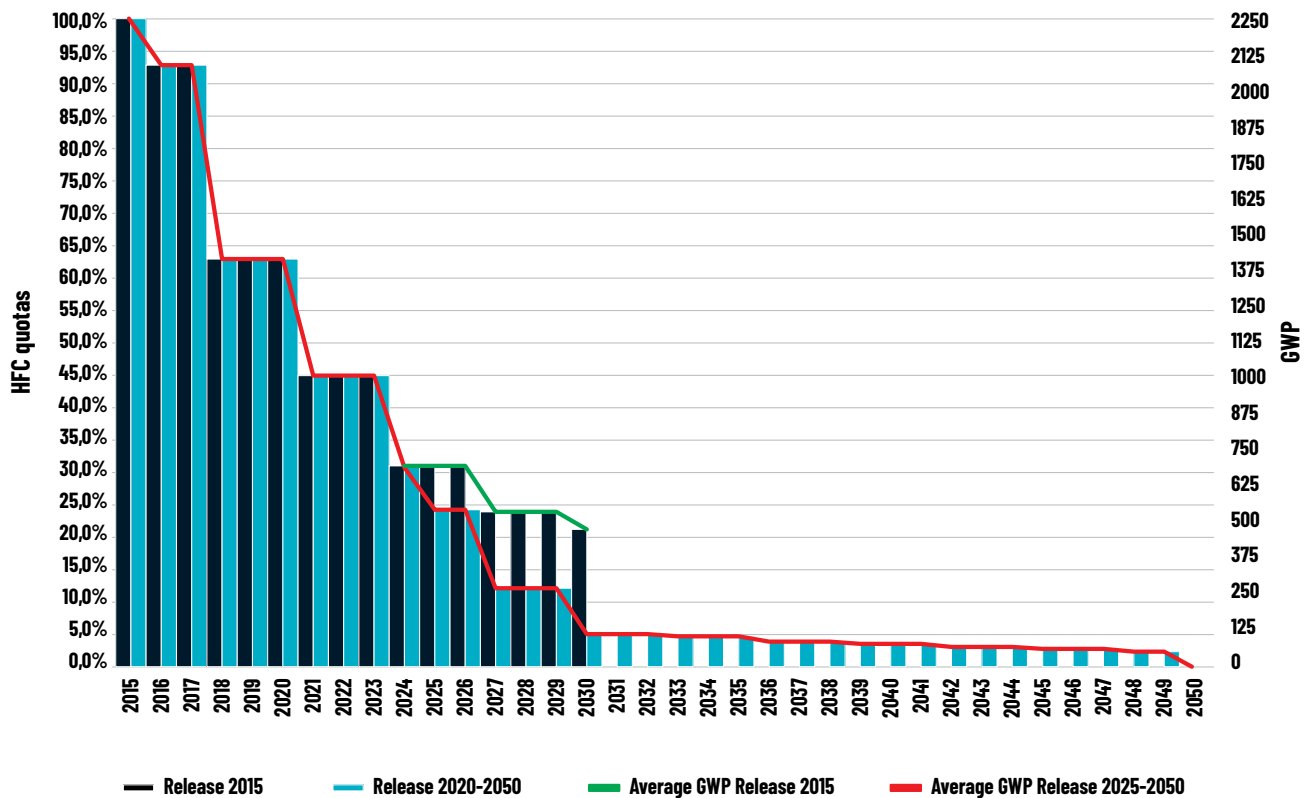
Das Montrealer Protokoll (1987), ein Meilenstein im Kampf gegen den Ozonabbau, hat den schrittweisen Ausstieg aus FCKW und H-FCKW vorgeschrieben. Mit dem Kigali-Amendment (2016) wurde der Rahmen auf HFKW ausgedehnt. Für die meisten entwickelten Volkswirtschaften wurden Ausstiegsziele von 80-85 % bis 2047 festgelegt, für Entwicklungsländer ein differenzierter Zeitplan.

2.3.2 Die F-Gas-Verordnung in Europa: Verordnungen EU 517/2014 und 573/2024

Mit der Verordnung 517/2014 und ab März 2024 mit der neuen Verordnung (EU) 573/2024 hat die EU die fortschrittlichsten und strengsten Vorschriften für fluorierte Gase („F-Gas-Verordnung“) eingeführt. Die wichtigsten Neuerungen sind:

- Schrittweise Senkung der Gesamtmenge an HFKW in CO₂-Äquivalenten auf 24 % im Jahr 2027 und 21 % im Jahr 2030 (im Vergleich zum Basiszeitraum)
- Strenge GWP-Grenzwerte für die Vermarktung neuer Geräte (z. B. GWP < 150 ab 2027 für kleine Anlagen)
- Obligatorische Eindämmung von Leckagen, elektronische Aufzeichnungen, Zertifizierung und obligatorische Schulungen für das Personal
- Starker Anreiz für den Einsatz natürlicher Kältemittel und HFOs mit sehr niedrigem GWP

HFC phase down F-gas 2025-2050



» Verbote ab 1. Januar 2025

Monoblock-Geräte ≤ 12 kW	2027: GWP < 150 2032: natürliche Kältemittel
Monoblock-Geräte ≤ 50 kW	2027: GWP < 150
Monoblock-Gerät > 50 kW	2030: GWP < 150
Chiller ≤ 12 kW	2027: GWP < 150 2032: natürliche Kältemittel
Chiller > 12 kW	2027: GWP < 750
Split Luft/Wasser ≤ 12 kW	2027: GWP < 150 2035: natürliche Kältemittel
Split > 12 kW	2029: GWP < 750 2032: GWP < 150

» Tabelle der ab dem 1. Januar 2026 verfügbaren Kältemittel

KÄLTEMITTEL	GWP (AR4)	ENTFLAMMBARKEITSKLASSE
R410A	2088	A1
R134a	1430	A1
R513A	572	A1
R454B	467	A2L
R515B	299	A1
R454C	149	A2L
R1234ze	6	A2L
R1233zd	5	A2L
R290	3	A3
R600a	3	A3
R601a	3	A3
R744 (CO ₂)	0	A1

2.3.3 Vereinigte Staaten: AIM Act, SNAP und EPA

Die US-amerikanischen Rechtsvorschriften stützen sich auf den American Innovation and Manufacturing (AIM) Act (2020), der eine schrittweise Reduzierung der HFKW um 85 % bis 2036 gegenüber den Ausgangswerten vorschreibt, sowie auf die SNAP-Vorschriften (Significant New Alternatives Policy) der EPA, die neue Alternativen mit niedrigem Treibhauspotenzial (GWP) zulassen (einschließlich der regulierten Verwendung von A2L-Kältemitteln).

» Weltweite Reduzierung des Einsatzes von HFKW-Kältemitteln (EU, USA, Kigali)

REGION	STARTDATUM	1. KÜRZUNG	2. KÜRZUNG	ENDZIEL
EU (F-Gas 517/2014 573/24)	2015	-7% (2016)	-37% (2018-2020)	-79 % (2030), schrittweiser Ausstieg bis 2050
USA (AIM Act)	2022	-10%	-30% (2024)	-85% (2036)
Kigali-Amendment	2019-2024	Mehrere Phasen		80-85 % (2047; 2048 für Asien/MEA)

Die Tabelle zeigt, wie der regulatorische Übergang auf globaler Ebene voranschreitet, mit schrittweisen Kürzungen der verfügbaren HFKW-Quoten.

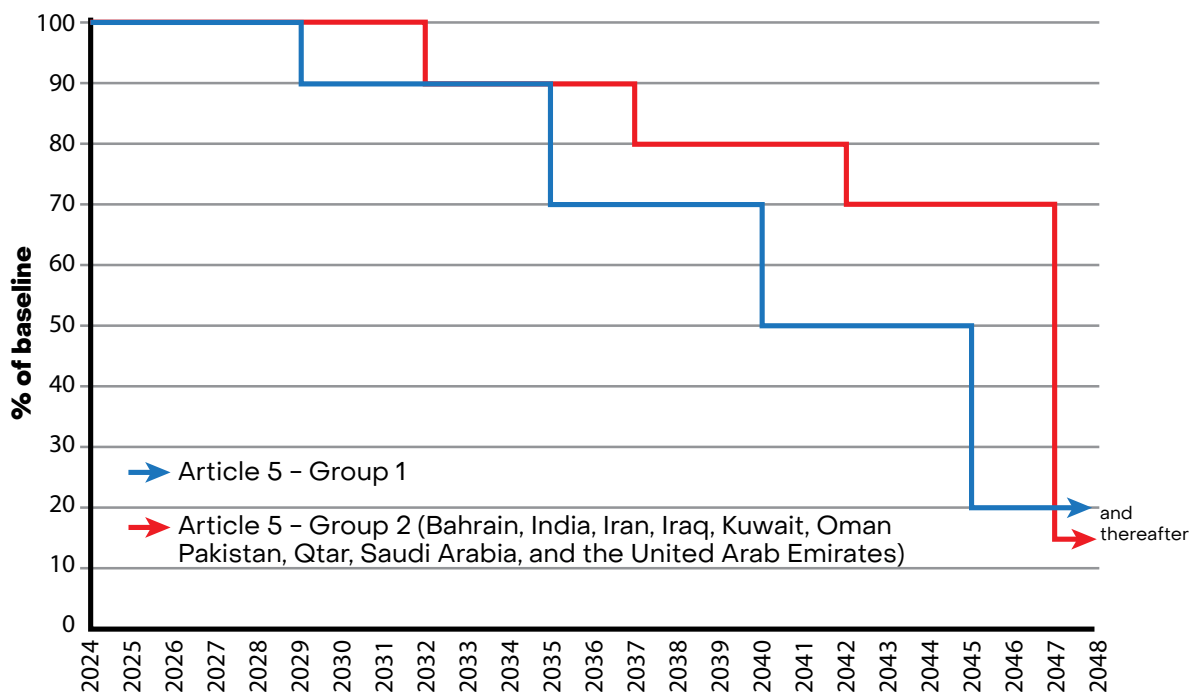
2.3.4 Kigali-Amendment

Kigali-Amendment: Schrittweise Reduzierung von HFKW in A5- und Nicht-A5-Ländern

» Kigali-Amendment

Basiswert und schrittweise Reduzierung als CO ₂ e	A5-Länder (Entwicklungsländer) – Gruppe 1	A5-Länder (Entwicklungsländer) – Gruppe 2	Nicht-A5-Länder (Industrieländer)
Basisformel	Durchschnittlicher HFKW-Verbrauch für den Zeitraum 2020–2022 + 65% des H-FCKW-Basiswerts	Durchschnittlicher HFKW-Verbrauch für den Zeitraum 2024–2026 + 65% des H-FCKW-Basiswerts	Durchschnittlicher HFKW-Verbrauch für den Zeitraum 2011–2013 + 15% des H-FCKW-Basiswerts
Freeze	2024	2028	-
1. Schritt	2029 - 10%	2032 - 10%	2019 - 10%
2. Schritt	2035 - 30%	2037 - 20%	2024 - 40%
3. Schritt	2040 - 50%	2042 - 30%	2029 - 70%
4. Schritt	-	-	2034 - 80%
Plateau	2045 - 80%	2047 - 85%	2036 - 85%

» Zeitplan für die schrittweise Reduzierung



* Für Belarus, die Russische Föderation, Kasachstan, Tadschikistan und Usbekistan beträgt der H-FCKW-Anteil im Basiswert 25 % und es sind drei verschiedene Anfangsschritte vorgesehen:

- 1 Reduzierung um 5 % im Jahr 2020,
- 2 Reduzierung um 35 % im Jahr 2025 und
- 3 Reduzierung um 85 % bis Ende 2036.

Gruppe 1: Teile von Artikel 5, die nicht zur Gruppe 2 gehören.

Gruppe 2: Länder mit hohen Umgebungstemperaturen (HAT – High Ambient Temperatures): Bahrain, Indien, Islamische Republik Iran, Irak, Kuwait, Oman, Pakistan, Katar, Saudi-Arabien und die Vereinigten Arabischen Emirate.

2.3.5 REACH-Verordnung und PFAS-Beschränkungen in Europa

Gleichzeitig zielt die REACH-Initiative auf eine umfassende Beschränkung von PFAS ab, die mehr als 10.000 Stoffe umfasst, darunter viele fluoridierte Kältemittel der neuen Generation. Der Vorschlag sieht Übergangsfristen und schwer zu verhandelnde technische Ausnahmeregelungen vor und birgt die Gefahr, dass auch risikoarme Fluoropolymere,

die in Bauteilen und Dichtungen unverzichtbar sind, vom Markt verdrängt werden.

2.3.6 Die PFAS-Regelung in den USA und anderswo

Die USA erwägen ähnliche Beschränkungen, während der Bundesstaat Maine bereits ein Verbot des Verkaufs von Kühlmitteln mit absichtlich zugesetzten PFAS für das Jahr 2040 festgelegt hat. Die Auffassungen

zu PFAS und deren Abbauprodukten wie TFA sind in den verschiedenen Rechtsordnungen unterschiedlich.

2.3.7 Vom 19. Jahrhundert bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts: natürliche Kältemittel

Kühlsysteme entstanden im 19. Jahrhundert durch den Einsatz natürlicher Kältemittel wie Ammoniak (R717), Kohlendioxid (R744), Äther, Schwefeldioxid und Methylchlorid. Diese Kältemittel waren zwar thermodynamisch effizient, wiesen jedoch ein hohes Risiko hinsichtlich Toxizität und Entflammbarkeit auf, was im Laufe der Zeit dazu führte, dass nach sichereren Alternativen für private und gewerbliche Anwendungen gesucht wurde.

2.4 PFAS und TFA: Auswirkungen auf die Umwelt und Rechtsvorschriften

2.4.1 PFAS: Was sie sind, wo sie vorkommen und welche Umweltrisiken sie bergen

Zu den PFAS (per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen) gehören Polymere (PTFE, PVDF usw.) sowie fluoridierte Kältemittel, darunter HFO und deren Gemische. Sie zeichnen sich durch ihre Persistenz (sie sind

resistent gegen Abbau), ihre Mobilität in der Umwelt und ihre Anreicherung aus, insbesondere in Gewässern. Die Risiken hängen hauptsächlich mit chronischen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit sowie der Schwierigkeit der Sanierung zusammen.

2.4.2 PFAS in Kältemitteln und ihre Auswirkungen auf HLK-Technologien

PFAS finden breite Anwendung:

- als Kältemittel (viele HFKW/HFO und Gemische);
- in Bauteilen (Dichtungen, Ventile, Dichtungsringe, Schmierstoffe auf PTFE- und PFPE-Basis) hätte die vorgeschlagene REACH-Beschränkung, falls sie ohne technische Ausnahmen verabschiedet würde, verheerende Auswirkungen auf die Branche und birgt das Risiko, dass mehr als 90 % der derzeitigen Anwendungen in RACHP-Anlagen blockiert würden.

2.4.3 TFA und HFO: Nebenprodukte und kritische Aspekte

TFA (Trifluoressigsäure), ein Abbauprodukt von HFO, ist sehr persistent und gut löslich, was zu einer Anreicherung in Gewässern führen kann und Auswirkungen hat, die noch nicht vollständig bekannt sind. Der vermehrte Einsatz von HFKW/HFO-Gemischen stellt zwar eine Maßnahme gegen die globale Erwärmung dar, könnte jedoch zur weitverbreiteten Bildung von TFA führen, was langfristige Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben könnte.

» Umweltbezogene und regulatorische Auswirkungen von PFAS und TFA

Stoff / Anwendung	Umweltauswirkungen / Persistenz	Aktuelle Rechtslage
PFAS in Kältemitteln	Extreme Persistenz; Mobilität	EU-Vorschlag für ein vollständiges Verbot
HFO (z. B. R1234yf, R1234ze)	Abbauprodukte wie TFA sind persistent und löslich	Unter Beobachtung und in Erwartung einer Begrenzung
Technische Fluorpolymere	Persistenz, jedoch keine Toxizität und keine Bioakkumulation	Einige Ausnahmeregelungen, die derzeit diskutiert werden

Der regulatorische Rahmen erfordert eine differenziertere Bewertung des realen Risikos, irreversibler Schäden und der Nachhaltigkeit der Lieferkette.

2.5 Nachhaltigkeit bei Kältemitteln: Dreieck und 7-Kräfte-Modell

2.5.1 Das Nachhaltigkeitsdreieck: Sicherheit, Umweltbelastung, Kosten

In der heutigen Welt der Kältemittel drückt sich Nachhaltigkeit nicht nur in GWP- und ODP-Werten aus. Das „Nachhaltigkeitsdreieck“ umfasst drei Schlüsselfaktoren:

- Sicherheit: Toxizität, Entflammbarkeit, Betriebsdruck
- Umweltauswirkungen: ODP, GWP, TFA/PFAS-Potenzial
- Kosten: Anfangsinvestition, Verbrauch, Lebenszykluskosten

Das Ziel besteht darin, unter Berücksichtigung der anwendungsspezifischen und regulatorischen Besonderheiten den besten Kompromiss zwischen diesen Parametern zu finden.

2.5.2 Das 7-Kräfte-Modell bei der Auswahl von Kältemitteln für HLK-Anlagen

Bei der Auswahl von Kältemitteln sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

1. Vorschriften/regulatorische Auflagen (Kigali, F-Gas, AIM Act, REACH)
2. Sicherheit (Entflammbarkeit, Toxizität)
3. Energieeffizienz (COP, EER)

4. Kompatibilität und einfache Nachrüstung
5. Kosten und Verfügbarkeit des Kältemittels
6. Umfassende Umweltauswirkungen (ODP, GWP, TFA-/PFAS-Produktion)
7. Technologische Innovation (Instrumentierung, Steuerungen, intelligente Lösungen)

Anhand dieses Rasters lässt sich die Nachhaltigkeit jeder Lösung im Hinblick auf alle Akteure der Lieferkette bewerten.

» Das 7-Kräfte-Modell (Schema)

Kraft	Auswirkungen auf die Wahl des Kältemittels
Vorschriften	Compliance, Beschränkungen, Ausnahmeregelungen, verfügbare Zukunft
Betriebsicherheit	Brand-/Explosions-/Toxizitätsrisiken, technische Anforderungen
Energieeffizienz	Gesamt-TEWI der Anlage, COP, Wärmerückgewinnungssysteme
Kompatibilität/Nachrüstung	Einfache Umrüstung von Anlagen, technisches Fachwissen
Kosten und Verfügbarkeit	Preis, Logistikkette, Wartung und Austausch
Umfassende Umweltauswirkungen	ODP, GWP, Risiko durch TFA/PFAS/Anreicherung in Boden und Wasser, Entsorgung
Innovation	Neue Architektur, Digitalisierung, intelligente Überwachung

2.6 Technologische und anwendungsbezogene Trends

2.6.1 Kältemittel der Klassen A2L und A3: Eigenschaften, Sicherheit und Vorschriften

A2L (GERINGE ENTFLAMMBARKEIT): HFO UND R32

A2L-Kältemittel zeichnen sich durch geringe Toxizität und geringe Entflammbarkeit aus (obere UEG, L = niedrige Verbrennungsgeschwindigkeit). Typische Beispiele: R1234yf / R32, R454B. Dank der Einführung neuer Sicherheitsnormen (EN 378, IEC 60335) verfügbar, bieten eine mit HFKW vergleichbare Wärmeleistung bei einem GWP von <150–700 sowie eine bessere Energieeffizienz als viele natürliche Kältemittel, wobei die Risiken durch aktualisierte Anlagenkonzeptionen und Komponenten beherrschbar sind.

A3 (HOHE ENTFLAMMBARKEIT): KOHLENWASSERSTOFFE

Kohlenwasserstoffe (R290 – Propan, R600a) sind hochentzündlich; für sie gelten gesetzliche Füllmengenbegrenzungen und konstruktive Anforderungen gemäß EN 378 und den ATEX-Richtlinien. Sie sind jedoch hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP von 3) und der Effizienz in kleinen und mittelgroßen Anlagen unübertroffen.

2.6.2 Transkritisches CO₂: Technologie und Anwendungen

Transkritische CO₂-Systeme (R744) sind mittlerweile in der gewerblichen und industriellen Kältetechnik in Europa, Nordamerika, Japan und Australien weit verbreitet. Die wichtigsten Merkmale sind:

- GWP = 1 (kein nennenswerter Treibhauseffekt);
- Hoher Betriebsdruck (90-130 bar) erfordert fortschrittliche Konstruktion und Steuerung;
- Hocheffiziente Wärmerückgewinnung („Heat Reclaim“);
- Sehr überzeugende Leistung in gemäßigten/kalten Klimazonen, die dank Technologien wie Ejektoren, Parallelverdichtung und Chillbooster auch in warmen Klimazonen verbessert wurde.

2.6.3 Kohlenwasserstoffe (Propan R290, Isobutan R600a): Möglichkeiten und Grenzen

Kohlenwasserstoffe, die natürlich vorkommen und ein GWP von nahezu Null aufweisen, eignen sich ideal für die Kühlung im privaten Bereich, für kleine gewerbliche Anwendungen, für Monoblock-Wärmepumpen und für kleine Industrieanlagen. Einschränkungen: strenge Sicherheitsauflagen (A3), Notwendigkeit feuerfester Bauteile und Schulung des Bedienpersonals, in der Regel Begrenzung der installierbaren Ladungsmenge.

2.6.4 HFO und HFKW/HFO-Gemische: Trends, Perspektiven und Grenzen

HFOs bergen aufgrund ihres niedrigen GWP und ihrer guten Verträglichkeit großes Potenzial, werden aber aufgrund ihrer leichten Entflammbarkeit und des Potenzials zur Bildung von TFAs von den Regulierungsbehörden genauestens überwacht. Weit verbreitet ist der Einsatz auch in HFKW/HFO-Gemischen (z. B. R454B), die als Übergangslösungen dienen und Kompatibilität, geringere Nachrüstkosten sowie eine höhere Effizienz als ältere Systeme gewährleisten, jedoch im Falle eines PFAS-Verbots ein Risiko darstellen.

» Vergleichstabelle der wichtigsten Kältemittel für HLK-Anwendungen

Kältemittel	Sicherheitsklasse	ODP	GWP	Hauptanwendungen	Vorteile	Einsatzgrenzen
CO ₂ (R744)	A1	0	1	Groß- und Einzelhandel, Lebensmittelindustrie, Wärmepumpen	Keine Auswirkungen auf das Klima, sicher	Hoher Druck, Komplexität/Effizienz
Propan (R290)	A3	0	3	Kleine bis mittlere Anlagen, Chiller, Wärmepumpen	Höchste Effizienz, niedrige Kosten	Entflammbar, Füllmengenbegrenzungen, Sicherheit
R32	A2L	0	675	Wärmepumpen, Klimatisierung	Hohe Effizienz, ähnlicher Druck wie bei R410A	schwach entflammbar, mäßig hohes GWP
R1234yf/ze	A2L	0	4/7	Automobilindustrie, Kleinkühlung, Chiller	Sehr niedriges GWP, kompatibel	Leichte Entflammbarkeit, ist TFA möglich?
R410A (HFC)	A1	0	2088	Altsysteme, die derzeit auslaufen	Nicht entflammbar, bewährte Leistung	Hohes GWP, gesetzliche Beschränkungen
R454B	A2L	0	531-700	Nachrüstung, gewerblich	Systemkompatibilität, mittleres GWP	Leichte Entflammbarkeit, PFAS in der Zukunft?
R454C	A2L	0	147	Wärmepumpen, Klimaanlage, gewerblich	Niedriges GWP	Gleit, leichte Entflammbarkeit, PFAS in der Zukunft?

» Übersicht über Kühlanwendungen, Effizienz und Grenzen

Anwendung	Bevorzugtes Kältemittel	Hauptgrund
Klimaanlagen für Privathaushalte	R32, R290, HFO	Effizienz, GWP, Sicherheit
Data center	HFO, CO ₂	Effizienz, GWP, Sicherheit
Gewerbliche Kältetechnik	CO ₂ , R290, HFO-HFC/HFO blends	GWP-Vorschriften, Effizienz
Industrielle Kältetechnik	NH ₃ , CO ₂	Performance, zero ODP/GWP
Automobilindustrie	R1234yf, CO ₂	Rechtliche Vorschriften, technische Kompatibilität

2.7 Zukunftsaussichten, regionale Umsetzung und Entwicklungsszenarien

2.7.1 Europa

Europa spielt weiterhin eine Vorreiterrolle beim Übergang mit dem restriktivsten (und frühesten) Ausstieg aus HFKW, der beschleunigten Einführung von CO₂ und Kohlenwasserstoffen, dem Druck auf PFAS und der Förderung natürlicher Kältemittel auch in mittelgroßen und großen Anwendungen. Die neue F-Gas-Verordnung 2024/573 und der REACH-Vorschlag zu PFAS stellen einen Paradigmenwechsel dar: In den nächsten 5-10 Jahren müssen fast alle neuen Anlagen mit nichtfluorierten Kältemitteln oder mit spezifischen PFAS-freien HFOs kompatibel sein.

2.7.2 Vereinigte Staaten

Der schrittweise Ausstieg aus HFKW-Kältemitteln folgt einem straffen Zeitplan, der bis 2036 eine Reduzierung um bis zu 85 % vorsieht. Der AIM Act und die SNAP-Vorschriften werden die Palette der zugelassenen A2L- und natürlichen Kältemittel erweitern, auch wenn sich die lokalen Vorschriften (staatliche Regelungen) und der PFAS-Rahmen noch in der Entwicklung befinden. Auch in den USA setzen große Einzelhandelsketten und Lebensmittelverarbeiter verstärkt auf CO₂, NH₃ und Kohlenwasserstoffe.

2.7.3 Asien und Schwellenmärkte

Die Einführung erfolgt zwar schrittweise, doch der Druck seitens der multinationalen HLK-Konzerne, die Präsenz führender Hersteller und die Angleichung an die Kigali-Parameter lassen bereits ab 2026–2028 eine rasche Beschleunigung erwarten, insbesondere in China und Südostasien, sowohl im Groß- und Einzelhandel als auch in der Industrie. In Indien, der Golfregion und Afrika sind die Kigali-Roadmaps umfassender.

2.7.4 Anwendungen: Trends nach Branchen

- Gewerbliche Kältetechnik/Einzelhandel: CO₂ in Europa mittlerweile allgegenwärtig und auch in den USA auf dem Vormarsch. Schneller Aufstieg der Kohlenwasserstoffe für „Plug-ins“.
- Industrielle Kältetechnik: Ammoniak und CO₂ festigen ihre führende Position auch in der Kühlhaus-, Lebensmittel- und Getränke- sowie der pharmazeutischen Industrie.
- Klimaanlage: R32 und HFO in Asien und den USA; in Europa Übergang zu R290 (Propan) für kleine und mittlere Anlagen sowie die Vorgabe eines GWP-Werts von unter 150 ab 2027.
- Automobilindustrie: R1234yf und CO₂, zunehmende Aufmerksamkeit für den Lebenszyklus und die globale Energieeffizienz.
- Rechenzentrum: HFO (R1234ze) hauptsächlich und CO₂, allerdings nur in begrenztem Umfang bei Chillern mit hoher Kapazität. R513A und R454B für eine Drop-in-Lösung und geringere Investitionskosten.

allein auf dem GWP basieren, sondern muss unter Berücksichtigung des Dreiecks Sicherheit-Umwelt-Kosten erfolgen.

Kurz- und mittelfristig ist Folgendes zu erwarten:

- Dominanz von „natürlichen“ Brennstoffen (CO₂, Propan, Ammoniak) in nahezu allen neuen Anwendungen, insbesondere in Europa und im industriellen/kommerziellen Bereich.
- Zunahme von A2L-Lösungen (R454B, HFO, Mischungen) aufgrund strenger Sicherheitsvorschriften, jedoch mit einer Frist, die durch die Entwicklung der europäischen PFAS-Vorschriften gesetzt wird.
- Ein schrittweises, aber unaufhaltsames Verbot von fluorierten Kältemitteln mit hohem Treibhauspotenzial, sowohl in der EU als auch in den USA und anderen Industrieländern, mit rascher Ausweitung auf die Schwellenländer.

Die Herausforderungen bleiben bestehen: Sicherheit, Schulung, Umstellungskosten, veraltete Anlagen, die technische und wirtschaftliche Kompromisslösungen erfordern, während man auf eine Generation von Kältemitteln und HLK-Anlagen wartet, die wirklich „zukunftssicher“, hocheffizient sowie umwelt- und gesundheitsverträglich sind. Innovation, gestützt auf eine globale Rechtsvision, ist der richtige Weg.

2.8 Schlussfolgerungen

Die Welt der Kältemittel erlebt derzeit den schnellsten und tiefgreifendsten Wandel ihrer Geschichte. Immer strengere EU- und nationale Vorschriften, Bedenken hinsichtlich PFAS und TFA sowie der Druck des Klimawandels erfordern einen unumkehrbaren technologischen und organisatorischen Wandel. Die Auswahl des Kältemittels darf nicht mehr

3 INSTALLATIONSANFORDERUNGEN FÜR PRODUKTE, DIE DIE NEUEN A3-KÄLTEMITTEL VERWENDEN: FOKUS AUF R290

3.1 Einführung

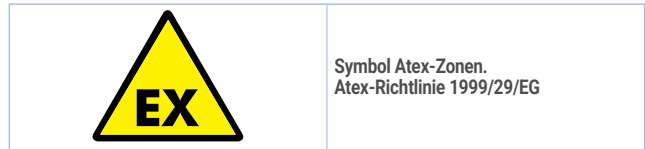
Die mit dem Kältemittel R290 befüllten HiRef-Geräte wurden **unter Einhaltung der geltenden europäischen Normen, insbesondere der Norm EN 378-3, entwickelt.**

Dieses Dokument dient als Leitlinie für den Planer und den Installateur bei der Installation und Verwendung von Geräten, die hochentzündliche und explosionsfähige Kältemittel enthalten (A3 gemäß ISO 817:2014).

3.2 ATEX-Richtlinie

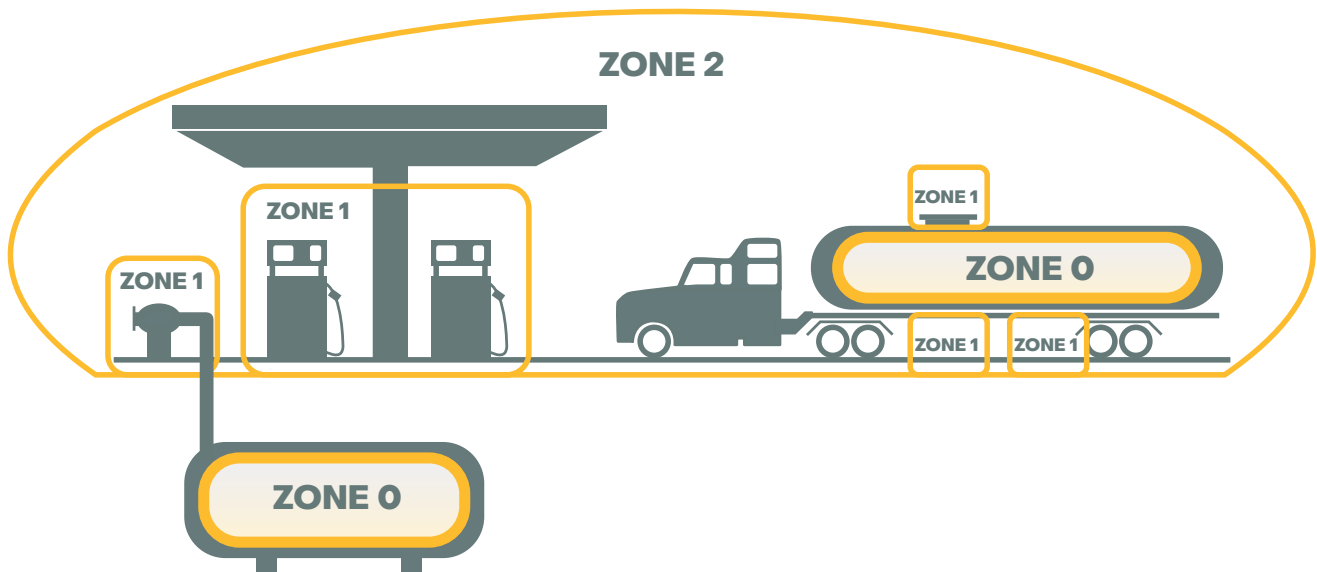
Die Richtlinie ATEX 2014/34/EU definiert die Mindestanforderungen für die Gesundheit und Sicherheit an Arbeitsplätzen mit potentiell explosionsfähiger Atmosphäre: Insbesondere sind sie in Funktion der Wahrscheinlichkeit einer vorhandenen explosionsfähigen Atmosphäre in Zonen eingeteilt und sie bestimmt die Maßstäbe, nach denen die Produkte im Innern dieser Zonen gewählt werden.

» ATEX-Symbol



» KLASSIFIZIERUNG DER INSTALLATIONSZONEN

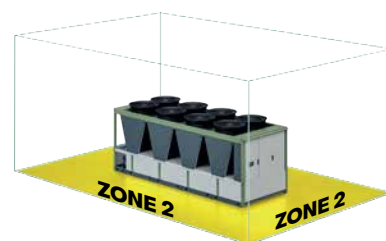
Zone	Beschreibung	Vorhandenes Gas
Zone 0	Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder oft vorhanden ist.	> 1000 Stunden/ Jahr
Zone 1	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln entstehen kann.	10 bis 1000 Stunden/ Jahr
Zone 2	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht und aber nur kurzzeitig auftritt.	< 10 Stunden/ Jahr



Generell sind die HVAC-Systeme starr und die Verbindungen zwischen den Anlagenteilen, die das Kältemittel beinhalten, sind gewöhnlich „auf Dauer technisch dicht“, laut Definition in der EN 1127-1:2019. Die ATEX-Zone, die sich nach dem Kältemittelaustritt aus einem dieser Systeme bildet, ist als Zone vom Typ 2 zu klassifizieren.

Die Verwendung von Gasdetektoren stärkt das Konzept „auf Dauer technisch dicht“, denn sie überwachen die Dichtigkeit der Verbindungsstellen. Wenn ein Austreten festgestellt wird, müssen alle Bauteile mit Zündquellen gemäß den Sicherheitsstandards ausgeschaltet werden.

Beispiel für eine ATEX-Zone für eine Wärmepumpe

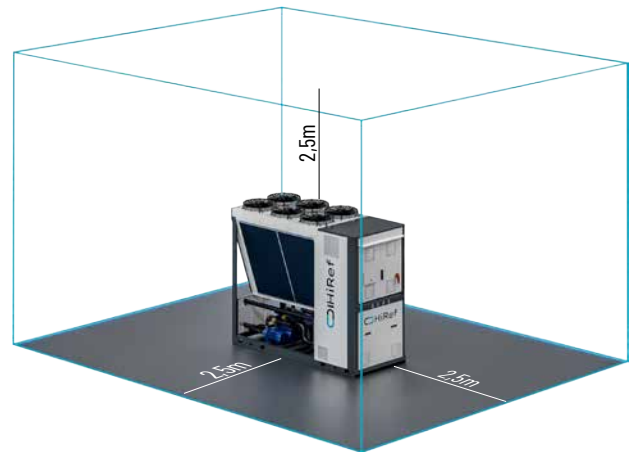


3.3 Installation der Geräte

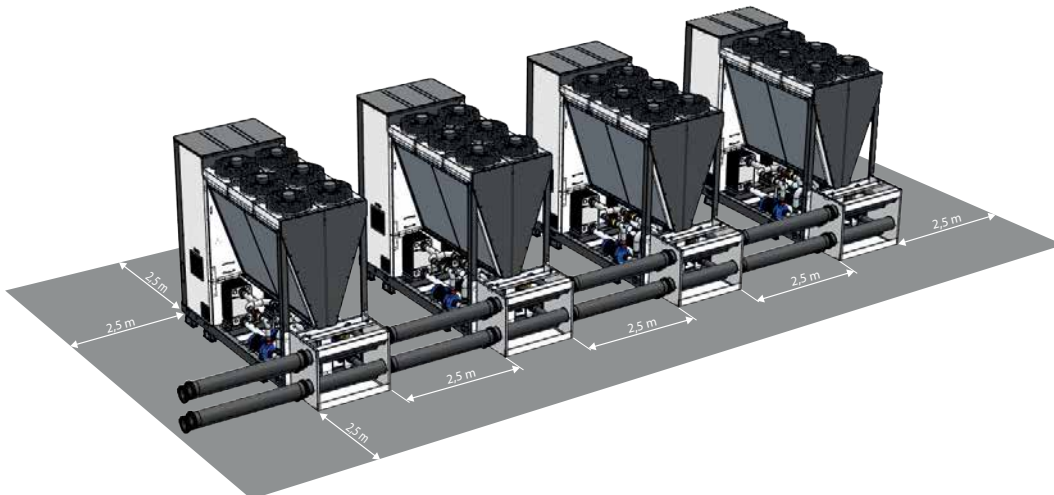
Die mit Gas A3 (hochentzündlich) befüllten Geräte müssen **fern von Abflüssen, Schächten, Abflusskanälen und allen sonstigen Elementen, in die sich solche eventuell ausgetretenen Gase einschleichen können, installiert** werden, denn sie sind immer als **ENTZÜNDLICH** zu betrachten und schwerer als Luft.

Der im Sinne dieser Vorschriften einzuhaltende Mindestabstand beträgt 2,5 Meter; Im Innern dieser Sicherheitszone gelten folgende Verbote: Rauchen, Verwendung offener Flammen oder Ausführung aller Arbeiten, die Flammen, Bögen oder Funken erzeugen können.

Sicherheitsbereich – Beispiel für eine Einzelinstallation



Sicherheitsbereich – Beispiel für eine Mehrfachinstallation



⚠️ ACHTUNG

Im Falle einer engen Installation mehrerer Geräte muss der Mindestabstand zwischen den Einheiten 2,5 m betragen. Dieser Abstand kann auf 1,5 m reduziert werden, vorausgesetzt, dass bei Alarm wegen Kältemittelaustritt an egal welchem Gerät alle Geräte von der Versorgung abgeschaltet werden. Um diese Funktion zu ermöglichen, ist eine elektrische Verbindung zwischen den Geräten der Anlage erforderlich, die **AUSSCHLIESSLICH** von autorisiertem Personal und autorisierten Kundendienstzentren (nach entsprechender Schulung) hergestellt werden darf.

3. Erkennung von Kältemittelleckagen in Innenräumen;
4. Zugangsbeschränkung zum Maschinenraum und Kennzeichnung durch entsprechende Schilder;
5. Not-Aus-Einrichtungen außerhalb des Raums.

3.3.1 Installation von Geräten in Innenräumen

Bei der Installation von Anlagen mit Kältemitteln der Klassen A2L/A3 in Innenräumen ist die Norm EN 378-3 die maßgebliche Vorschrift für die Festlegung der im Maschinenraum zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen.

Inbesondere muss der Planer Folgendes vorsehen:

1. Ausreichende Installationsräume, berechnet auf Basis der Kältemittelmenge des Kreislaufs mit dem größten Volumen;
2. Mechanische Belüftung nach ATEX;

3.4 Interne Sicherungen

3.4.1 Leiten der Sicherheitsventile

Der Kühlkreislauf des Geräts besitzt **Sicherheitsventile**, sowohl für die Hochdruckseite als auch für die Niederdruckseite; die Anschlussstelle der Ventile und ihre jeweiligen Abmessungen sind auf den Detailzeichnungen angegeben, die dieser Anleitung beiliegen.

Der Installateur/Endbenutzer muss ein Rohr gestalten, das gleich groß oder größer ist als der Ausgang der Sicherheitsventile, um die **Ablassstelle fern vom Gerät und von anderen potentiell auslösenden Elementen zu führen (Mindestabstand 4 Meter von der Emissionsstelle in alle Richtungen)**.

Die Emissionsstelle muss nach oben gerichtet sein (und ist somit zu schützen, mit einem entfernbaren Stopfen oder anderem Element, das zwar den Abfluss eventuell ausgestoßener Gase erlaubt, jedoch das Eindringen von Regenwasser, Insekten oder Schadstoffen in das Rohr verhindert).

Die Entlüftungsstelle sollte möglichst über dem Dach positioniert werden, an einer Höhe von mindestens 5 m von der Bodenfläche.

Ist die Rohrleitung besonders lang (insgesamt >10 m), empfiehlt es sich, in den horizontalen Abschnitten ein leichtes Gefälle (1 %) vorzusehen, um das Abfließen von eventuellem Kondenswasser zu erleichtern. Außerdem muss in der Nähe der Ablassstelle ein Siphon gemäß der folgenden Abbildung angebracht und an dessen Boden eine Öffnung angebracht werden.

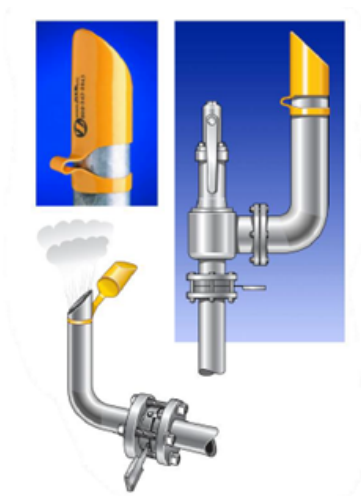


Abbildung nur zu Illustrationszwecken.

3.4.2 Stromversorgung des Geräts

Die Geräte, die mit Kältemittel A3 (üblicherweise R290, hochentzündliches Kältemittel) befüllt sind, besitzen eine doppelte Stromversorgungsleitung: eine **HAUPTLEITUNG** für den Betrieb der Geräte und eine **HILFSLEITUNG** für die Versorgung der Sicherheitsvorrichtungen (im Folgenden beschrieben):

- Belüftungssystem des Verdichterraums;
- Spürsensor LEL (Lower Explosive Limit) im Innern.

3.4.3 Hydraulische Zubehöre

Um das Risiko zu vermeiden, dass im Falle eines Wärmetauscherbruchs das Kältemittel den Hydraulikkreis verunreinigt, ist die Installation eines Entgasungsgeräts oder eines Entlüfters obligatorisch.



3.5 Alarmsequenz und deren Handhabung

Im Falle eines Kältemittellecks sind die Sensoren so eingestellt, dass sie:

1. ein Alarmsignal auslösen, wenn eine Konzentration von 10% des LEL-Wertes erreicht wird
2. ein Ausschaltsignal auslösen, wenn 20% des LEL-Wertes erreicht werden

Das Abschaltsignal löst eine Sicherheitsverriegelung mit dem der Einheit vorgelagerten Stromversorgungssystem aus. Diese Verriegelung schaltet somit die **HAUPT-Versorgung** sicher und wirksam ab, was zur Ausschaltung und Stoppung des Geräts führt; nur die **HILFS-Versorgung** bleibt aktiv und hält sowohl die Ventilation im Innern des Verdichtergehäuses / der Verdichtergehäuse als auch die Funktionsfähigkeit der LEL-Sensoren aktiv.

Falls die auf der Maschine installierten oder eventuell in der Nähe der Maschine vorhandenen Sensoren eine Kältemittelleckage signalisieren, sind die folgenden Anweisungen zu befolgen:

Im Falle eines Alarms wegen Erreichen der ersten LEL-Schwelle (10%), verliert das Gerät eine beschränkte Kältemittelmenge, wobei das Explosionsrisiko jedoch nicht kritisch ist. Das Kältemittelleck ist jedoch, auch wenn beschränkt, eine Situation, die:

- zu einer progressiven Dispersion der Kältemittelfüllung führt, sodass das Gerät mittelfristig einen Zustand erreicht, der die Ausführung seiner Funktion verhindert; der Benutzer muss die notwendigen Vorkehrungen treffen, um den Prozess zu verwalten, an den das Gerät angeschlossen ist.
- zu einer ernsthafteren Situation führen könnte, falls sich die Stelle, an der das Kühlgas freigesetzt wird, erweitern würde (z.B. durch Erosion);

In jedem Fall muss der Benutzer:

- den Kundendienst kontaktieren
 - sich dem Gerät weder nähern noch sich in dessen Nähe aufhalten
- Es ist notwendig, über eine externe Kältemittel-Alarmsignalisierung zu verfügen (zusätzlich zu der bereits vorhandenen Anzeige mit drei roten, weißen und grünen LEDs an der Vorderseite des Schaltschranks), damit man sich im Alarmfall nicht der Maschine nähern muss. Diese externe Signalisierung kann folgendermaßen erfolgen:
- Über ein externes Display, das als Option verfügbar ist und jederzeit durch Kontaktaufnahme mit dem After-Sales-Service von HiRef erworben werden kann.
 - durch das Ablesen der Alarme der Einheit über eine externe Kommunikation (z.B. ModBus oder Ethernet) und indem fern von der Einheit eine entsprechende Gefahrsignalisierung vorbereitet wird, die im Falle eines Alarms zu aktivieren ist.

⚠️ ACHTUNG

Im Falle des Erreichens der zweiten LEL-Schwelle (20%), verliert das Gerät eine bedeutende Kältemittelmenge, sodass das Explosionsrisiko kritisch werden kann.

Die auf der HAUPT-Versorgung entstandene Sicherheitsverriegelung führt zur Stopppung und kompletten Ausschaltung des Geräts (mit Ausnahme der Sensoren und Belüftung des Verdichtergehäuses).

In jedem Fall muss der Benutzer:

- den Kundendienst kontaktieren
- sich dem Gerät weder nähern noch sich in dessen Nähe aufhalten.

Wenn der technische Kundendienst aufgrund irgendeines Alarms benachrichtigt wird, muss er:

- bei der Überprüfung und Wartung immer mit tragbaren LFL (LEL)-Spürgeräten arbeiten; es ist verboten, Wartungsarbeiten am Gerät auszuführen, solange die Konzentration über 5% des LFL-Wertes liegt (bei der Messung sind Proben an verschiedenen Stellen des Geräts durchzuführen, besonders an den unteren Zonen des Verdichtergehäuses und des Kondensationsregisters);
- wenn der LFL-Wert also unter 5% liegt, muss das Gerät komplett von der Kühlflüssigkeit entleert werden; erst nach der kompletten Entleerung können, unter Einhaltung der genannten Vorschriften, Arbeiten zur Reparatur und/oder Instandsetzung der Dichtigkeit des Geräts ausgeführt werden;
- nach erfolgter Reparatur und/oder Instandsetzung der Dichtigkeit des Geräts kann es wieder befüllt und danach in Betrieb gesetzt werden.

3.6 Beispiele für VORSCHRIFTSMÄSSIGE Installationen



3.7 Beispiele für NICHT VORSCHRIFTSMÄSSIGE Installationen



In diesem Fall hat HiRef die Inbetriebnahme nicht genehmigt und den Installateur aufgefordert, die Geräte elektrisch miteinander zu verbinden. Im Falle eines Alarms an einem der vor Ort vorhandenen Geräte werden alle Geräte automatisch vom Stromnetz getrennt. Lediglich die Stromversorgung der Sicherheitssysteme, wie beispielsweise der Sensoren zur Erkennung von Kältemittellecks und des Notbelüftungssystems, bleibt aktiv.

4 DAS ALLEINSTELLUNGSMERKMAL VON HIREF: LEISTUNG, NACHHALTIGKEIT UND MARKTEXPANSION

Wir glauben, dass die Welt der Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik in Zukunft eine immer wichtigere Rolle für die nachhaltige Entwicklung spielen wird.

Wir setzen uns dafür ein, dass die Ressourcen der Erde für die kommenden Generationen erhalten bleiben und dass diese die Möglichkeit haben, ihre eigene persönliche Entwicklung zu verwirklichen.

Die Ad-hoc-Planung von Anlagen nach sorgfältigen Studien sind das Ergebnis von Daten, die von Effizienz, Innovation und Kreislaufwirtschaft zeugen.

Wir glauben an Innovation durch gegenseitige Inspiration durch andere Sektoren: Wir nutzen ihre Stärken mit dem Ziel der Verbesserung unserer Kompetenzen und der Maximierung unserer Leistung. Die Zusammenarbeit mit unseren Partnern und den Unternehmen unserer Gruppe ist unser wichtigster Wert, und wir sind davon überzeugt, dass wir gemeinsam den Verbrauch optimieren und eine komplett nachhaltige Zukunft gestalten können.

Dank der Kraft des Querdenkens nehmen wir Veränderungen vorweg und überwinden vorgefertigte Lösungen.

4.1 Vision und Positionierung beim Übergang zu natürlichen Kältemitteln

Die Vision von HiRef basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz zur Nachhaltigkeit, der ökologische, wirtschaftliche und soziale Aspekte umfasst. Das Unternehmen hat sich für die Verwendung natürlicher Kältemittel wie Propan (R290) und CO₂ (R744) entschieden, wodurch das Treibhauspotenzial (GWP) seiner Systeme drastisch reduziert und ein Kreislaufwirtschaftsmodell gefördert wird. Der Einsatz natürlicher Kältemittel wie R290 bringt spezifische Herausforderungen in Bezug auf die Sicherheit mit sich, die vor allem mit der Entflammbarkeit und der Handhabung der Gasfüllmengen zusammenhängen. Wir haben diese Herausforderungen durch die Umsetzung einer Reihe von technischen und verfahrenstechnischen Lösungen bewältigt, die die vollständige Einhaltung der europäischen und internationalen Vorschriften gewährleisten, insbesondere der Normenreihe EN 378 und der ATEX-Richtlinie. Diese Strategie führt zu einer Reihe von Produkten, die nicht nur die direkten Treibhausgasemissionen minimieren, sondern auch die Energieeffizienz über den gesamten Lebenszyklus hinweg optimieren, wie die Anwendung von LCA-Methoden (Life Cycle Assessment) und die Berechnung des TEWI (Total Equivalent Warming Impact) bestätigen. Wir konnten uns von der Konkurrenz abheben, weil wir in der Lage sind, Lösungen individuell anzupassen, den „Katalogansatz“ vermeiden und maßgeschneiderte Systeme für Rechenzentren, die Industrie, den Dienstleistungssektor und kritische Infrastrukturen anbieten. Die Flexibilität und Vertikalität unserer internen Expertise, kombiniert mit einem Netzwerk komplementärer Unternehmen, ermöglicht es uns, ein breites Anwendungsspektrum abzudecken, von der Präzisionsklimatisierung für IT-Umgebungen bis hin zur industriellen Kühlung und dem integrierten Energiemanagement (Energiekreislauf).

Auf internationaler Ebene haben wir unsere Präsenz in den Regionen EMEA, APAC, LATAM und Südafrika durch eine Vertriebsstrategie gefestigt, die sowohl den Direktvertrieb als auch die Zusammenarbeit mit lokalen Vertriebspartnern und Niederlassungen in den Vordergrund stellt.

Die Gründung von DataDom, einem Spezialisten für schlüsselfertige, vorgefertigte Container-Rechenzentren, ist schließlich ein Beispiel

dafür, wie HiRef sein Produkt- und Dienstleistungsportfolio erweitert, um den sich wandelnden Bedürfnissen des globalen Marktes gerecht zu werden.

4.2 Energieeffizienz und Reduzierung des TEWI-Wertes

Einer der wichtigsten Aspekte bei der Wahl natürlicher Kältemittel ist die Verbesserung der Energieeffizienz und die Reduzierung der gesamten Umweltbelastung, gemessen anhand des TEWI-Index (Total Equivalent Warming Impact). HiRef hat Lösungen entwickelt, die die Energieeffizienz maximieren und direkte sowie indirekte Emissionen minimieren und damit konkrete Vorteile gegenüber herkömmlichen Kältemitteln bieten.

BERECHNUNG DES TEWI

$TEWI [kgCO_2] = (\text{direkter Effekt}) + (\text{indirekter Effekt}) = m_r * GWP + m_{CO_2} * \tau * e$

wobei:

- m_r = Kältemittelmasse, die während des Lebenszyklus der Maschine in die Atmosphäre abgegeben wird [kg];
- GWP = Treibhauspotenzial des Kältemittels im Verhältnis zum Treibhauspotenzial von Kohlendioxid (das somit den Wert GWP = 1 annimmt), in der Regel über einen Zeitraum von 100 Jahren [kg CO₂/kg];
- m_{CO_2} = Masse des pro Einheit elektrischer Energie emittierten CO₂ [kgCO₂/kWh]; hängt vom Produktionssystem des jeweiligen Landes und insbesondere von der spezifischen Energiequelle (fossil, erneuerbar) ab;
- τ = Lebenszyklus der Maschine [Jahre];
- e = jährlicher Stromverbrauch [kWh/Jahr].

THERMODYNAMISCHE EIGENSCHAFTEN VON R290

Propan (R290) zeichnet sich durch hervorragende thermodynamische Eigenschaften aus:

- Extrem niedriger GWP-Wert, im Vergleich zu 467 bei R454B und 2088 bei R410A;
- Geringere Betriebsdrücke als bei R454B und R410A, wodurch die Belastung der Komponenten verringert und die Lebensdauer der Anlagen erhöht wird;
- Hohe Vorlauftemperatur von bis zu 80 °C, die die Erzeugung von Brauchwarmwasser und die Beheizung auch in Anlagen mit herkömmlichen Heizkörpern ermöglicht und somit die Möglichkeiten zur energetischen Sanierung erweitert;
- Höherer COP (Leistungskoeffizient) unter vielen Betriebsbedingungen, mit einer um 5–20 % höheren Energieeffizienz im Vergleich zu synthetischen Kältemitteln.

SYNERGISTISCHE TECHNOLOGIEN

In unseren Geräten mit R290 integrieren wir fortschrittliche Technologien zur Optimierung der Energieeffizienz:

- Größere EC-Lüfter: ermöglichen eine präzise Modulation der Luftleistung, wodurch der Verbrauch (bis zu 10 % im Vergleich zu AC-Lüftern) und die Geräuschentwicklung reduziert werden;
- Rippenrohr-Verflüssiger mit 7-mm-Rohr: steigern die Wärmeübertragungseffizienz und ermöglichen den Betrieb auch bei hohen Außentemperaturen, wodurch die Kältemittelfüllmenge reduziert werden kann (um bis zu 12 %);

- Fortschrittliche elektronische Steuerung mit proprietärer Software: intelligentes Lastmanagement, Integration mit Überwachungssystemen, Betriebsoptimierung auf Basis der Betriebsbedingungen;
- Scroll-Verdichter mit Inverter und On-Off: hohe Effizienz, Redundanz/Modulation und präzise Sollwertregelung zur Senkung des saisonalen Energieverbrauchs (um bis zu 15 %).

4.3 Erweiterung der Marktsegmente

Der Übergang zu Kältemitteln mit niedrigem GWP (R1234ze) und natürlichen Kältemitteln wie R290 erweitert die Marktsegmente, die für HiRef-Lösungen zugänglich sind, erheblich. Dank hoher Effizienz, anwendungsbezogener Flexibilität und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften können wir den Anforderungen einer breiten Palette von Kunden gerecht werden, von Rechenzentren über die Fertigungsindustrie bis hin zu fortschrittlichen Dienstleistungsbranchen und kritischen Infrastrukturen.

RECHENZENTREN UND IT-INFRASTRUKTUR

Die Kühlung von Rechenzentren ist einer der dynamischsten, sich am schnellsten entwickelnden und strategisch wichtigsten Märkte für HiRef. Die steigende Leistungsdichte, der exponentielle Anstieg des Datenbedarfs und die zunehmende Verbreitung künstlicher Intelligenz erfordern hocheffiziente und umweltfreundliche Klimatisierungslösungen. HiRef bietet Flüssigkeitskühlsysteme, Vollinverter-Chiller mit Kältemitteln mit niedrigem GWP sowie fortschrittliche Energiemanagementsysteme (HiNode) an und gewährleistet damit eine sehr niedrige PUE (Power Usage Effectiveness) sowie höchste Betriebssicherheit.

INDUSTRIE UND PRODUKTIONSPROZESSE

Im Industriesektor hängt die Nachfrage nach HLK-Lösungen vor allem mit den Anforderungen der Dekarbonisierung (Europäischer Green Deal) und der Energieoptimierung zusammen. Die HiRef-Geräte mit R290 werden zur Prozesskühlung, zur Klimatisierung von Produktions- und Gewerbeflächen sowie zur Wärmerückgewinnung eingesetzt und bieten Vorteile hinsichtlich der Senkung der Betriebskosten und der Einhaltung von Umweltvorschriften.

HOCHENTWICKELTER DIENSTLEISTUNGSSEKTOR UND KRITISCHE INFRASTRUKTUREN

Die Lösungen von HiRef kommen in Geschäftsgebäuden, Krankenhäusern, Schulen, Hotels sowie in der Telekommunikations- und Verkehrsinfrastruktur zum Einsatz. Die Fähigkeit, Warmwasser mit hohen Temperaturen zu erzeugen, sowie der leise Betrieb und die Modularität der Geräte ermöglichen es, den Anforderungen an Komfort, Sicherheit und Nachhaltigkeit gerecht zu werden, die in diesen Bereichen gestellt werden.

4.4 Vorteile für Planer, Installateure und Endnutzer

Der Einsatz von HiRef-Lösungen mit dem natürlichen Kältemittel R290 bietet eine Reihe konkreter Vorteile für alle Akteure der Lieferkette: Planer, Installateure, Energiemanager und Endverbraucher. Diese Vorteile führen zu mehr Effizienz, geringeren Kosten, vereinfachten Abläufen und verbesserter ökologischer Nachhaltigkeit.

VORTEILE FÜR PLANER

- Hohe Gestaltungsflexibilität: Dank der Modularität der HiRef-Einheiten kann die Lösung an die spezifischen Bedürfnisse des

Standorts angepasst werden und bietet die Möglichkeit zur individuellen Gestaltung sowie zur Integration mit Überwachungs- und Energiemanagementsystemen.

- Garantierte Einhaltung der Vorschriften: Die Geräte sind gemäß den Normen EN 378 und 2014/34/EU (ATEX) konstruiert, was die Projekterstellung und die Konformitätserklärung vereinfacht;
- Technische Unterstützung und Schulungen: HiRef bietet fachliche Beratung und spezielle Schulungen zu R290 an und erleichtert so die Aktualisierung von Fachkenntnissen und den Umgang mit neuen Technologien.

VORTEILE FÜR INSTALLATEURE

- **Vereinfachte Installationsverfahren:** Monoblock-Geräte mit R290 verfügen über einen hermetisch abgeschlossenen Kältekreislauf und sind so konzipiert, dass das Leckagerisiko minimiert wird, wodurch sich der Aufwand für die Risikobewertung vor Ort und die Komplexität der Abläufe verringern;
- **Reduzierung der Anforderungen an die Leckageüberwachung:** Dank des niedrigen GWP-Werts und der geringen Kältemittelmenge sind Geräte mit R290 oft von den für HFKW vorgeschriebenen regelmäßigen Kontrollen befreit, was die Wartung vereinfacht und die laufenden Kosten senkt;
- **Schulung und Zertifizierung:** HiRef bietet Fortbildungs- und Zertifizierungskurse für Installateure und Wartungstechniker an, die den neuen europäischen und nationalen Vorschriften entsprechen.

VORTEILE FÜR DIE ENDNUTZER

- **Höhere Energieeffizienz:** Geräte mit R290 sorgen im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen für Energieeinsparungen von bis zu 20 % und damit für geringere Betriebskosten;
- **Geringere Umweltbelastung:** Das nahezu null GWP und die Verringerung des TEWI-Werts tragen zur ökologischen Nachhaltigkeit bei und erleichtern den Zugang zu Umweltförderungen und -zertifizierungen;
- **Anwendungsvielfalt:** Dank ihrer Fähigkeit, Warmwasser mit hohen Temperaturen zu erzeugen, eignen sich die HiRef-Lösungen auch für bestehende Anlagen mit Heizkörpern und vereinfachen so die energetische Sanierung;
- **Reduzierte regulatorische Risiken und zukünftige Ersatzkosten:** Die Einführung von R290 antizipiert zukünftige regulatorische Beschränkungen, vermeidet die Notwendigkeit mittelfristiger Ersatzmaßnahmen und schützt den Wert der Investition.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die HiRef-Lösungen mit R290 eine strategische Wahl für alle Akteure der HLK-Branche darstellen und greifbare Vorteile in Bezug auf Effizienz, Sicherheit, Nachhaltigkeit und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften bieten.

4.5 Anwendungsfälle und Einsatzszenarien von HiRef mit R290

Die Erfahrung von HiRef bei der Umsetzung von Lösungen mit natürlichen Kältemitteln spiegelt sich in einer Reihe erfolgreicher Anwendungsbeispiele wider, die die Vielseitigkeit und Effizienz der angebotenen Technologien verdeutlichen. Im Folgenden werden einige wichtige Anwendungsszenarien analysiert, wobei der Schwerpunkt auf Rechenzentren, der Industrie, dem Dienstleistungssektor und der energetischen Sanierung liegt.

RECHENZENTREN IN MITTELEUROPA UND NORDEUROPA

HiRef hat zum Bau von Rechenzentren in Mittel- und Nordeuropa beigetragen und innovative Kühl- und Energiemanagementlösungen

bereitgestellt. Im Rahmen des Projekts wurden Vollinverter-Chiller mit einem Kältemittel mit niedrigem GWP-Wert (R1234ze), (glykolfreie) Free-Cooling-Systeme sowie eine intelligente Steuerung mit HiNode installiert. Die N+1-Konfiguration und die vollständige Redundanz gewährleisteten die Betriebskontinuität, während die Anwendung fortschrittlicher Technologien es ermöglichte, sehr niedrige PUEs (<1,20) und maximale Nachhaltigkeit zu erreichen.

INDUSTRIE UND PRODUKTIONSPROZESSE

HiRef-Geräte mit R290 werden zur Kühlung von industriellen Prozessen, Kühlräumen, Produktionslinien und Räumen mit hoher Leistungsdichte eingesetzt. Dank der Modularität der Lösungen und der Möglichkeit zur individuellen Anpassung können wir auf die spezifischen Anforderungen jedes einzelnen Kunden eingehen und dabei Energieeffizienz, Sicherheit und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften gewährleisten.

ENERGETISCHE SANIERUNG VON WOHN- UND GESCHÄFTS- BÄUDEN

Die HiRef-Wärmepumpen mit R290 werden zur energetischen Sanierung bestehender Gebäude eingesetzt und ermöglichen den Austausch herkömmlicher Heizkessel sowie die Integration in Heizkörperanlagen. Die Fähigkeit, Warmwasser mit hohen Temperaturen zu erzeugen, sowie die überragende Effizienz erleichtern den Zugang zu Fördergeldern und tragen zur Senkung der Energiekosten bei.

SONDERANWENDUNGEN UND INTERNATIONALE PROJEKTE

HiRef hat Klimatisierungsprojekte für Verkehrsinfrastrukturen (Kopenhagener Metro), Formel-1-Teams und große Unternehmen der Telekommunikationsbranche realisiert, die alle mit CO₂-Chillern ausgestattet sind. Damit hat das Unternehmen bewiesen, dass es in der Lage ist, Lösungen mit natürlichen Kältemitteln an äußerst kritische und rechtlich komplexe Rahmenbedingungen anzupassen.

Diese Anwendungsbeispiele zeigen, dass die umweltfreundlichen Lösungen von HiRef den Herausforderungen der Energiewende gewachsen sind und in einer Vielzahl von Einsatzbereichen konkrete Vorteile in Bezug auf Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit bieten.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN

Die technologischen Lösungen von HiRef mit natürlichen Kältemitteln, insbesondere R290 und CO₂, entsprechen dem neuesten Stand der Technik im HLK-Bereich und vereinen Energieeffizienz, Sicherheit, Nachhaltigkeit und Anwendungsflexibilität, um den Herausforderungen der Energiewende und der Dekarbonisierung gerecht zu werden. Die Unternehmensvision, die fortschrittliche technische Architektur, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und die Vorteile für alle Stakeholder festigen die Position von HiRef als innovativer Marktführer, der bereit ist, die Bedürfnisse von Planern, Energiemanagern und technischen Entscheidungsträgern in einem sich rasch wandelnden Markt vorwegzunehmen.

Durch den Einsatz von R290 lassen sich Treibhauspotenzial und TEWI drastisch senken, die Energieeffizienz verbessern, neue Märkte und Anwendungsbereiche erschließen, die Verwaltung und Wartung der Anlagen vereinfachen und der Wert der Investitionen langfristig sichern. Die Schulung und Zertifizierung der Fachkräfte in Verbindung mit der fachlichen Beratung durch HiRef erleichtern den Übergang und gewährleisten die Sicherheit und Qualität der Installationen.

Mit Blick auf die Zukunft eröffnen die laufenden regulatorischen Entwicklungen, die wachsende Nachfrage nach nachhaltigen Lösungen und die technologische Innovation neue Möglichkeiten für HiRef und den gesamten HLK-Sektor, wobei Propan (R290) voraussichtlich zum Referenzkältemittel für Klimaanlage der Zukunft werden wird.



Viale Spagna, 31/33 - 35020 Tribano (Padova) - Italien

Tel. +39 049 9588511 - Fax +39 049 9588522

IT02191431200

info@hiref.it - www.hiref.it



/HiRef S.p.A.