



Westfalen

Infos für Praktiker 1

Zeotrope Kältemittelgemische.

Der sichere Einsatz in Ihrer Anlage.



Qualitätsmanagementsystem
DIN EN ISO 9001 Reg.Nr. 1709 für Deutschland und die Schweiz

Kältemittelgemische – eine umweltfreundliche Alternative.

Azeotrope und zeotrope Kältemittelgemische

Die Auswahl des richtigen Kältemittels ist kein einfaches Unterfangen. Jedes Kältemittel hat Vor- und Nachteile, die fachkundig gegeneinander abgewogen werden müssen. Auch in Zukunft wird es notwendig sein, vor dem Einsatz eines Kältemittels die Eignung für die entsprechende Anwendung zu prüfen.

Um geeignete Eigenschaften eines Kältemittels für bestimmte Anwendungen sicherzustellen, genügt es oft nicht, die Charaktere von reinen Molekülen zu nutzen. In der Vergangenheit versuchte man ein synthetisches Kältemittel für Tiefkühlanwendungen herzustellen. Durch die Kombination der Kältemittel R-22 und R-115 kreierte man das Kältemittelgemisch R-502.

R-22 verfügte zwar über eine sehr gute Leistungsbilanz, erzeugte allerdings zu hohe Verdichtungsendtemperaturen. Durch Beimischung von R-115 konnten diese reduziert werden.

Vor dem Hintergrund neuer gesetzlicher Bestimmungen besteht die Notwendigkeit, Kältemittel durch neue Stoffe mit geringeren Umweltauswirkungen – auch in bestehenden Anlagen – zu ersetzen.

Um den Weiterbetrieb der eingesetzten Komponenten und besonders des Verdichters zu realisieren, werden immer häufiger Kältemittelgemische eingesetzt.

Azeotrop

Stoffgemisch, das bei einer bestimmten Temperatur (azeotroper Punkt) in der Dampf- und Flüssigphase die gleiche Zusammensetzung besitzt.

In der Nomenklatur gekennzeichnet mit einer 5 an der 100er-Stelle z. B.:
R-502, R-507, R-508A, R-508B, R-513A

Zeotrop

Stoffgemisch, bei dem Dampf- und Flüssigphase unter keinen Umgebungsbedingungen die gleichen Zusammensetzungen aufzeigen.

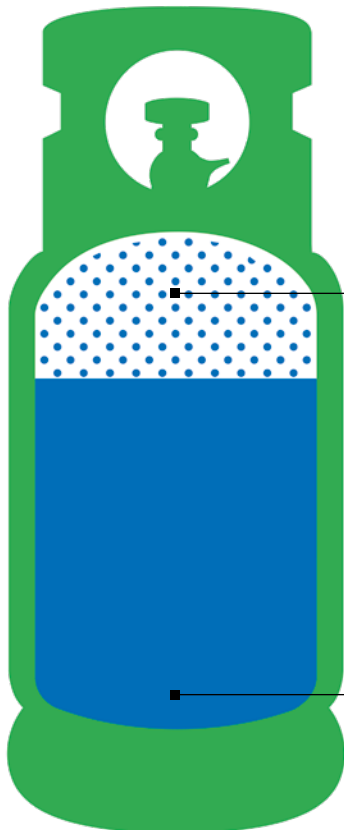
In der Nomenklatur gekennzeichnet mit einer 4 an der 100er-Stelle z. B.:
R-407A/C/F, R-410A, R-448A, R-449A

Hinsichtlich des praktischen Umgangs werden von den Herstellern und Kältefachbetrieben – sofern Gemische nicht vermeidbar sind – azeotrope Kältemittelgemische bevorzugt, da sie sich wie Reinstoffe verhalten und daher einfach zu handhaben sind.

Zeotrope Kältemittelgemische. Das richtige Handling.

Die richtige Entnahme: immer flüssig

Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung von Dampf- und Flüssigphase sollten zeotrope Kältemittelgemische **grundsätzlich flüssig** aus der Druckgasflasche entnommen werden. Dadurch ist gewährleistet, dass das Kältemittelgemisch den Spezifikationen entspricht. Eine gasförmige Entnahme hätte andere thermodynamische Eigenschaften in der Anlage zur Folge. Die Zuordnung von Siededruck zu einer entsprechenden Siedetemperatur ist dann nicht mehr möglich.



Die Eigenschaften von R-407C im Vergleich

Gesamtgemischeigenschaften (bei 15 °C)		
Zusammensetzung (Massen %)		
R-32	R-125	R-134a
23 %	25 %	52 %
Masse		Druck
11 kg		9,0152 bara

Zusammensetzung von R-407C in der Dampf- und der Flüssigphase (unten) im Vergleich zur Originalzusammensetzung (oben).

Dampfeigenschaften		
Zusammensetzung (Masse %)		
R-32	R-125	R-134a
33,13 %	33,12 %	33,75 %
Volumen	Masse	Dichte
3,053 Liter	0,1078 kg	35,3112 kg/m ³

Flüssigkeitseigenschaften		
Zusammensetzung (Masse %)		
R-32	R-125	R-134a
22,90 %	24,92 %	52,18 %
Volumen	Masse	Dichte
9,247 Liter	10,8922 kg	1.177,90 kg/m ³

Beispiel: Flüssigentnahme von R-407C aus einer Druckgasflasche

Auch bei mehrfacher Entnahme bleibt die Zusammensetzung der verbleibenden Menge in der Druckgasflasche nahezu unverändert. Die einzelnen Komponenten verschieben sich nur unwesentlich und haben somit keinen Einfluss auf die Kälteleistung oder Effizienz der Anlagen.

Zusammensetzung von R-407C bei Entnahme von 6 x 1,5 kg aus einer 12,3-Liter-/11-kg-Druckgasflasche bei 25 °C



Simulation am Beispiel R-407C: Vergleich der Dampf- und Flüssigkeitseigenschaften

Eingabebedingungen für die Simulation:		Nennzusammensetzung des Gemisches R-407C:	
Masse des Gemisches im Behälter	11 kg	R-32	23 %
Behältervolumen	12,3 Liter	R-125	25 %
Temperatur	25 °C	R-134a	52 %
Anzahl der Flüssigentnahmen	6		
Masse pro Einzelentnahme	1,5 kg		
Gemischzusammensetzung nach den Entnahmen:			
Verbleibende Masse	2,0 kg		
Druck	11,7662 bara		
	Dampfeigenschaften	Flüssigkeitseigenschaften	
Verbleibendes Volumen (Liter)	10,996	1,304	
Verbleibende Masse (kg)	0,5156	1,4844	
Zusammensetzung (Masse %)			
R-32	31,53	22,08	
R-125	31,83	24,25	
R-134a	36,64	53,67	
Dichte (kg/m ³)	46,8889	1 138,52	

Was ist zu tun bei Leckagen?

Sollte trotz aller Sorgfalt an einer Anlage eine Undichtigkeit des Kältemittelkreislaufes aufgetreten sein, ist das Nachfüllen des Kältemittels in aller Regel unproblematisch. Die Veränderung der Zusammensetzung der Einzelstoffe bleibt minimal. Zeotrope Kältemittelgemische erfordern somit keine andere Arbeitsweise als Einstoff-Kältemittel oder azeotrope Kältemittelgemische.

Bei wiederholtem Nachfüllen an der selben Anlage, kann es allerdings zu Verschiebungen der prozentualen Anteile der einzelnen Komponenten kommen. Hier ist immer der Einzelfall zu betrachten:

Undichtigkeit in der Flüssigphase

Befindet sich die Undichtigkeit an einer Stelle der Anlage, an der das Kältemittel flüssig austritt, kommt dies einer Flüssigentnahme gleich. In diesem Fall ist ein einfaches Nachfüllen ausreichend.

Undichtigkeit in der Gasphase

Ist die Undichtigkeit an einer Stelle, an der das Kältemittel gasförmig austritt, führt das nicht zwangsläufig zu starken Veränderungen der Zusammensetzung. Ist die Anlage in Betrieb, wird auch die Gasphase immer in der korrekten Zusammensetzung an der Leckage austreten. Bei längeren Standzeiten des Systems können allerdings Änderungen in der Zusammensetzung entstehen.

Die Leckage wirkt wie eine gasförmige Entnahme aus einer Kältemittelflasche, sodass die Gemischkomponenten mit höherem Druck prozentual mehr entweichen. Ist das ein einmaliger Vorgang, wird auch hierbei ein einfaches Nachfüllen zu keinen signifikanten Veränderungen der Anlagenparameter führen. Ist es erforderlich, in zeitlichen Abständen die Anlage nachzufüllen, sollte man einen kompletten Tausch der Kältemittelfüllung in Betracht ziehen.

Leckageeffekte beim Kältemittel R-407C

Computersimulation: Dampfleck hinter dem Expansionsventil, Verlust von 30% der Füllmenge				
Kältemittel R-407C		Original	nach Leckage	nach Auffüllung
R-32/R-125/R-134a	(Masse %)	23/25/52	21,7/23,3/55	22/24/54
Kondensationsdruck	(bar absolut)	21,0	20,6	20,7
Verdampfungsdruck	(bar absolut)	1,55	1,5	1,52
Druckverhältnis		13,6	13,7	13,6
Kälteleistung	(kW)	30,2	29,3	29,6
Leistungsaufnahme	(kW)	12,6	12,2	12,4
COP		2,33	2,34	2,34
Gleit (Verdampfer)	(K)	4,72	4,67	4,67
Verdichtungsndtemperatur	(°C)	83,9	83,3	83,3



Kältemittelanalyse von Westfalen: Sichern Sie sich ab!

Durch eine Analyse der einzelnen Komponenten bieten wir Ihnen an, innerhalb kurzer Zeit die Zusammensetzung in Ihrer Kälteanlage zu ermitteln.



Bitte berücksichtigen Sie:

Bei Anlagen mit Kapillarrohrentspannung muss die vom Hersteller vorgegebene Füllmenge exakt eingehalten werden.

In diesem Fall empfehlen wir die Restentleerung und Neubefüllung nach Herstellervorgaben.

Temperaturgleit bei zeotropen Kältemittelgemischen

In den Bauteilen einer Kälteanlage, in denen das Kältemittel den Aggregatzustand ändert, also im Verdampfer oder Verflüssiger, vollzieht sich dies bei gleichem Druck. Bei Kältemittel-Reinstoffen und azeotropen Kältemittelgemischen bleibt neben dem Druck auch die Temperatur konstant.

Azeotropes Kältemittelgemisch R-507A			
Komponenten	Anteil Masse %	Siedetemperatur bei 1 bar absolut (°C)	Siededruck in bar absolut bei +20 °C
R-125	50	-48,4	12,05
R-143a	50	-47,5	11,05

Bei zeotropen Kältemittelgemischen ist der Druck in den genannten Bauteilen ebenfalls gleich, allerdings ändert sich die Temperatur. Druckabfälle bleiben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt. Das hängt damit zusammen, dass die einzelnen Gemisch-Komponenten bei selbem Druck deutlich unterschiedliche Siedetemperaturen aufweisen.

Zeotropes Kältemittelgemisch R-449A			
Komponenten	Anteil Masse %	Siedetemperatur bei 1 bar absolut (°C)	Siededruck in bar absolut bei +20 °C
R-32	24,3	-51,9	14,75
R-125	24,7	-48,4	12,05
R-513A	51,0	-29,5	6,13

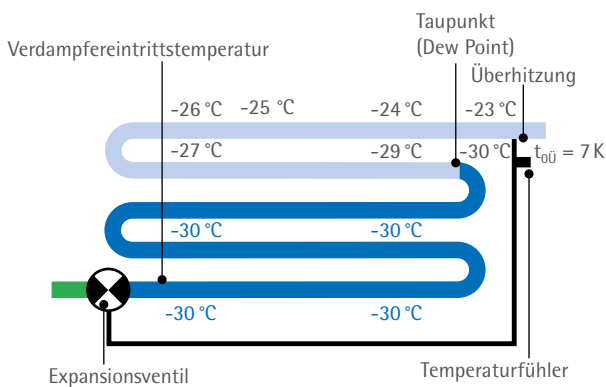
Anhand des Beispiels eines zeotropen Gemisches (hier R-449A) bedeutet das, dass nach der Entspannung in den Verdampfer zuerst die Komponente R-32 in die Gasphase übergeht. Damit die anderen Komponenten auch den Aggregatzustand wechseln können, muss vor allem bei R-513A bei gleichem Druck die Temperatur ansteigen.

Im Verflüssiger vollzieht sich der Vorgang der Aggregatzustandsänderung in umgekehrter Form bei sinkender Temperatur. Dieses Verhalten hat Auswirkungen auf die Beurteilung der Funktion und die Umstellung bestehender Anlagen sowie auf die Planung neuer Anlagen.

Ermittlung der Überhitzung bei azeotropen und zeotropen Kältemittelgemischen.

Überhitzung ist jede Temperatur über der Taupunkttemperatur des Kältemittels bei gleichem Druck. Sie ist demnach immer als Differenz zu verstehen und wird in Kelvin [K] angegeben. Die Überhitzung ist für die Beurteilung der Funktion einer Kälteanlage von primärer Bedeutung. Dabei sind zwei Werte relevant: Zum einen die Überhitzungstemperatur am Fühler des Expansionsventils. Sie ist ein Maß für die Beaufschlagung des Verdampfers mit siedendem Kältemittel. Und zum anderen die Temperatur am Eintritt in den Verdichter. Sie lässt Rückschlüsse auf Effizienz und Leistungsbilanz eines Systems zu.

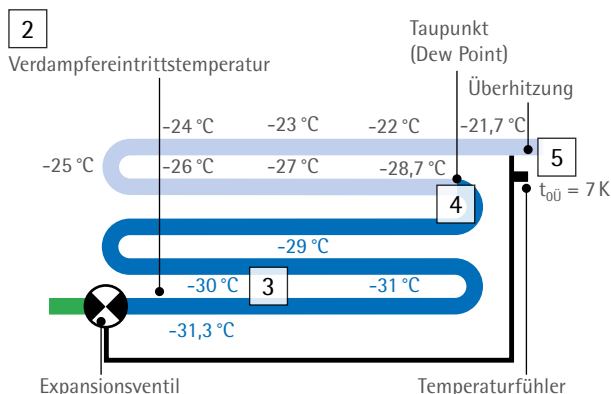
Azeotropes Kältemittelgemisch R-507A



- Bereich des Phasenwechsels (Nassdampfgebiet)
- Phase des überhitzten Bereiches

Verdampft ein Reinstoff oder ein azeotropes Kältemittelgemisch im Verdampfer, geschieht dies so lange bei gleicher Temperatur, bis der Taupunkt erreicht ist. Erst wenn sich das gesamte Kältemittel in gasförmigem Zustand befindet, wird bei weiterer Wärmezufuhr die Temperatur bis zum Überhitzungswert des Expansionsorgans und eventuell darüber hinaus ansteigen. Bei diesen Kältemitteln sind Blasenpunkt-, Verdampfungs- und Taupunkttemperatur identisch (gilt ohne Berücksichtigung von Druckabfällen).

Zeotropes Kältemittelgemisch R-449A



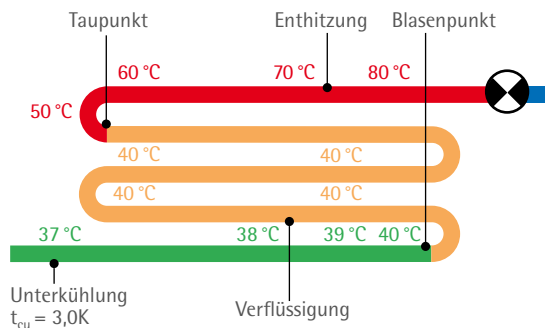
- Bereich des Phasenwechsels (Nassdampfgebiet)
- Phase des überhitzten Bereiches

Der Unterschied zu einem azeotropen Kältemittelgemisch besteht darin, dass bei einem zeotropen Kältemittelgemisch während der Aggregatzustandsänderung im Nassdampfgebiet die Temperatur ansteigen muss. Somit liegt bei gleicher mittlerer **Verdampfungstemperatur** [3] der **Taupunkt** [4] geringfügig höher und damit auch die **Überhitzung** [5]. Eine Blasenpunkttemperatur kann im Verdampfer nicht auftreten, da durch den Entspannungsprozess die Temperatur am **Verdampfer-eintritt** [2] bereits schon höher ausfällt.

Ermittlung der Unterkühlung bei azeotropen und zeotropen Kältemittelgemischen.

Für die mittlere Verdampfungstemperatur und die Beurteilung von Kälteanlagen ist der Wert der Unterkühlung vor dem Expansionsventil zentral. Eine Unterkühlung ist jede Temperatur unter der Blasenpunkttemperatur des Kältemittels bei gleichem Druck. Um diesen Wert erfassen zu können, braucht man anders als im Verdampfer nicht die Taupunkt-, sondern Blasenpunkttemperatur.

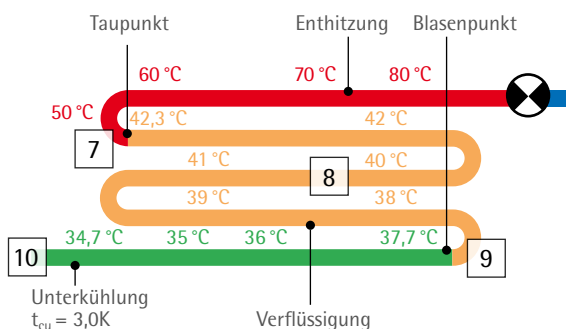
Azeotropes Kältemittelgemisch R-507A



Bei Reinstoffen bzw. azeotropen Kältemittelgemischen sind Taupunkt- und Blasenpunkttemperatur gleich, ohne Berücksichtigung von Druckabfällen.

- Phase des überhitzten Bereiches
- Bereich des Phasenwechsels (Nassdampfgebiet)
- Bereich der Unterkühlung

Zeotropes Kältemittelgemisch R-449A



Bei zeotropen Kältemittelgemischen wird nach der Enthitzung die **Taupunkttemperatur** [7] erreicht. Anschließend vollzieht sich bei gleichem Druck die Verflüssigung mit fallender Temperatur bis zur mittleren **Verflüssigungstemperatur** [8] und weiter bis zur abgeschlossenen Verflüssigung am **Blasenpunkt** [9]. Wird der Flüssigkeit dann noch weiter Wärme entzogen, erreicht man die **Unterkühlung** [10].

- Phase des überhitzten Bereiches
- Bereich des Phasenwechsels (Nassdampfgebiet)
- Bereich der Unterkühlung

Planung von Neuanlagen mit zeotropen Kältemittelgemischen.

Anlagenauslegung

Die Anlagenauslegung für zeotrope Kältemittelgemische unterscheidet sich nur geringfügig von den Vorgaben für Einstoff-Kältemittel oder für azeotrope Kältemittelgemische. Zu berücksichtigen ist jedoch der Gleit: Für die Auslegung der Anlagen sollten die mittlere Verdampfungstemperatur (Mittelwert zwischen Verdampfer-eintrittstemperatur und Temperatur am Taupunkt) und die mittlere Verflüssigungstemperatur (Mittelwert zwischen den Temperaturen am Taupunkt und am Blasenpunkt) zugrunde gelegt werden. Während bei den Einstoffkältemitteln und azeotropen Kältemittelgemischen die jeweiligen Drücke für Verdampfung und Verflüssigung den gewünschten Temperaturen problemlos zugeordnet werden können, müssen die Drücke bei den zeotropen Gemischen erst bestimmt werden.

Bei den meisten Computerprogrammen von Kältemittel- und Komponenten-Herstellern besteht die Möglichkeit, diese mittleren Werte vorzugeben. Sind solche Programme nicht verfügbar, müssen die Drücke anhand von Dampfdrucktabellen errechnet werden.

Ermittlung des Verflüssigungsdrucks

Mit Hilfe von Dampfdrucktabellen kann für die mittlere Verflüssigungstemperatur der Druck bei gleicher Temperatur am Blasenpunkt und am Taupunkt ermittelt werden.

Auszug aus Dampfdrucktabelle für R-449A:				
T [°C]	p' [bar]	p'' [bar]	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]
35	16,5	14,6	252	412
36	16,9	15,0	254	412
37	17,3	15,4	256	412
38	17,7	15,8	257	412
39	18,2	16,2	259	413
40	18,6	16,6	261	413
41	19,1	17,0	262	413
42	19,5	17,5	264	413

Der arithmetische Mittelwert beider Punkte ergibt den Verflüssigungsdruck:

$$p_c = \frac{p_{BP} + p_{DP}}{2}$$

Am Beispiel von R-449A:

$$t_c = +40^\circ\text{C}: p_c = \frac{18,6 + 16,6}{2} = 17,6 \text{ bar}$$

Ermittlung des Verdampfungsdrucks

Die Zuordnung des Verdampfungsdruckes zur mittleren Verdampfungstemperatur gestaltet sich etwas schwieriger. Das hängt vor allem von dem Einfluss der Unterkühlung vor dem Drosselventil auf den Punkt des Eintritts in den Verdampfer und der damit verbundenen veränderlichen Eintrittstemperatur ab. Für die Bestimmung des Verdampfungsdruckes lassen sich geeignete Computerprogramme einsetzen. Mit Dampfdrucktabellen kann man über die Streckenverhältnisse Temperatur zu Enthalpie zu ausreichend genauen Ergebnissen kommen.

Auszug aus Dampfdrucktabelle für R-449A:				
P [bar]	t' [°C]	t'' [°C]	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]
1	-46,3	-40,2	138	376
1,1	-44,3	-38,2	140	378
1,2	-42,4	-36,4	143	379
1,3	-40,7	-34,7	145	380
1,4	-39,1	-33,1	147	381
1,5	-37,5	-31,5	149	381
1,6	-36,1	-30,1	151	382
1,7	-34,7	-28,7	153	383
1,8	-33,3	-27,4	155	384
1,9	-32,1	-26,1	156	384

Im ersten Schritt ist ein Verdampfungsdruck anzunehmen. Folgende Überlegung geht dem voraus: Da sich der Eintrittszustand in den Verdampfer bereits schon mitten im Nassdampfgebiet befindet, bleibt von dem gesamten Temperaturgleit von ca. 5 Kelvin weniger übrig.

Auch hier nimmt man erst einen Wert an, im Beispiel etwa 3 Kelvin. Das bedeutet 1,5 Kelvin geringere Temperatur am Eintritt in den Verdampfer und 1,5 Kelvin höhere Temperatur am Taupunkt. Möchte man nun -30°C mittlere Verdampfungstemperatur erreichen, ergibt sich laut Tabelle bei einer Taupunkttemperatur von $-30^\circ\text{C} + 1,5 \text{ K} = -28,5^\circ\text{C}$ ein Verdampfungsdruck von 1,7 bar. Setzt man in dem unten aufgeführten Beispiel die Temperaturdifferenz im Verdampfer zu x, ergibt sich bei

einem Druck von 1,7 bar folgende Beziehung:

$$\frac{T_4 - T_2}{h_4 - T_2} = \frac{T_4 - T_1}{h_4 - h_1}; \quad x = \frac{-28,7 - (-34,7)}{230} \cdot 131 = 3,4K$$

Teilt man dieses Ergebnis durch 2 und zieht diesen Wert von der Taupunkttemperatur ab, sollte das Ergebnis nahe an der gewünschten mittleren Verdampfungstemperatur liegen. Im Beispiel:

$$3,4 \div 2 = 1,7; \quad -28,7 - 1,7 = -30,4^\circ C$$

Die Temperatur ist geringfügig niedriger als die gewünschten $-30^\circ C$. Im Zweifel kann das Ergebnis mit einem höheren Druck – also 1,8 bar – überprüft werden, wobei dann lediglich die oben errechnete Temperaturdifferenz von der neuen Taupunkttemperatur subtrahiert werden muss:

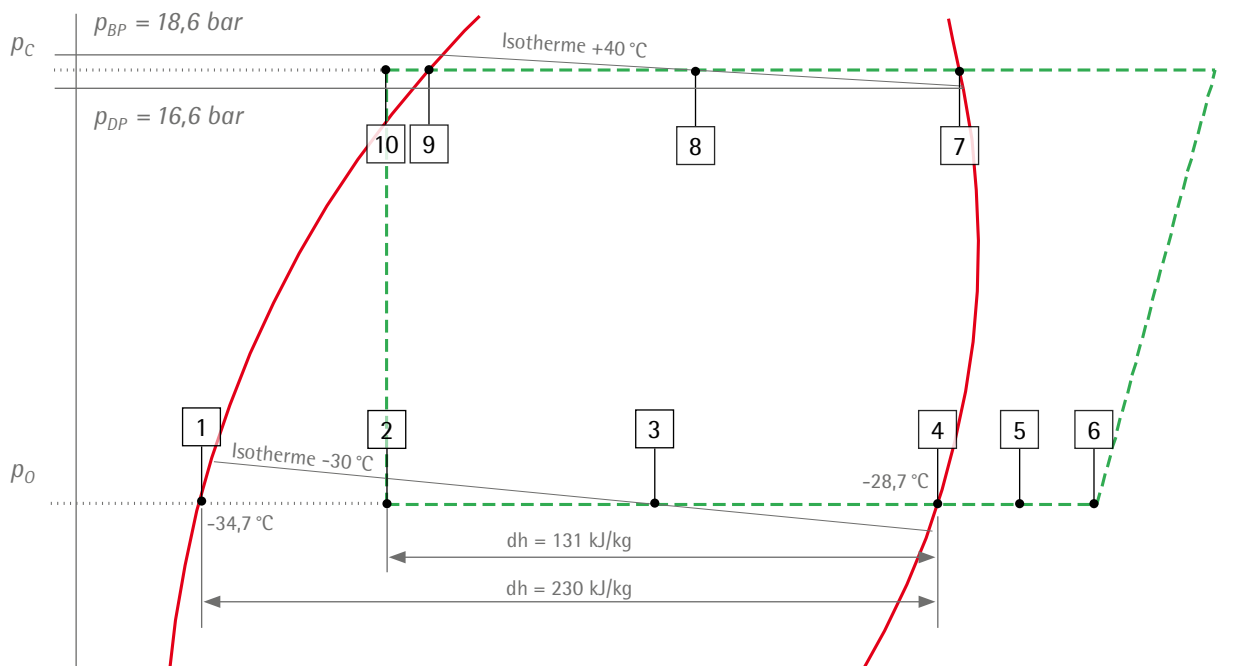
$$-27,4 - 1,7 = -29,1^\circ C$$

Da das erste Ergebnis näher an der gewünschten mittleren Verdampfungstemperatur liegt, wäre die Anlage mit 1,7 bar Verdampfungsdruck zu planen.

Verdampfung und Verflüssigung am Beispiel R-449A mit $p_0 = 1,7$ bar, 7 K Überhitzung, $p_C = 17,6$ bar, 3 K Unterkühlung

1	Blasenpunkttemperatur (Bubble)	$-34,7^\circ C$
2	Verdampfeintrittstemperatur	$-31,3^\circ C$
3	Mittlere Verdampfungstemperatur	$-30^\circ C$
4	Taupunkttemperatur (Dew)	$-28,7^\circ C$
5	Messfühler (bei 7K Überhitzung)	$-21,7^\circ C$
6	Verdichtereintritt	
7	Taupunkttemperatur (Dew)	$+42,3^\circ C$
8	Mittlere Verflüssigungstemperatur	$+40^\circ C$
9	Blasenpunkttemperatur (Bubble)	$+37,7^\circ C$
10	Unterkühlung	$+34,7^\circ C$

Beispielrechnung veranschaulicht anhand eines Diagrammes



Was Sie nur von uns bekommen.

Umstellung auf ein anderes Kältemittel

Sollten Anlagen von einem Einstoff-Kältemittel oder einem azeotropen Kältemittelgemisch auf ein zeotropes Kältemittelgemisch umgestellt werden müssen, ist zu prüfen, ob der höhere Überhitzungswert (bzw. niedrigere Unterkühlungswert) in der Praxis umsetzbar ist. Dies ist vor allem bei Flüssigkeitskühlern, z. B. Kaltwasser- oder Kaltsolebereitem, zu beachten.

Die erreichbare Überhitzungstemperatur im Verdampfer ist abhängig von der Temperatur des zu kühlenden Mediums am Rücklauf. Im Verflüssiger ist der Unterkühlungswert von der Eintrittstemperatur des Kühlmediums abhängig. Dies sollte der Planer vor der Umrüstung bei dem Leistungs- und Effizienzvergleich berücksichtigen – gerne unterstützen wir Sie dabei.

Das richtige Kältemittel für Ihre Anforderungen

Von der Normal- und Tiefkühlung über Klimatisierung von Gebäuden und Fahrzeugen und Anwendungen in extremen Temperaturbereichen: Mit unseren Vielzahl an Kältemitteln und Kältemittelgemischen unterstützen wir Sie bei Ihren individuellen Anforderungen. Zu unserem Portfolio gehören synthetische und natürliche Kältemittel, sowie Kühlsohlen (Wärmeträger).

Recycling?

Seit über 20 Jahren bereitet Westfalen gebrauchte Kältemittel in eigenen Anlagen auf. Dabei richten wir uns nach der im Kreislaufwirtschaftsgesetz vorgesehenen Reihenfolge: Abfallvermeidung, Abfallverwertung, Abfallbeseitigung.

Nutzen Sie unsere Beratung

Sie haben weitere Fragen zur Anwendung und Entsorgung von Kältemitteln oder zu anderen Produkten und deren Anwendungsgebieten? Sprechen Sie uns einfach an. Unsere Experten aus dem Produktmanagement Kältemittel beraten Sie gern!



Weitere
Informationen unter:
westfalen.com



Westfalen

Gase | Energieversorgung | Tankstellen

Westfalen Austria GmbH

Betriebsstraße 6
2440 Gramatneusiedl
Österreich
Tel. +43 2234 73441
www.westfalen.at
info@westfalen.at

Westfalen BV-SRL

Watermolenstraat 11
9320 Aalst/Alost
Belgien
Tel. +32 53 641070
www.westfalen.be
info@westfalen.be

Westfalen France S.A.R.L.

Parc d'Activités Belle Fontaine
57780 Rosselange
Frankreich
Tel. +33 387 50-1040
www.westfalen-france.fr
info@westfalen-france.fr

Westfalen Gas Schweiz GmbH

Sisslerstr. 11
5074 Eiken AG
Schweiz
Tel. +41 61 855 25 25
www.westfalen.ch
info@westfalen.ch

Westfalen Medical BV

Rigastraat 14
7418 EW Deventer
Niederlande
Tel. +31 570 858-450
www.westfalenmedical.nl
info@westfalenmedical.nl

Westfalen Gassen Nederland BV

Postbus 779
7400 AT Deventer
Niederlande
Tel. +31 570 636-745
www.westfalengassen.nl
info@westfalengassen.nl

Westfalen AG

Industrieweg 43
48155 Münster
Deutschland
Tel. +49 251 695-0
www.westfalen.com
info@westfalen.com

Westfalen Medical GmbH

Einheitsstraße 3
57076 Siegen
Deutschland
Tel. +49 271 405 76-0
www.westfalenmedical.de
info@westfalenmedical.de