

In Zusammenarbeit



dürfen wir Sie informieren über :

Einfach zum Nachdenken, anregende Auslegungsvergleiche zu „Glide“-Kältemitteln zwischen R-404A, R-454C und R-455A.

Vorwort :

Bitzer hat im aktuellen Update der öffentlich zugänglichen Auslegungssoftware die Auslegungen für die A2L-Kältemittel R-454C und R-455A, je potentielle R-404A-Nachfolger, zugänglich gemacht. In der **Tecumseh** Auslegungssoftware können Hubkolbenverdichter mit R-454C oder R-455A ausgewählt werden.

Zudem wird von Honeywell zurzeit aktiv das A2L-Kältemittel R-455A mit Pressenachrichten und Aussendungen beworben.

Dies sind Anlässe um beispielhaft, praxisperecht den Temperatur-Glide in NK und TK für R-404A, R-454C und R-455A darzustellen und deren Auswirkungen zu beleuchten.

Wichtig :

Nachstehendes sind punktuelle Betrachtungen, die im zutreffenden Einzelfall jeweils neu berechnet und bewertet werden müssen.

Auszug aus der Information Nr. 33I vom 30.12.2019

Derzeitige A2L Alternativen zu(m) A1 Kältemittel R-404A (GWP = 3.922; pGW = 0,52 kg/m³) und R-507A (GWP = 3.985; pGW = 0,53 kg/m³)

| Alternativen zu R-404A+R-507A | Sicherheitsklasse | AR4 GWP #) | pGW oder 50% x LFL 7#) | Bemerkung |
|--------------------------------|-------------------|------------|------------------------|---|
| R-454C (XL-20, DR-3) | A2L | 148 | 0,147 | Chemours 21,5%R-32 + 78,5%R-1234yf für NK + TK, Glide ca. 6-5K 6#) |
| R-455A (LX-40, HDR-110) | A2L | 148 | 0,216 | Honeywell 75,5% R-1234yf + 21,5% R-32 + 3% R-744 für NK + TK, Glide ca. 11-6K |

Basis der nachstehenden Auslegungsvergleiche nach „*bester Väter-Sitte*“ und guter Praxis :

- **NK** = Fleischkühlraum RT 0/+2°C, **TK** = Tiefkühlraum RT -18/-20°C
 - o Vollast-Sommerauslegung
- Luft-Eintrittstemperatur in den Verdampfer **NK +1°C; TK -19°C**
- DT1 7K
- Saugseitiger Druckabfall 1K
- to Verdichter **NK -7°C; TK -27°C**
 - o saugseitige Überhitzung am Verdichter-Eingang 20K
- tk Verdichter +45°C
 - o getrennte Flüssigkeitsunterkühlung auf +38°C
- to und tk je **Mitteltemperatur**
- beim Verdampfer eine ordentliche Nachverdampferschlange
- Fühler des Expansionsventiles am Ende der Nachverdampferschlange
- Gilt für Stoffe und azeotrope Gemische : Saugseitige Überhitzung für den Fühler des Expansionsventiles DT1 x 0,65 bis 0,68 = ca. 4,6K bis 4,8K, **bezogen auf das Verdichter-to : abgerundet ca. 5K**
 - o Gilt ebenso für nicht azeotrope Gemische mit sehr geringem Glide wie z.B. R-404A.
 - Gilt nicht für nicht azeotrope Gemische mit deutlichen Glide.
- danach Saug- und Flüssigkeitsleitung auf ein Stück weich zusammengelötet

Weitere Basis der nachstehenden Auslegungsvergleiche :

- Bitzer-Auslegungsprogramm
- Die anliegenden logp-h Diagramme sind Ausschnitte aus Coolstar 6.76.

Aufzählende Zusammenfassung (Nachstehend sprachlich speziell für Einzelanlagen.) :

- ✓ Der Verdichter, der Verdampfer und der Kondensator müssen je für das gewählte Kältemittel und für den jeweiligen Betriebsfall zugelassen und geeignet sein.
 - Im Besonderen müssen die Rohrschaltungen des Verdampfers und des Kondensators für das gewählte Kältemittel und für den jeweiligen Betriebsfall berechnet und geeignet sein. Gegebenenfalls ist dies, besonders bei Lagerware durch den Lieferanten nachzuprüfen und zu bestätigen.
 - Optimieren Sie das Innenvolumen der Verdampfer und Kondensatoren.
 - Je geringer das jeweilige Innenvolumen ist, umso überschaubarer erscheint das Betriebsverhalten.
 - Je größer das Innenvolumen derselben wird, umso größer werden „tote“ Kältemittel-Massen in den Wärmetauschern mit unangenehmen Nebeneffekten wie z.B. mangelnde Kältemittelverteilung, ungleiches Bereifungsbild, mangelnde Ölrückführung bzw. Ölförderung, schwallartiges Ausschleichen von Kältemittel, Nassfahren etc.
 - Bei Fleischkühlräumen ist je auf die, in Abhängigkeit der gewählten Lamellen-Konstruktion bzw. Ausführung, notwendige Verdampferfläche, im Betrieb auf die ordnungsgemäße gleichmäßige Bereifung und auf die vollständige Abtauung zu achten. Beachten Sie bitte, dass bei den anliegenden NK-Beispielen die berechnete Kältemittel-Eintrittstemperatur (6) bei
 - R-404A -7,2°C
 - R-454C -9,5°C
 - R-455A -12,3°Cim jeweiligen Verdichter logp-h Diagramm, beträgt.
- ✓ Die Rohrleitungen, Armaturen und Regelgeräte müssen je für das gewählte Kältemittel und für den jeweiligen Betriebsfall zugelassen und geeignet sein.
 - Beachten Sie bitte, dass bei den anliegenden NK- und TK-Beispielen bei
 - R-404A der gewohnte Betrieb mit einem thermischen Expansionsventil möglich erscheint.
 - R-454C und der Einhaltung derselben to-Mitteltemperatur wie bei R-404A, wird ein elektronisches Expansionsventil erforderlich.
 - R-455A wird samt elektronischen Expansionsventil, eine planmäßige Absenkung der to-Mitteltemperatur um 1,5K bzw. 1K notwendig.
- ✓ Die angeführten COP's für R-404A und R-454C sind sehr ähnlich.
- ✓ Bei R-455A sind wegen der notwendigen Absenkung der to-Mitteltemperatur die angeführten COP's schlechter als bei R-404A und R-454C.

Aufruf :

Sie haben bereits positive Erfahrungen mit Splitklima-Anlagen mit dem A2L-Kältemittel R32 und einem Kältemittelfüllgewicht, möglicherweise bis 3 kg (oder mehr ?) gewonnen ?

- ❖ **Es ist an der Zeit, dass Sie die ersten NK- und / oder TK-Räume mit z.B. R-454C Einzelanlagen ausführen, um zeitgerechte Erfahrungen zu sammeln.**

Für die Erstauführungen der NK- und / oder TK- A2L-Einzelanlagen (mit z.B. luftgekühlten Verflüssigungssätzen mit Wetter- und Schallschutzhauben im Freien), beachten Sie bitte

- a) **die angeführten A2L-Kältemittel Bagatellgrenzen, welche in der Information Nr. 34f dargestellt sind.**

- b) bei Kältemittel-Füllgewichte die in NK- oder TK-Räumen größer als die angeführten Bagatellgrenzen sind, gilt
- a. gemäß KAV § 12. Absatz (4) für Räume von solchen Gebäuden die nur Zwecken eines einzigen Betriebes dienen, sofern in diesen Räumen auf jede Person eine Bodenfläche von mindestens 8 m² #) entfällt → **keine Kältemittel-Füllmengenbegrenzung.**
 - i. Diese NK- und TK-Räume dürfen nur von befugten und befähigten Personen betreten werden. (= z.B. dafür unterwiesenes Betriebspersonal.)
 - ii. Zu #) Die 8 m² kommen gültig aus dem ASchG und aus der AStV.
 - b. gemäß ÖNORM EN 378-1 ##) Tabelle C.2 für Kältemittel der Brennbarkeitsklasse „L“ und Kategorie des Zugangsbereiches „c“ (= Zugangsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben) und „< 1 Person pro 10 m²“ und Aufstellungs-Klassifikation II (= Verdichter im Maschinenraum oder im Freien) → **keine Kältemittel-Füllmengenbegrenzung.**
 - c. gemäß ÖNORM EN 378-1 ##) Tabelle C.1 für Kältemittel der Toxizitätsklasse „A“ und Kategorie des Zugangsbereiches „c“ und Aufstellungs-Klassifikation II → **keine Kältemittel-Füllmengenbegrenzung.**
 - i. Zu ##) Stand 01.07.2018
 - d. Ohne besondere Ex-Schutz-Ausführungsaufgaben im Raum erfüllen zu müssen, gilt zu a. und b. im Sinne VEXAT, ExSV 2015 je i.d.g.F. und KAV § 14. Absatz (2), dass die maximale A2L-Kältemittelkonzentration nur < 50% x LFL bezogen auf das NETTO NK- oder TK-Raumvolumen sein darf. Aus dieser Anforderung lässt sich die zulässige maximale A2L-Kältemittel-Füllmenge je NK- oder TK-Raum berechnen :

$$\text{max. Kältemittelfüllmenge [kg]} < 50\% \times \text{LFL} \times \text{NETTO NK oder TK Raumvolumen}$$

Anmerkung zu obiger Formel : Diese Formel unterstellt, der der NK- oder TK-Raum ein „dichtes Aquarium“ darstellt. In Wahrheit findet ein ständiger Raumluf-Austausch über die Türdichtung und über das Druckausgleichsventil statt. Zusätzlich wird beim Türöffnen massiv Raumluf ausgetauscht. Durch den ständigen Raumluf austausch sinkt die allfällige Kältemittel-Konzentration im Raum.

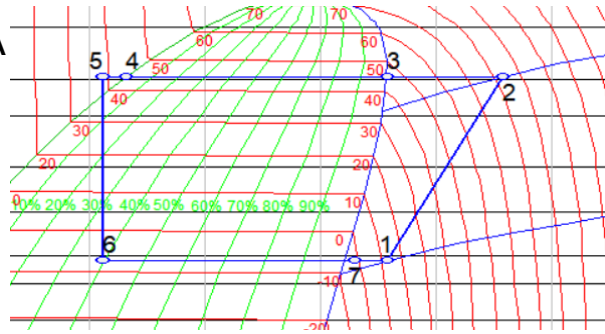
Anmerkung : Zusätzlich ist auf die Information Nr. 29b zu verweisen. Zitat ...

- **Anlagen und Anlagenteile wie Rohrverbindungen z.B. von Kälteanlagen die auf Grund ihrer Herstellung (Schweißen, Hartlöten) und einer nachher erfolgten Druckprüfung als dauerhaft technisch dicht gelten, stellen keine Gefahr für das Austreten von Gasen im Sinne des Erlasses dar.**
- **Damit müssen Rohrleitungen und dauerhaft dichte Anlagenteile, sofern sie diese Kriterien erfüllen, nicht in die Betrachtung einer allfälligen Undichtheit einbezogen werden und es sind dort keine weiteren Maßnahmen nötig.**

- e. Weiters ist auf die Information Nr. 36i-3, 0°C bis 1500m, zu verweisen. Bei fallenden Raumtemperaturen steigt LFL in [kg/m³] an. Beispielhaft sei für R-454C angeführt
 - i. R-454C_{+25°C bis 1500m} 0,293 kg/m³
 - ii. R-454C_{0°C bis 1500m} 0,320 kg/m³
- f. **Vorschau auf die Zukunft zu b)b. und zu „keine Kältemittel-Füllmengenbegrenzung“ :**
 - i. Für A2L-Kältemittel wird die EN 378-1 möglicherweise zukünftig die maximale Kältemittel-Füllmenge auf max. 200 x LFL begrenzen.
 1. Für R-454C wäre dies z.B. 200 x 0,293 = max. 58,60 kg.
 - ii. In der IEC 60335-2-40 RLV vom 26.01.2018 wird die maximale A2L-Kältemittel-Füllmenge mit 260 x LFL angegeben.
 1. Für R-454C wäre dies z.B. 260 x 0,293 = max. 76,18 kg.
 - iii. In der Zukunft wird sich möglicherweise eine maximale A2L-Kältemittel-Füllmenge in der Größenordnung 200 bis 260 x LFL etablieren.
 - iv. f.i. bis f.iii. hat je keinen Einfluss auf die angeführte Raum bezogene Zusatzgrenze nach b)d. (< 50% x LFL)

Anlage : Information Nr. 62-1, **NK**, R-404A, R-454C, R-455A
Information Nr. 62-2, **TK**, R-404A, R-454C, R-455A

NK, R-404A



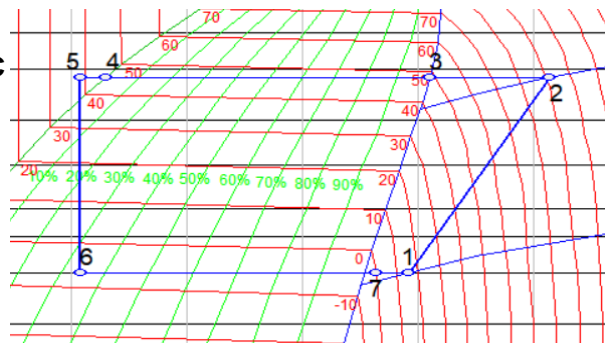
NK, R-404A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 6,8
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 13,2

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 44,8 | 45 | 45,2 | 0,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -7,2 | -7 | -6,8 | 0,4 |
| COP z.B.: | | 2,49 | 2,52 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 5 -1,8 1 2,8

NK, R-454C



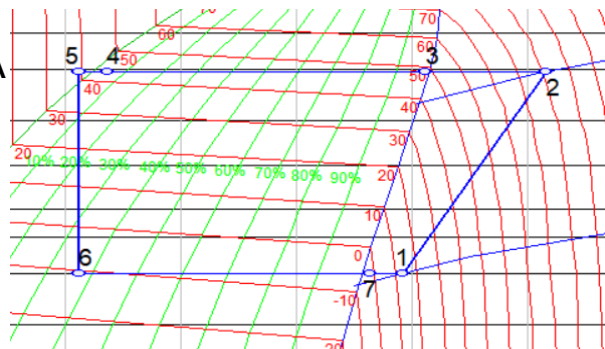
NK, R-454C

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 3,7
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 15,5

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 41,7 | 45 | 48,3 | 6,6 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -9,5 | -7 | -4,5 | 5 |
| COP z.B.: | | 2,56 | 2,58 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -1,5 1 2,5

NK, R-455A



NK, R-455A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 2,3
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 16,8

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 40,3 | 45 | 49,7 | 9,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -10,8 | -7 | -3,2 | 7,6 |
| COP z.B.: | | 2,55 | 2,58 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -0,2 1 1,2

bei Gleichwertigkeit der Auslegung = zu gering

NK, R-455A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 2,3
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 15,3

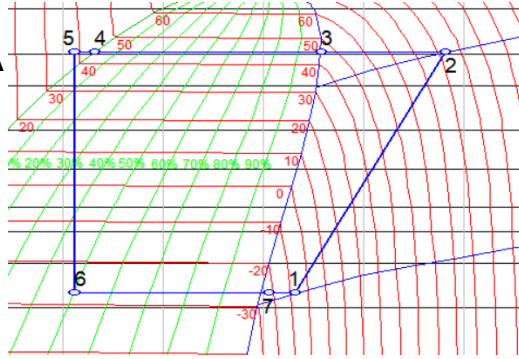
| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|------|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 40,3 | 45 | 49,7 | 9,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -12,3 | -8,5 | -4,7 | 7,6 |
| COP z.B.: | | 2,44 | 2,47 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -1,7 1 2,7

bei Gleichwertigkeit der Auslegung = OK

Info Nr. 62-2, TK

TK, R-404A



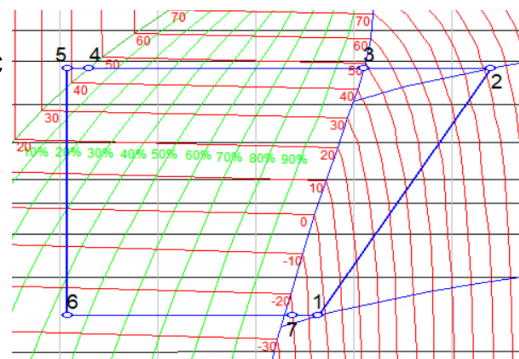
TK, R-404A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 6,8
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 -6,8

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|-----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 44,8 | 45 | 45,2 | 0,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -27,2 | -27 | -26,8 | 0,4 |
| COP z.B.: | | 1,55 | 1,55 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 5 -21,8 -19 2,8

TK, R-454C



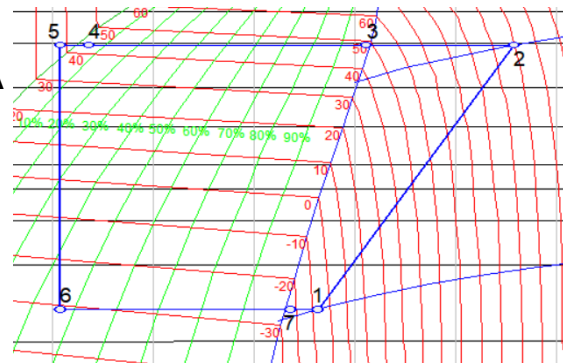
TK, R-454C

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 3,7
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 -4,9

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|-----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 41,7 | 45 | 48,3 | 6,6 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -29,1 | -27 | -24,9 | 4,2 |
| COP z.B.: | | 1,55 | 1,54 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -21,9 -19 2,9

TK, R-455A



TK, R-455A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 2,3
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 -3,7

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|-----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 40,3 | 45 | 49,7 | 9,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -30,3 | -27 | -23,7 | 6,6 |
| COP z.B.: | | 1,54 | 1,52 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -20,7 -19 1,7

bei Gleichwertigkeit der Auslegung = zu gering

TK, R-455A

(5) [°C] Unterkühl. [K]
 38 2,3
 Überhitzung [K] (1) [°C]
 20 -4,7

| Mitteltemperatur [°C] | | | |
|-----------------------|-----|---------|-----------|
| Aus (4) | tk | Ein (3) | Gilde [K] |
| 40,3 | 45 | 49,7 | 9,4 |
| Ein (6) | to | Aus | |
| -31,3 | -28 | -24,7 | 6,6 |
| COP z.B.: | | 1,49 | 1,48 |

saugseitige Überhitzung E-Ventil [K] (7) [°C] Luft-Ein [°C] Luft-Ein abzüglich abzüglich (7) in [K]
 3 -21,7 -19 2,7

bei Gleichwertigkeit der Auslegung = OK