



Merkblatt

# Kältemittelauswahl

Für Kälte- und Wärmepumpenanlagen

# Allgemeine Grundsätze

Für die Bauvorhaben des Amtes für Hochbauten (AHB) der Stadt Zürich sind neben den gültigen Gesetzen und Vorschriften die „Empfehlung Gebäudetechnik“ der KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren), die „Richtlinie Gebäudetechnik – Ergänzungen zur KBOB-Empfehlung Gebäudetechnik“ und die Standards der Eigentümervertreter anzuwenden. Sinnvolle, projektspezifische Abweichungen oder allfällige Widersprüche zu geltenden Normen und Vorschriften sind mit der AHB-Projektleitung zu klären und an die FS EGT zu melden.

Merkblätter dienen als Arbeitshilfen für das Projektteam und zeigen mögliche ökologisch vorbildliche, auf die Bedürfnisse abgestimmte und wirtschaftliche Lösungen auf.

Dieses Merkblatt wurde von der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik (FS EGT) in Zusammenarbeit mit Immobilien Stadt Zürich erarbeitet und soll bei städtischen Objekten beachtet werden, welche durch das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich neu-, umgebaut oder instandgesetzt werden.

Sofern restriktivere nationale oder regionale Bestimmungen vorhanden sind, haben diese vor den Anforderungen der Norm EN 378 Vorrang. Das Dokument hat kein Anrecht auf Vollständigkeit. Im Zweifelsfall sind die Bestimmungen der im Literaturverzeichnis aufgeführten Richtlinien, Verordnungen und Normen massgebend.

## HERAUSGEBERIN:

Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten, Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik  
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21, Postfach 8021 Zürich

## Bearbeitung:

Stephan Lutz (acoenergy GmbH Ingenieurbüro Wiesendangen)  
kontakt@acoenergy.ch

## Projektleitung:

Markus Hilpert  
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,  
Amt für Hochbauten

## Projektteam:

Markus Hilpert (Stadt Zürich AHB)  
Nicole Külling (Stadt Zürich AHB)  
Franz Sprecher (Stadt Zürich AHB)

## Download als PDF:

[www.stadt-zuerich.ch/egt](http://www.stadt-zuerich.ch/egt)  
> Vorgaben

Oktober, 2021

## ÄNDERUNGSGESCHICHTE

| Datum             | Änderungen   |
|-------------------|--|
| 17.10.2018 S.Lutz | Version 1 Erstellung gemäss ChemRRV vom 31.12.2017     |
| 02.11.2021 S.Lutz | Version 2 Aktualisierung gemäss ChemRRV vom 01.06.2021 |

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Ausgangslage .....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1 Geltungsbereich.....   | 4         |
| 1.2 Anwendung.....   | 4         |
| 1.3 Geschichte der Kältemittel.....  | 4         |
| 1.4 Treibhauseffekt .....  | 4         |
| <b>2. Kältemittelauswahl .....</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1 Auswahlkriterien .....   | 6         |
| 2.2 Gesamter äquivalenter Treibhauseffekt (TEWI).....                                      | 6         |
| 2.3 Auswahlempfehlungen.....   | 8         |
| 2.4 Auswahl diagramme .....  | 8         |
| 2.5 Kältemittel Auswahl für Wärmepumpen.....   | 10        |
| 2.6 Kältemittel Auswahl für Klimakälteanlagen .....  | 11        |
| 2.7 Kältemittelauswahl für Gewerbekälteanlagen .....                                       | 12        |
| 2.8 Kältemittelauswahl für Industriekälteanlagen .....                                     | 13        |
| 2.9 Kältemittelauswahl Direktverdampfungs-Kälteanlagen und VRF/V-Klimasysteme.....         | 14        |
| <b>3. Bauliche Anforderungen .....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 Allgemeines.....   | 15        |
| 3.2 Allgemeine bauliche Anforderungen .....  | 15        |
| 3.3 Anforderungen für Kältemittel der Sicherheitsklassen A2L, A2, A3, B2L, B2 und B3 ..... | 17        |
| 3.4 Zusätzliche Anforderungen an R717-Anlagen (Klasse 2BL) .....                           | 18        |
| <b>4. Anhang A.....</b>  | <b>20</b> |
| 4.1 Kältemittel Klassifikation nach EN 378.....  | 20        |
| 4.2 Bezeichnung und Klassifikation von Kältemitteln .....                                  | 20        |
| <b>5. Begriffsverzeichnis.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>6. Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>   | <b>23</b> |

# 1. Ausgangslage

Der Klimawandel schreitet weiter voran und der öffentliche Druck insbesondere bei den Treibhausgasen und dort im speziellen beim Einsatz von synthetischen in der Luft stabilen Kältemittel nimmt zu. Die Regierungen reagieren darauf mit gesetzlichen Reduktionen der heute eingesetzten Treibhausgase durch Verordnungen. In der Schweiz ist dies die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung ChemRRV<sup>[1]</sup> die im Juni 2021 zuletzt angepasst wurde mit dem Ziel grundsätzlich nur noch umweltfreundliche Kältemittel mit einem tiefen Treibhauspotential (GWP) wie zBsp. den natürlichen Kältemittel einzusetzen. Diese umweltfreundlichen Kältemittel wiederum weisen zum Teil entweder eine hohe Drucklage auf, sind toxisch oder brennbar und bedürfen deshalb spezifische sicherheitstechnische Anforderungen die gemäss Norm SN EN 378 Teil 1-4 <sup>[2,3,4,5]</sup> einzuhalten sind.

## 1.1 Geltungsbereich

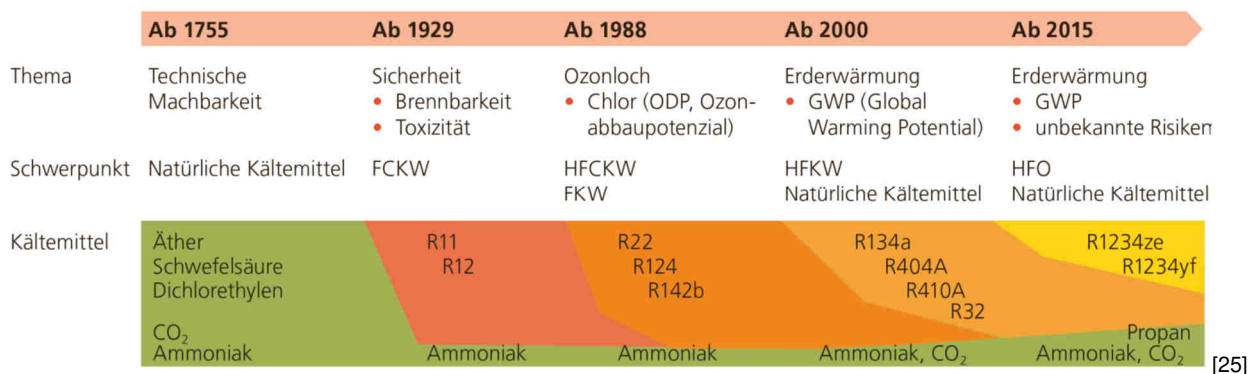
Im Allgemeinen regelt die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung ChemRRV und Norm SN EN 378 Teil 1 bis 4 neben einigen weiteren Normen und Richtlinien den Einsatz und die Anwendung von Kältemittel für den Betrieb von Kälte- und Wärmepumpenanlagen in der Schweiz.

## 1.2 Anwendung

Dieses Merkblatt soll Gebäudetechnikplanern helfen projektbezogen unter der Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen das für Ihre spezifische Anwendung geeignetste energieeffizienteste und umweltfreundlichste Kältemittel für typische Kälte- und Wärmepumpenanlagen der Stadt Zürich zu evaluieren unter Einbezug der baulichen und org. Auswirkungen.

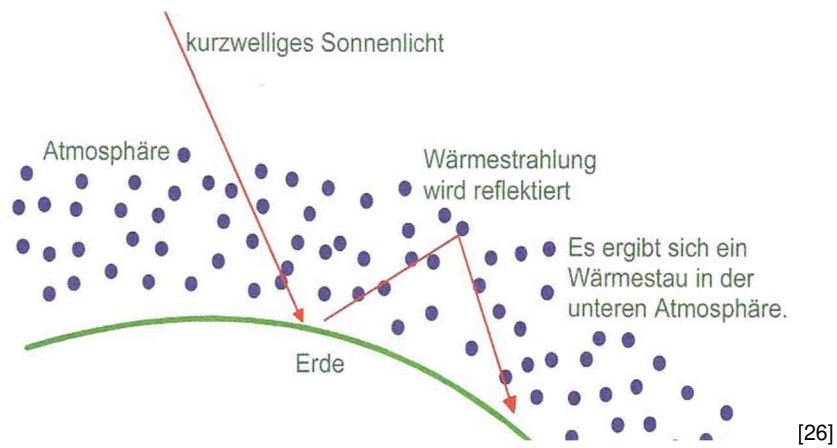
## 1.3 Geschichte der Kältemittel

Die Kältetechnik entstand mit natürlichen Kältemittel wie zBsp. Ammoniak oder CO<sub>2</sub>. Einige davon sind brennbar, andere sind toxisch. Nach dem Streben nach mehr Sicherheit entstanden die synthetischen Kältemittel (FCKW, HFCKW, HFKW, FKW) die weniger gefährlich in der Handhabung sind. Erst später erkannte man, dass die Kältemittel mit Chlor die Ozonschicht schädigen und die fluorartigen Stoffe die Erderwärmung fördern. Daher wurden die ozonschichtabbauenden Kältemittel (FCKW, HFCKW) wie zBsp. R11 und R12 längst verboten.



## 1.4 Treibhauseffekt

Die Spurengase in der Atmosphäre betragen 0,03 %, Kohlendioxid macht dabei den grössten Anteil aus. Kurzwelliges Sonnenlicht durchdringt die Atmosphäre und erwärmt die Erde. Die resultierende langwellige Wärmestrahlung kann schlecht die Atmosphäre durchdringen: sie wird an den Molekülen (Spurengase) reflektiert und gelangt so zurück zur Erde.



Es entsteht ein Wärmestau der als Treibhauseffekt bekannt wurde. Wie stark ein atmosphärisches Gas die Wärmestrahlung reflektiert hängt von folgenden drei Faktoren ab:

- Grösse des Moleküls,
- seine Spiegeleigenschaften
- und seine atmosphärische Verweildauer

## 2. Kältemittelauswahl

Alle Kältemittel besitzen Eigenschaften, aus denen sich Vor- und Nachteile ergeben die projekt- und anwendungsspezifisch gegeneinander zBsp. mit einer Risikoanalyse abzuwägen sind. „Das Kältemittel“ gibt es heute nicht, deshalb ist es empfehlenswert schon zu Beginn der Planung von Wärmepumpen und Kälteanlagen sich Gedanken über das Kältemittel zu machen. So können bauliche und organisatorische Massnahmen frühzeitig in der Planung miteinbezogen werden.

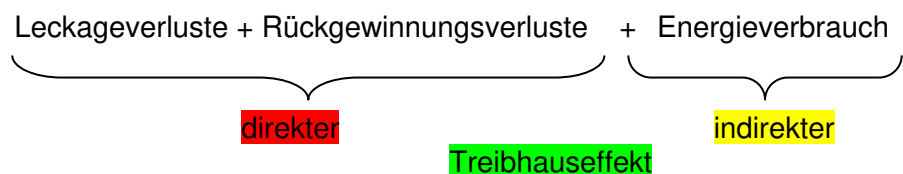
### 2.1 Auswahlkriterien

Aufgrund der Chemikalien-Risikoreduktion-Verordnung ergibt sich als erstes eine Vorauswahl in der spezifischen Anwendung der Kälte- bzw. Wärmenutzung, dies wird unterteilt in Wärmepumpen-, Klimakälte-, Gewerbe- und Industriekälte-Anwendungen.

### 2.2 Gesamter äquivalenter Treibhauseffekt (TEWI)

Der gesamte äquivalenter Treibhauseffekt (TEWI en: Total Equivalent Warming Impact) ist eine Verfahren zur Beurteilung der globalen Erwärmung durch Erfassen sowohl des direkten Beitrages der Kältemittlemissionen in die Atmosphäre als auch den indirekten Beitrags der Kohlendioxid- und anderen Gasemissionen, verursacht durch die Erzeugung der für den Betrieb benötigten Energie während ihrer Betriebslebensdauer. Der gesamte äquivalente Treibhauseffekt TEWI kann mit nachfolgender Formel berechnet und zur Beurteilung von zwei Wärmepumpen oder Kälteanlage verwendet werden:

$$TEWI = GWP \times L \times n + [GWP \times m \times (1 - \alpha_{\text{Rückgewinnung}})] + n \times E_{\text{jährlich}} \times \beta$$



Der TEWI berechnet sich aus folgenden Anteilen:

|   |  |
|---|--|
| $GWP \times L \times n$                                   | die Auswirkung von Leckageverlusten        |
| $GWP \times m \times (1 - \alpha_{\text{Rückgewinnung}})$ | die Auswirkung von Rückgewinnungsverlusten |
| $n \times E_{\text{jährlich}} \times \beta$               | die Auswirkung des Energieverbrauchs       |

Dabei ist

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>TEWI</b>                     | der gesamte äquivalente Beitrag zum Treibhauseffekt in [kg CO <sub>2</sub> ] |
| <b>GWP</b>                      | das CO <sub>2</sub> -bezogene Treibhauspotential;                            |
| <b>L</b>                        | die Leckage in [kg/Jahr]   |
| <b>n</b>                        | die Betriebszeit der Anlage in Jahre   |
| <b>m</b>                        | die Kältemittel-Füllmenge in [kg]  |
| $\alpha_{\text{Rückgewinnung}}$ | der Faktor für Rückgewinnung/Recycling, 0 bis 1                              |
| $E_{\text{jährlich}}$           | die Energieaufnahme in [kW/Jahr]   |
| $\beta$                         | die CO <sub>2</sub> -Emission in [kg/kWh]                                    |

Der Umrechnungsfaktor  $\beta$  gibt die Menge CO<sub>2</sub> an, die bei der Erzeugung von 1 [kWh] entsteht. Er kann in Abhängigkeit von der geographischen Lage, Strommix und der Zeit stark variieren.

Die nachfolgende Grafik zeigt TEWI-Vergleiche verschiedener Wärmepumpen mit unterschiedlichen Jahresbetriebsstunden (750-1'500 Std.) auf.

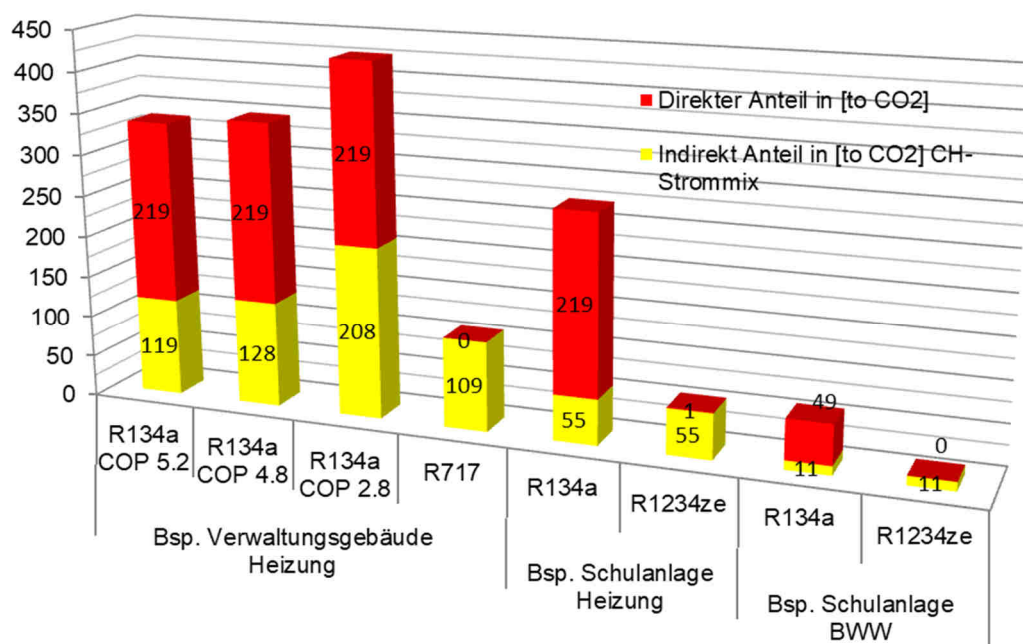


Abbildung 1 Direkter und indirekter Treibhauseffekt (TEWI) in to CO<sub>2</sub> mit CH-Strommix

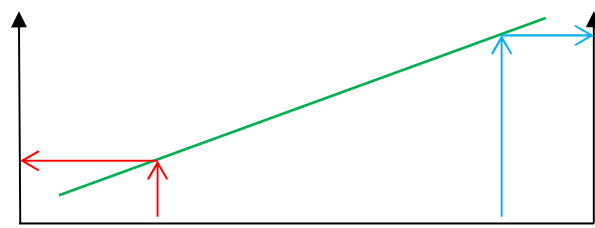
Gemäss obiger Grafik ist zu beobachten, dass bei geringen Jahresbetriebsstunden und mit in der Luft stabilen Kältemitteln (R134a) der direkte den indirekten Treibhauseffekt überwiegt.

### Modell für optimalen TEWI

Die massgebenden Einflussgrössen für die Berechnung eines optimalen TEWI können im nachfolgenden einfachen Modell dargestellt werden.

#### Direkter Treibhauseffekt

Hoher GWP  
 tiefer GWP entscheidend  
 Tiefer GWP



- Jahresbetriebsstunden in Std./a +
- Strommix-Äquivalenz in g CO<sub>2</sub>/kWh +

#### Indirekter Treibhauseffekt

hohe Energieeffizienz  
 hohe Effizienz entscheidend

geringere Energieeffizienz

Abbildung 2 TEWI-Modell mit den wesentlichen Einflussgrössen

Je höher die Jahresbetriebsstunden und die Strommix-CO<sub>2</sub>-Äquivalenz sind, desto grösser wird der Anteil des **indirekten** Treibhauseffektes betragen und desto mehr wird dieser durch die Energieeffizienz beeinflusst. Der energetische Wirkungsgrad (Energieeffizienz) während der Nutzung ist hierfür also von entscheidender Bedeutung.

Je geringer die Jahresbetriebsstunden und die Strommix- CO<sub>2</sub>-Äquivalenz sind desto grösser wird der Anteil des **direkten** Treibhauseffektes (Leckage- und Rückgewinnungsverluste) ausfallen und desto mehr wird der TEWI durch den GWP des ausgewählten Kältemittels beeinflusst.

### Praxis-Hilfsmittel Für die TEWI-Berechnung:

Unter dem Link <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/planungshilfen-fuer-kaelteanlagen> kann durch Drücken auf „Kälte-Tool“ (08.01.2021) eine Excel-Datei für die TEWI-Berechnung heruntergeladen werden. Die Anwendung ist, mit Ausnahme für die TEWI-Berechnung von Wärmepumpen, empfehlenswert.

### 2.3 Auswahlempfehlungen

Gemäss dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) sind grundsätzlich natürliche Kältemittel und umweltfreundliche in der Luft nicht stabile Kältemittel mit einem möglichst tiefen GWP anzustreben. Der tiefe GWP führt zu keinem (zBsp. bei Ammoniak) oder zu tiefen direkten Treibhausemissionen während dem ganzen Life Cycle einer Wärmepumpen- oder Kälteanlage.

#### Kältemittel Auswahlempfehlung:

1. Wahl eines umweltfreundlichen Kältemittels mit tiefem GWP < 150
2. Wahl einer Anlage und Kältemittels mit einer hohen Energieeffizienz
3. Einsatz von kältemittelreduzierenden Technologien anwenden
4. Auswahl der Anlage und Kältemittels mit dem tieferen TEWI-Wert (to CO<sub>2</sub>) im Vergleich
5. Risikoanalyse auf Grundlage des Sicherheitskonzeptes erstellen

Die Energiekosten über den gesamten Lebenszyklus einer Wärmepumpe oder Kälteanlage können je nach Jahresbetriebsstunden rund ca. 75 % der Gesamtkosten betragen. Die Verwendung des TEWI-Vergleichs führt nicht nur zu ökologischen, sondern durch die Berücksichtigung des indirekten Treibhauseffektes oftmals auch zu ökonomischeren Kälte- und Wärmepumpenanlagen. Erhöhte Sicherheitsmassnahmen für natürliche oder in der Luft nicht stabilen Kältemitteln können, sofern Mehraufwendungen entstehen würden, deshalb innert kürzester Zeit amortisiert sein.

### 2.4 Auswahldiagramme

#### Allgemein

Die Auswahldiagramme basieren auf der gültigen Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Merkblatts. Aufgrund der aktuellen Treibhausgasentwicklung sowie den daraus folgenden klimapolitischen Diskussion sind weitere gesetzliche Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase und insbesondere der Kältemittel ein sehr wahrscheinlich eintretendes Szenario.

Aus diesem Grund ist bei allen Auswahldiagramm auch beim Unterschreiten der gesetzlichen Grenzwerte immer eine Prüfung mit einem umweltfreundlichen Kältemittel mittels Vergleich über den gesamten äquivalenten Treibhauseffekt (TEWI) vorgesehen. Durch diese zusätzliche Überprüfung besteht damit die Chance bereits kommenden Trends und gesetzlichen Rahmenbedingungen entgegenzuwirken und einen langfristigen Investitionsschutz sicherzustellen sowie einen ökologisch wertvollen Beitrag zur Klimaveränderung zu leisten.

#### TEWI Berechnungen

Für die TEWI-Berechnung empfiehlt sich das Standard-Nutzungsprofil gemäss SIA 382/1<sup>[6]</sup> zu verwenden welches die Betriebsstundenhäufigkeit der Teillast-Werte basierend auf den ESEER-Wert ( European Seasonal Energy Efficiency Ratio) bezieht.

Nutzungsprofil:

|             |                |      |  |       |
|-------------|----------------|------|--|-------|
| Betrieb bei | 25 % Teillast  | 23 % | Betriebsstundenhäufigkeit bei Teillasten von | 25 %  |
| Betrieb bei | 50 % Teillast  | 41 % | “  | 50 %  |
| Betrieb bei | 75 % Teillast  | 33 % | “  | 75 %  |
| Betrieb bei | 100 % Volllast | 3 %  | “  | 100 % |



## Risikoanalyse

Da die gesetzlichen Rahmenbedingungen durch die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) sehr anwendungsspezifisch und umfangreich sind werden diese in den nachfolgende Flussdiagramme dargestellt: Nach der Vorauswahl des Kältemittels, ist aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie der Berechnung des TEWI, grundsätzlich für jede Wärmepumpe und Kälteanlage, welche in einem Maschinenraum aufgestellt wird, eine Risikoanalyse gemäss EN 378 Teil 3 4.3 zu erarbeiten. Die Risikoanalyse hat die Aufgabe die sicherheitstechnischen und umweltrelevanten Anforderungen an den Aufstellungsort und den Betrieb kritisch zu überprüfen.




## Abwärmenutzung

Im Weiteren ist es empfehlenswert alle Anlagen auf ihre Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Wärmesenke, Abwärmenutzung (AWN) oder freien Kühlung (Freecooling) zu überprüfen und bei Unterlassung zu begründen.

## Legende zu den Auswahldiagrammen

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Q <sub>o</sub> | = | Nutzkälteleistung in kW  |
| TEWI           | = | gesamter äquivalenter Treibhauseffekt  |
| ufK            | = | umweltfreundliches Kältemittel (natürliches oder in der Luft nicht stabiles)         |
| AWN            | = | Abwärmenutzung (Enthitzer, WRG-Verflüssiger)   |
| FC             | = | Freecooling, freie Kühlung ohne mechanische Kälteerzeugung                           |
| Minuskälte     | = | Tiefkühlung in der Regel ab -18°C zur Konservierung von Produkte                     |
| Pluskälte      | = | Kühlung von Produkte über 0°C  |
| R1234ze/fy     | = | HFO (Hydro-Fluor-Olefinen) Kältemittel, in der Luft <u>nicht</u> stabile Kältemittel |
| Füllmenge      | = | Gesamt-Kältemittelfüllmenge einer Wärmepumpe oder Kälteanlage                        |
| VRV            | = | variabler Kältemittelmassenstrom (Variable Refrigerant Flow)                         |
| VRV            | = | variables Kältemittelvolumen (Variable Refrigerant Volume)                           |
| LWT            | = | Luftwärmetauscher  |
| VE             | = | Anzahl Verdampfer-Einheiten  |
| BAFU           | = | Bundesamt für Umwelt   |

## Farblegende zu den Auswahldiagramme

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | = | Kältemittel zulässig bei besserem TEWI als ein umweltfreundliches Kältemittel   |
|  | = | anzustrebendes umweltfreundliches Kältemittel   |
|  | = | Bewilligungspflichtig, bedarf ein Ausnahmegesuch ans BAFU<br>bzw. Verbot im Diagramm 2.9 Auswahl für Direktverdampfer- und VRV-Anlagen<br>das Anlagekonzept muss angepasst werden |

## 2.5 Kältemittel Auswahl für Wärmepumpen

Diagramm für die Kältemittelauswahl von Wärmepumpen.

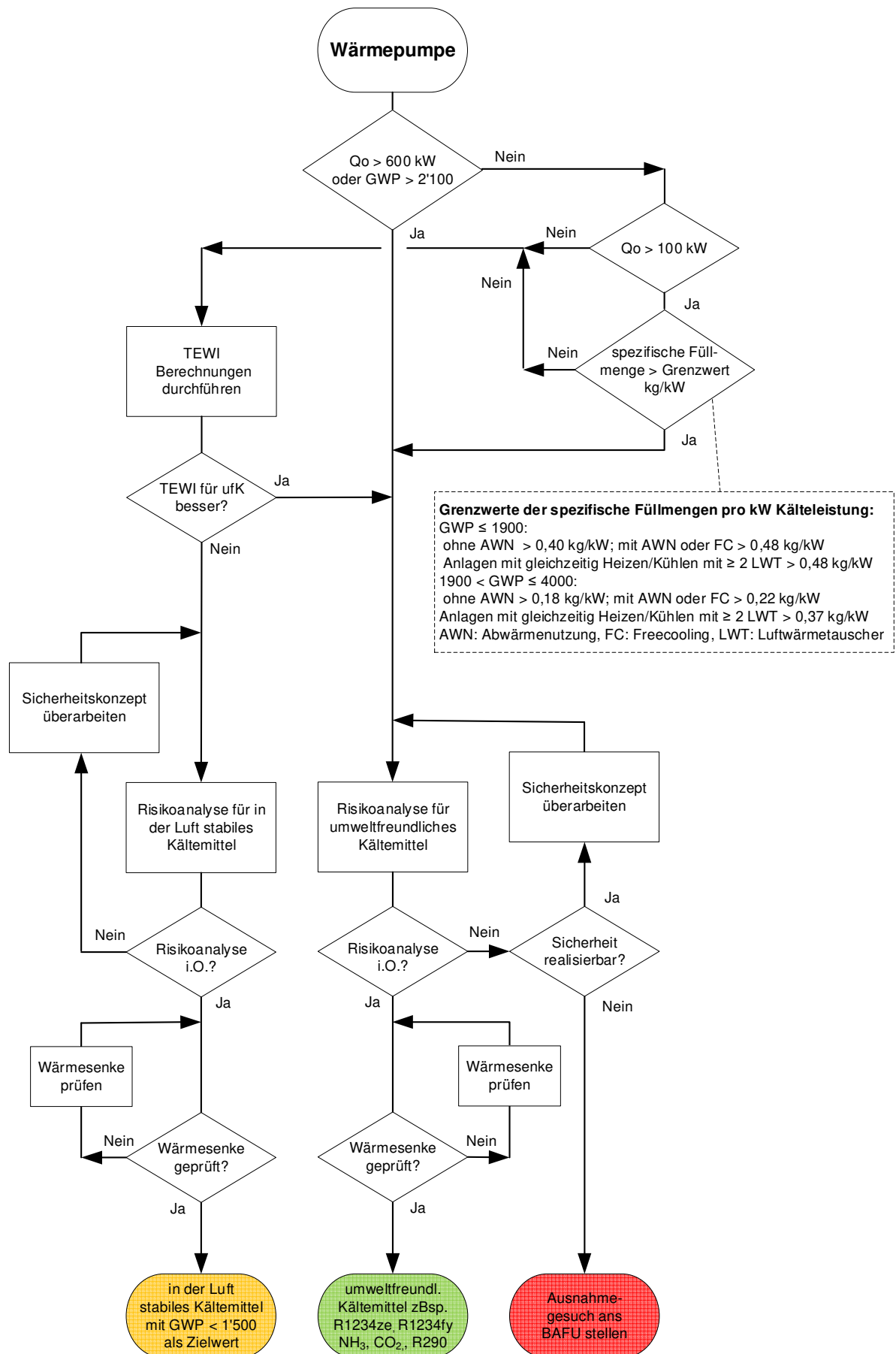


Abbildung 3

Diagramm Kältemittelauswahl für Wärmepumpen [8]

## 2.6 Kältemittel Auswahl für Klimakälteanlagen

Diagramm für die Kältemittelauswahl von Klimakälteanlagen für die Gebäudekühlung inkl. reversible Wärmepumpen mit Nutzung hauptsächlich zur Luftkühlung.

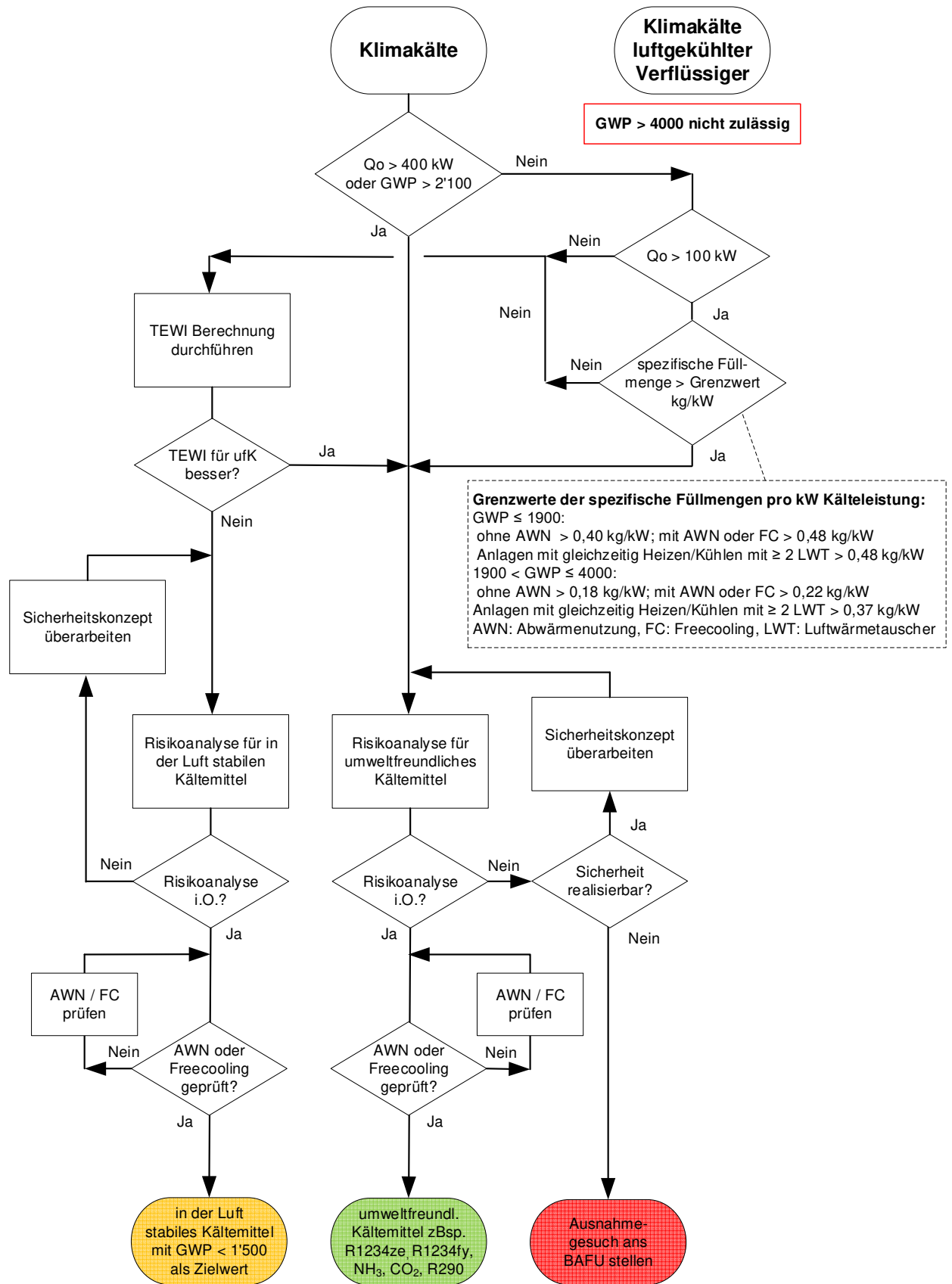


Abbildung 4 Diagramm Kältemittelauswahl für Klimakälteanlagen [9]

## 2.7 Kältemittelauswahl für Gewerbekälteanlagen

Diagramm für die Kältemittelauswahl von Gewerbekälteanlagen welche zum kühlen oder gefrieren von Produkte eingesetzt werden.

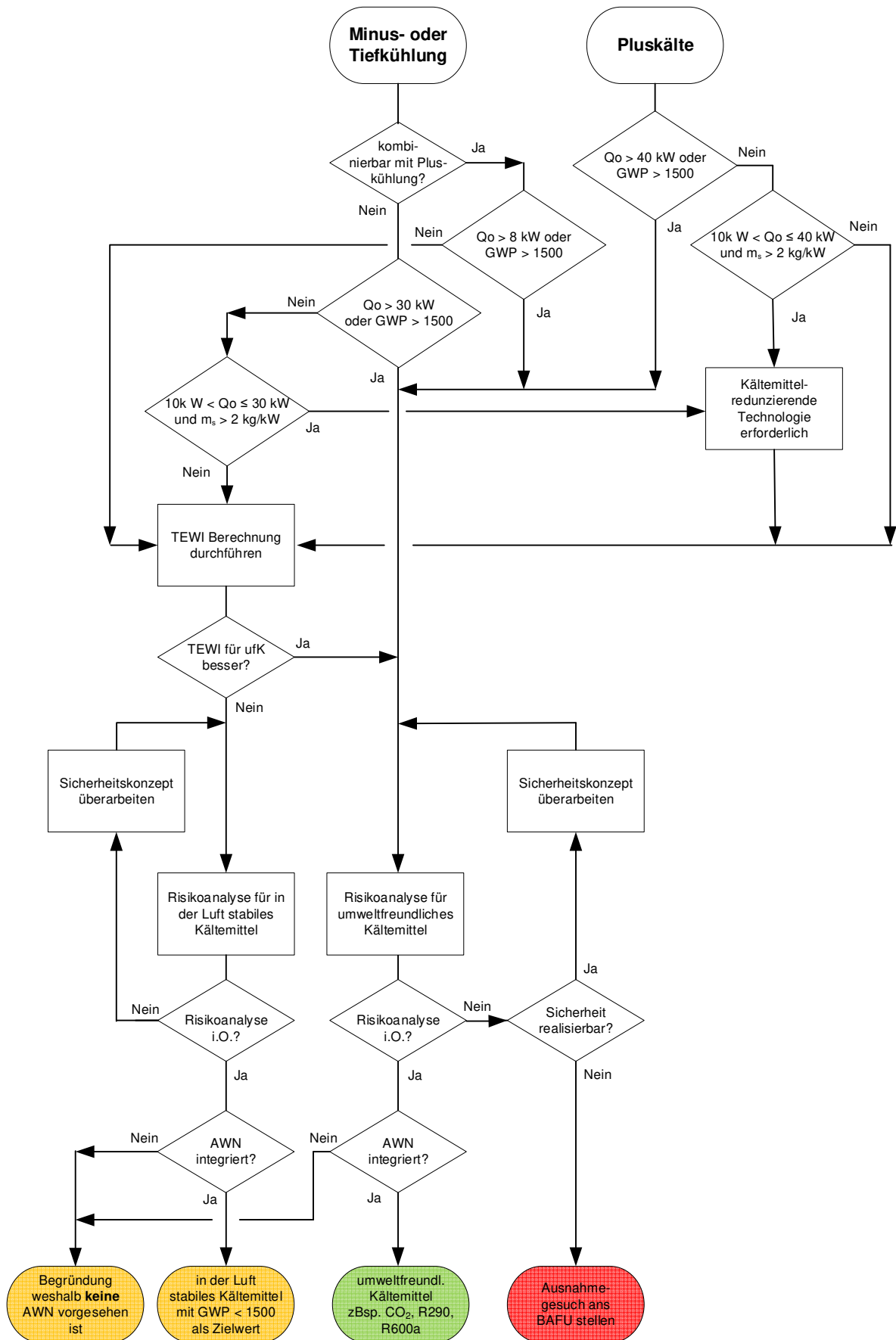


Abbildung 5 Diagramm Kältemittelauswahl Gewerbekälte [10]

## 2.8 Kältemittelauswahl für Industriekälteanlagen

Diagramm für die Kältemittelauswahl von Industriekälteanlagen für die Prozesskühlung.

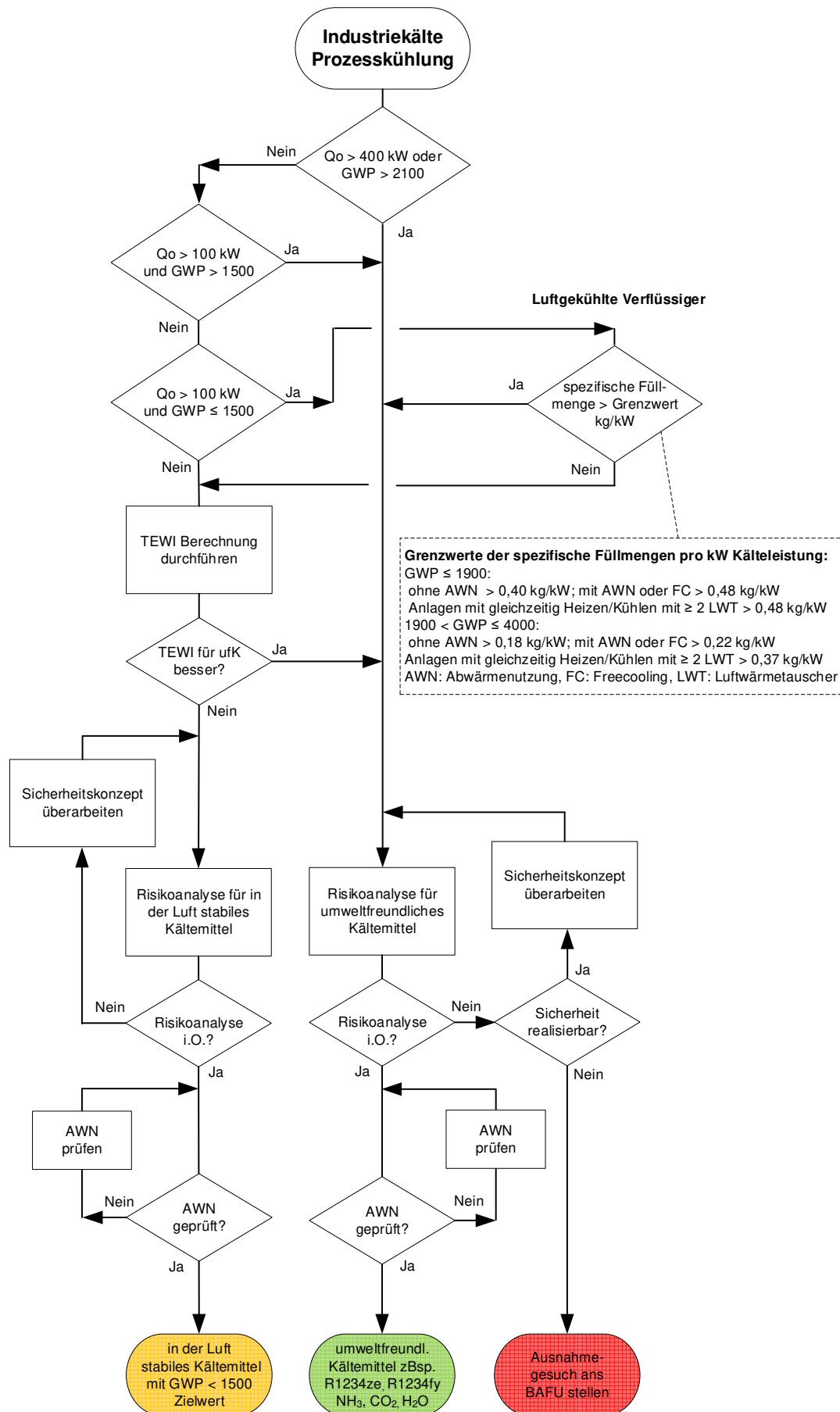


Abbildung 6

Diagramm Kältemittelauswahl Industriekälte [11]

## 2.9 Kältemittelauswahl Direktverdampfungs-Kälteanlagen und VRF/V-Klimasysteme

Diagramm für Kältemittelauswahl für Direktverdampfungs- und VRF-VRV-Kälteanlagen.

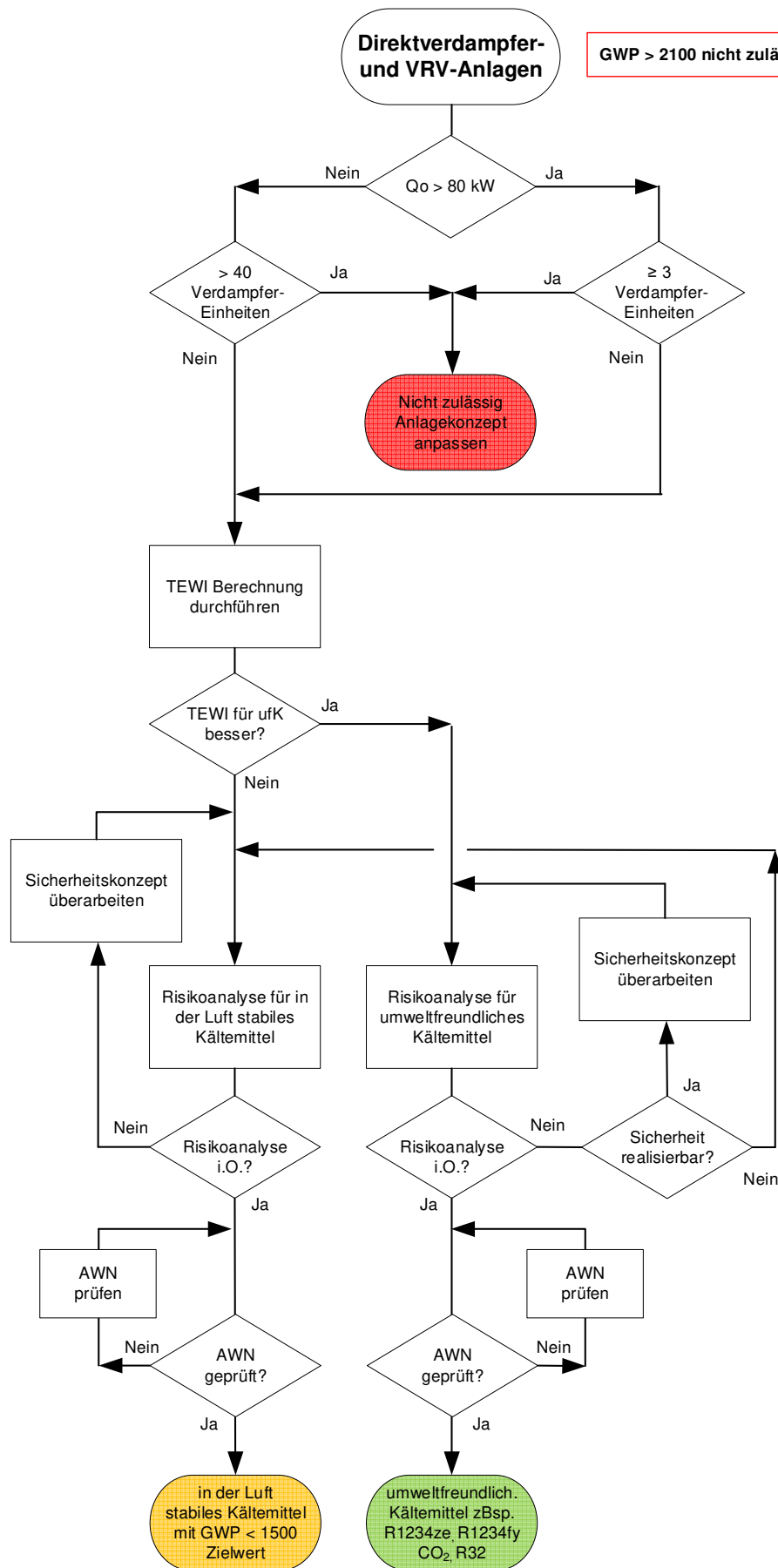


Abbildung 7

Diagramm Kältemittelauswahl VRF-VRV- und DV-Kälteanlagen [12]

### 3. Bauliche Anforderungen

#### 3.1 Allgemeines

Grundsätzlich können kältetechnische Komponenten ausserhalb des Gebäudes im Freien oder in einem Maschinenraum oder in Personen-Aufenthaltsbereichen oder in Bereichen ohne Personenaufenthalt angeordnet werden, die nicht als Maschinenraum gekennzeichnet sind. Die nachfolgende Anforderungsliste für die baulichen Anforderungen beschränkt sich auf Anlagen im Freien und Maschinenräume. Die Nummer (Art.) in Klammern weisen auf die EN 378-3 hin.

#### 3.2 Allgemeine bauliche Anforderungen

| Anlagen im Freien |  | erfüllt                  |
|-------------------|--|--------------------------|
| 1                 | <b>Freisetzung von Kältemittel (4.2)</b><br>Bei Leckagen darf kein Kältemittel in das Gebäude gelangen, nicht in Belüftungsöffnungen für Frischluft, Türöffnungen, Bodenklappen oder ähnliche Öffnungen. | <input type="checkbox"/> |

Es muss eine Risikoanalyse auf Grundlage des Sicherheitskonzeptes für die Kälteanlage durchgeführt werden, um zu ermitteln, ob die Aufstellung der Kälteanlage in einem separaten Kältemaschinenraum erforderlich ist.

Wird für die Unterbringung der kältetechnischen Komponenten ein Maschinenraum gewählt, muss dieser die nachfolgenden 14 Anforderungen unabhängig vom Kältemittel erfüllen:

| Anlagen in einem Maschinenraum |   | erfüllt                  |
|--------------------------------|---|--------------------------|
| 1                              | <b>Nutzung (5.1)</b><br>Maschinenräume sollten nicht als Personen-Aufenthaltsbereiche genutzt werden.   | <input type="checkbox"/> |
| 2                              | <b>Belüftung des Maschinenraums (5.2)</b><br>Kältemittel darf nicht in benachbarte Räume, Treppenaufgänge, Höfe, Gänge oder Entwässerungssysteme des Gebäudes gelangen und entweichendes Gas muss nach aussen abgeführt werden.   | <input type="checkbox"/> |
| 3                              | <b>Luftversorgung Drittinstitutionen (5.3)</b><br>Befinden sich Verbrennungsanlagen oder Luftverdichter in einem Maschinenraum muss die Luftversorgung auf eine Weise von aussen leitungsgeführt bezogen werden, dass austretendes Kältemittel nicht in die Lufteintrittsöffnung gelangen kann.   | <input type="checkbox"/> |
| 4                              | <b>Offene Flammen (5.4)</b><br>In Maschinenräumen sind keine offenen Flammen zulässig ausser bei Servicearbeiten. Offene Flammen dürfen nicht unbeaufsichtigt bleiben.  | <input type="checkbox"/> |
| 5                              | <b>Lagerung (5.5)</b><br>Mit Ausnahme von Werkzeugen, Ersatzteilen und des Verdichteröls für die eingebauten Komponenten dürfen Maschinenräume nicht zur Lagerung dienen. Siehe auch EKAS 1825 bei brennbaren oder toxischen Stoffen.   | <input type="checkbox"/> |
| 6                              | <b>Not-Fernabschaltung (5.6)</b><br>Zum Abschalten der Kälteanlage muss <b>ausserhalb</b> des Maschinenraums und in der Nähe seiner Tür eine Fernschaltung (Not-Fernschalter) vorgesehen werden. Ein Schalter mit vergleichbarer Funktion muss an einer geeigneten Stelle <b>innerhalb</b> des Raumes vorgesehen werden.  | <input type="checkbox"/> |
| 7                              | <b>Nach aussen führende Öffnungen (5.7 und 5.12.2)</b><br>Nach aussen führende Öffnungen dürfen nicht in einem Bereich innerhalb von 2 m zu den Flucht- und Rettungstreppen oder zu anderen Öffnungen des Gebäudes, zBsp. Fenster, Türen, Lüftungseinlässe usw., angeordnet sein.<br><br>Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, die bei einem Notfall das sofortige Verlassen des Maschinenraums ermöglichen. Zumindest ein <b>Notausgang</b> muss direkt ins Freie oder in einen <b>Notausgangskorridor</b> führen. Wände, Boden und Decke zwischen dem Maschinenraum und dem Rest des Gebäudes müssen so ausgeführt sein, dass sie eine Feuerbeständigkeit von mindestens 1 h haben und dicht sind. | <input type="checkbox"/> |

| <b>Anlagen in einem Maschinenraum</b> |  | erfüllt                      |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
|---------------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|--------------------------|
| 8                                     | <b>Rohrleitungen und Kanäle (5.8)</b><br>Alle Rohrleitungen und Lüftungskanäle, die durch Wände, Decken und Böden von Maschinenräumen verlaufen, müssen an den Stellen, an denen sie durch die Wände, Decken oder Böden verlaufen, abgedichtet sein. Die Abdichtung muss mindestens gleichwertige Eigenschaften im Hinblick auf die Feuerbeständigkeit aufweisen wie die Wände, Decken und Böden.  | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 9                                     | <b>Allgemeinbeleuchtung (5.9)</b><br>Fest eingebaute Beleuchtungseinrichtungen müssen so ausgewählt und in Bereichen mit kältetechnischen Komponenten so angeordnet werden, dass eine ausreichende Beleuchtung für den sicheren Betrieb gegeben ist. Besonderheiten bei Kältemittel der Klassen B2L und A3 sind zu beachten.   | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 10                                    | <b>Notbeleuchtung (5.10)</b><br>Eine fest angebrachte oder <b>tragbare Notbeleuchtung</b> muss vorhanden sein, um bei einem Ausfall der Allgemeinbeleuchtung ein Betätigen von Steuer- und Regeleinrichtungen und eine Evakuierung des Personals zu ermöglichen.   | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 11                                    | <b>Masse und Zugänglichkeit (5.11)</b><br>Die Masse des Maschinenraums müssen die leichte Aufstellung der kältetechnischen Komponenten ermöglichen und für Wartung, Instandhaltung, Betrieb, Instandsetzung und Demontage ausreichend Platz bieten einschliesslich für Personen, die persönliche Schutzausrüstungen tragen. Freie Durchgangshöhe von 2,1 m ist zu beachten.  | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 12                                    | <b>Türen, Wände und Kanäle (5.12.1-5)</b><br>Maschinenräume müssen nach aussen zu öffnende Türen in ausreichender Anzahl aufweisen, um sicherzustellen, dass sich Personen im Notfall aus dem Raum retten können. Die Türen müssen dicht, selbstschliessend und so beschaffen sein, dass sie von innen geöffnet werden können (Anti-Panik-System). Die Türen müssen eine Feuerbeständigkeit von mindestens 1 h haben, die verwendeten Werkstoffe und die Konstruktion müssen geprüft sein. Es dürfen keine Öffnungen vorhanden sein, die ein unbeabsichtigtes Eindringen von entweichenden Kältemitteln, Dämpfen, Geruchsstoffen sowie allen anderen Gasen in jegliche Personen-Aufenthaltsbereiche ermöglichen.<br>Wartungskanäle, einschliesslich Laufstegen und Kriechgängen, die Rohrleitungen für Kältemittel enthalten, müssen an einen sicheren Ort entlüftet werden, damit bei einer Leckage eine gefährliche Ansammlung von Kältemittel verhindert wird.<br>Nach der Installation der Lüftungskanäle müssen alle Nähte und Verbindungen an den Kanälen abgedichtet werden, um jegliches Entweichen von Gas aus dem Kanal auf ein Mindestmass zu verringern. Der Wartungs- und/oder Lüftungskanal muss mindestens die gleiche Feuerbeständigkeit wie die Türen und Wände des Maschinenraums aufweisen.   | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 13                                    | <b>Lüftung (5.13.1 und 5.14)</b><br>Die Belüftung von Maschinenräumen muss sowohl für die üblichen Betriebsbedingungen als auch für Notfallsituationen ausreichend sein. Luft aus Maschinenräumen muss bei einer Freisetzung von Kältemittel durch Leckagen an Bauteilen durch mechanische Lüftung nach ausserhalb des Gebäudes entlüftet werden. Dieses Lüftungssystem muss von jedem anderen Lüftungssystem am Aufstellungsort unabhängig sein. Es müssen Vorkehrungen für eine ausreichende Zuleitung von frischer Aussenluft und eine gleichmässige Verteilung dieser Luft innerhalb des Maschinenraums getroffen werden, um tote Zonen zu vermeiden. Öffnungen zur Aussenluft müssen so angeordnet werden, dass kein erneuter Umlauf in den Raum erfolgt.<br><b>Erforderliche Luftmenge:</b><br>Eine mechanische Notlüftung ist notwendig, wenn die Konzentration der Sicherheitsklasse A1 entweder den praktischen Grenzwert oder die Toxizitätsgrenze überschreitet. Für Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L ist zusätzlich die untere Explosionsgrenze (FLR) zu beurteilen.<br><table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Normale Lüftung</td> <td style="width: 30%;">(m &lt; praktischer Grenzwert)</td> <td style="width: 40%;"><b>4-facher</b> Luftwechsel</td> </tr> <tr> <td>Notlüftung</td> <td>(m &gt; praktischer Grenzwert)</td> <td>gemäss Berechnung</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>(max. 15-facher Luftwechsel)</td> </tr> </table> | Normale Lüftung              | (m < praktischer Grenzwert) | <b>4-facher</b> Luftwechsel | Notlüftung | (m > praktischer Grenzwert) | gemäss Berechnung |  |  | (max. 15-facher Luftwechsel) | <input type="checkbox"/> |
| Normale Lüftung                       | (m < praktischer Grenzwert)  | <b>4-facher</b> Luftwechsel  |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| Notlüftung                            | (m > praktischer Grenzwert)  | gemäss Berechnung            |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
|                                       |  | (max. 15-facher Luftwechsel) |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 14                                    | <b>Detektoren (9.1)</b><br>Wenn die Konzentration des Kältemittels den <b>praktischen Grenzwert</b> überschreiten kann, müssen Detektoren eingesetzt die mindestens Alarm auslösen sowie im Maschinenraum die mechanische Notlüftung in Gang setzen.   | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |
| 15                                    | <b>Elektrischer Netzanschluss (7.2)</b><br>Die Stromversorgung für eine Wärmepumpe oder Kälteanlage ist elektrisch so einzurichten, dass sie unabhängig von der Stromversorgung für andere elektrische Betriebsmittel allgemein und insbesondere für Beleuchtungsanlagen, Lüftungssysteme, Alarm- und andere Sicherheitseinrichtungen abgeschaltet werden kann.  | <input type="checkbox"/>     |                             |                             |            |                             |                   |  |  |                              |                          |



### 3.3 Anforderungen für Kältemittel der Sicherheitsklassen A2L, A2, A3, B2L, B2 und B3

Neben den beschriebenen Anforderungen unter Punkt 3.1 die für alle Kältemittel Gültigkeit haben bestehen für alle Sicherheitsklassen ausser der Kältemittel der Gruppe A1 die nachfolgenden zusätzlichen Anforderungen und sicherheitsrelevanten Massnahmen:

| Anlagen im Freien |   | erfüllt                  |
|-------------------|---|--------------------------|
| 1                 | <b>Warnhinweise (10.2)</b><br>Kälteanlagen, die mehr als 10 kg Kältemittel der Klassen A3 und B3 enthalten und im Freien aufgestellt sind, müssen am Eingang zum beschränkten Bereich deutlich sichtbar gekennzeichnet sein, zusammen mit dem Warnhinweis, dass unbefugte Personen den Bereich nicht betreten dürfen und dass Rauchen, offene Flammen und andere potenzielle Zündquellen verboten sind. | <input type="checkbox"/> |

| Anlagen in einem Maschinenraum |   | erfüllt                  |
|--------------------------------|---|--------------------------|
| 1                              | <b>Zusätzlicher Gasetektor (4.3)</b><br>Bei Anlagen unter Erdgleiche mit brennbaren Kältemitteln der Klasse 3 und einer Füllmenge von mehr als „m <sub>2</sub> “ (26 m <sup>3</sup> x LFL) muss ein zusätzlicher Gasetektor und ein akustischer/visueller Alarm eingesetzt werden.  | <input type="checkbox"/> |
| 2                              | <b>Allgemein (5.14.1)</b><br>Maschinenräume für Kältemittel der Gruppen A2L, A2, B2L, B2, A3 und B3 müssen hinsichtlich der Brennbarkeit beurteilt und der Gefahrenbereich entsprechend den Anforderungen an den Explosionsschutz (EN 60079-10-1, ATEX Zonen) klassifiziert werden.<br>Die Beurteilung nach EN 60079-10-1 unter Beachtung der LFL und Art des Kältemittelaustritts kann ergeben, dass die vom Gefahrenbereich ausgehende Gefahr vernachlässigbar ist.                           | <input type="checkbox"/> |
| 3                              | <b>Notentlüftung (5.14.2.2)</b><br>a) im Luftstrom angeordnet sein, mit dem Motor außerhalb des Luftstroms, oder<br>b) nach den Anforderungen in EN 378-2:2016, 6.2.14, für gefährdete Bereiche klassifiziert sein (Zündquellen).<br>Der Ventilator muss so angeordnet sein, dass keine Druckbeaufschlagung der Entlüftungsleitungen im Maschinenraum erfolgt und keine Funkenbildung entstehen.  | <input type="checkbox"/> |
| 4                              | <b>Maximale Oberflächentemperaturen (5.14.4)</b><br>Heiße Oberflächen dürfen keine Temperatur überschreiten, die bei 80 % der Selbstentzündungstemperatur (in °C) beziehungsweise 100 K unter der Selbstentzündungstemperatur des Kältemittels liegt, je nachdem, welcher Wert höher ist.   | <input type="checkbox"/> |
| 5                              | <b>Türen und Öffnungen (5.14.5)</b><br>Maschinenräume mit deren praktischen Grenzwert für den Rauminhalt liegt, müssen eine Tür aufweisen, die entweder direkt oder über einen speziell dafür vorgesehenen Vorraum mit selbstschliessenden dichten Türen ins Freie führt.   | <input type="checkbox"/> |
| 6                              | <b>Elektrische Betriebsmittel (7.3)</b><br>Bei 2L-Kältemitteln sind bei einer Kältemittelkonzentration von einem Wert von maximal 25 % der unteren Explosionsgrenze die elektrische Stromzufuhr zu unterbrechen.<br>Betriebsmittel, die bei einem Überschreiten der oberen Alarmgrenze durch die Kältemittelkonzentration spannungsführend bleiben, zBsp. Alarmer, Gasmelder, Lüftungsventilatoren und Notbeleuchtung, müssen für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sein. | <input type="checkbox"/> |
| 7                              | <b>Kältemitteldetektoren ausser R717 (9.3.2)</b><br>Muss das Alarmsignal bei einem Niveau von maximal 25 % der LFL des Kältemittels auslösen. Der Detektor muss bei höheren Konzentrationen weiter auslösen. Der Detektor muss für die Toxizität niedriger eingestellt werden. Er muss automatisch einen Alarm auslösen, die mechanische Lüftung in Gang setzen und die Kälteanlage abschalten.   | <input type="checkbox"/> |

### 3.4 Zusätzliche Anforderungen an R717-Anlagen (Klasse 2BL)

| Zusätzliche Anforderungen an R717-Anlagen |   | erfüllt                  |
|---|---|--------------------------|
| 1   | <b>Allgemeinbeleuchtung (5.9)</b><br>Glühlampen in Maschinenräumen für Kälteanlagen mit R-717 müssen mit „spritzsicheren“ Abdeckungen geschützt werden (EN 60529, IPX 4).   | <input type="checkbox"/> |
| 2   | <b>Auffangsystem (5.14.3.1)</b><br>Der Boden des Maschinenraums muss so beschaffen sein, dass kein flüssiges R-717 aus dem Raum auslaufen kann. Der Ablauf des Auffangsystems muss in der Regel verschlossen sein.  | <input type="checkbox"/> |
| 3   | <b>Augenspülung / Notdusche (5.14.3.3)</b><br>Einrichtungen müssen eine leicht zugängliche Augenspülung (z. B. Augendusche) vorhanden sein. Bei Anlagen mit einer Kältemittel-Füllmenge über 1 000 kg muss eine Notdusche mit einem Durchfluss von mindestens 1 l/s mit einer Temperatur zwischen 25 °C und 30 °C außerhalb des Notausgangs des Maschinenraums vorhanden sein.  | <input type="checkbox"/> |
| 4   | <b>Feuerlöschung mit Sprinkler (5.14.3.3)</b><br>Es dürfen keine Feuerlöschanlagen mit Wassersprinkleranlagen eingebaut werden ausser die Sprinkler werden individuell bei 141°C ausgelöst, können nicht manuell umgangen werden oder entsprechen erhöhten Anforderungen (EN 12845)   | <input type="checkbox"/> |
| 5   | <b>R-717-Detektoren (9.3.3)</b><br>Zur Warnung vor Explosions- oder Feuergefahr in Einrichtungen in Maschinenräumen und für Kontrollzwecke bei Füllmengen von mehr als 50 kg muss ein R-717-Detektor vorgesehen werden, der bei einer Konzentration von höchstens<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- 200 ppm (Volumenanteil von <math>200 \times 10^{-6}</math>) unterer Alarmwert (Voralarm),</li> <li>- 2'000 ppm (Volumenanteil von <math>2'000 \times 10^{-6}</math>) oberer Alarmwert (Voralarm)</li> <li>- 30'000 ppm (Volumenanteil von <math>30'000 \times 10^{-6}</math>) zusätzlicher Alarmwert bei der unteren Explosionsgrenze bei Prozesskühlung anspricht (gemäss StFV<sup>[7]</sup>).</li> </ul> Es muss über den Verdichtern/Verdichtersätzen mindestens ein Detektor angeordnet sein. Kältemittelpumpen im Maschinenraum oder in anderen Bereichen muss ebenfalls mit einem Detektor, der oberhalb und in der Nähe der Pumpen angebracht ist, überwacht werden. | <input type="checkbox"/> |
| 6   | <b>R-717-Detektoren indirekter Systeme (9.3.3)</b><br>Bei indirekten Systemen müssen zur Feststellung von Kältemittel im Wärmeträger- Kreislauf, zBsp. Wasser- oder Glykolkreislauf, angeordnet werden, wenn die R-717-Füllmenge mehr als 500 kg beträgt. Diese Detektoren müssen im Maschinenraum und, sofern praktikabel, an der Bedienerschnittstelle des Steuersystems einen Alarm initiieren, jedoch dürfen sie keine Leuchtmelder oder Hupen auslösen, und sie dürfen keine Evakuierung einleiten.  | <input type="checkbox"/> |
| 7   | <b>Überwachung Hybrid- und Evaporativ-Kondensatoren (StFV<sup>[7]</sup>)</b><br>Bei Hybrid- und Evaporativ-Kondensatoren ist der pH-Wert des Kühlwassers zu überwachen, um einen allfälligen Austritt von Ammoniak rasch zu entdecken:  | <input type="checkbox"/> |

### 3.3.1 Zusätzliche Anforderungen an R717-Anlagen mit Füllmengen über 2'000 kg

Bei Füllmengen einer Ammoniak-Füllmenge von über 2'000 kg sind zusätzlich die Massnahmen der Störfall-Verordnung (StFV) zu beachten. Die nachfolgenden erhöhten Anforderung steht im Widerspruch in Bezug auf die Ammoniak-Füllmenge gemäss der EN 378-3 welche erst bei 3'000 kg zum Tragen kommen.

| Zusätzliche Anforderungen an R717-Anlagen mit Füllmengen über 2'000 kg |  | erfüllt                  |
|--|--|--------------------------|
| 1  | <b>Alarmierung und Intervention (8.4)</b><br>Der Betreiber/Eigentümer der Kälteanlage muss sicherstellen, dass ein als zentrale Alarmstation vorgesehener Raum ständig besetzt ist. Speziell ausgebildetes Personal muss bei einem Alarm innerhalb von 60 min vor Ort sein. Das Personal darf von dem Alarm auch mittels technischer Einrichtungen, zBsp. Mobiltelefon, Funkruf usw., verständigt werden.  | <input type="checkbox"/> |
| 2  | <b>Notaussystem (StFV)</b><br>Die Anlage muss mit einem Notaus-System ausgerüstet sein, das die jeweiligen Antriebe und Stellglieder betätigt.   | <input type="checkbox"/> |
| 3  | <b>Lüftung (StFV)</b><br>Es muss eine mechanische Lüftung im Maschinenraum mit unabhängiger Notsteuerung ausserhalb des Raumes vorhanden sein. Diese muss durch Gassensoren automatisch aktiviert werden.  | <input type="checkbox"/> |
| 4  | <b>Schnellschlussventile (StFV)</b><br>Bei Ammoniak-Direktverdampfungsanlagen sind vor der Ammoniak-Pumpe im Flüssigbereich Schnellschlussventile zu installieren. Diese sind von der Ammoniak-Überwachungsanlage anzusteuern  | <input type="checkbox"/> |
| 5  | <b>Auffangwanne (StFV)</b><br>Im Maschinenraum ist entweder unter den entsprechenden Anlageteilen eine Auffangwanne zu platzieren, oder der gesamte Raum ist als Auffangwanne zu konzipieren.<br><br>Bei im Freien aufgestellten Anlagen ist unter dem Abscheider ebenfalls eine Auffangwanne vorzusehen, so dass im Fall einer Freisetzung die Lachenfläche und somit die Verdampfungsrage begrenzt wird.   | <input type="checkbox"/> |
| 6  | <b>Wasserabläufe (StFV)</b><br>Im Maschinenraum dürfen sich keine offenen Wasserabläufe befinden (Umweltschutz).   | <input type="checkbox"/> |
| 7  | <b>Schaltschränke (StFV)</b><br>Elektrotechnische Schaltschränke müssen sich ausserhalb des Maschinenraums befinden, um im Fall einer Leckage die Bedienung von aussen zu gewährleisten.<br>Hinweis: Können bei bestehenden Anlagen aus baulichen bzw. technischen Gründen nicht die gesamten Schaltschränke aus dem Maschinenraum entfernt werden, sind minimal die Notabschaltungseinrichtungen ausserhalb des Maschinenraumes zu gewährleisten. | <input type="checkbox"/> |
| 8  | <b>Überwachung Kondensatleitung (StFV)</b><br>Überwachen der Kondensatleitung im Freien durch Ammoniak-Sensoren. Um zu gewährleisten, dass austretendes Ammoniak zeitnah zu den Sensoren gelangt und nicht verweht wird, ist eine Leichtbaumhüllung der Leitung zweckmässig. Diese muss nicht vollständig dicht sein. Je nach Situation kann auch eine massive Umhüllung sinnvoll sein.  | <input type="checkbox"/> |

Bei allen Kälteanlagen sind generell die Regeln der Technik umzusetzen. Für Anlagen, die der StFV unterstehen, ist darüber hinaus der Stand der Sicherheitstechnik einzuhalten (Art. 3 StFV). Die Regeln der Technik und der Stand der Sicherheitstechnik entwickeln sich stetig weiter. Oft ist deshalb unklar, welche Dokumente den aktuellen Stand wiedergeben. Die aufgeführten Massnahmen fassen deshalb die für die Störfallvorsorge wichtigsten Anforderungen aus den Regeln der Technik und dem Stand der Sicherheitstechnik für Wärmepumpen und Kälteanlagen zusammen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Für weiterführende Anforderungen werden zudem auf die relevanten Gesetze, Richtlinien, Verordnungen und Normen verwiesen.

## 4. Anhang A

### 4.1 Kältemittel Klassifikation nach EN 378

Es ist die **Toxizitätsklasse** des in der Kälteanlage verwendeten Kältemittels zu bestimmen. Diese ist A oder B und stellt den ersten Buchstaben der angegebenen Sicherheitsklasse. Der Grenzwert für die Toxizität entspricht den ATEL/ODL-Werten (siehe Tabelle 1) oder dem praktischen Grenzwert, je nachdem, welcher Wert höher ist;

### 4.2 Bezeichnung und Klassifikation von Kältemitteln

| Kältemittelnummer | Chemische Bezeichnung <sup>a</sup> | Sicherheitsklasse | Fluidgruppe PED <sup>m</sup> | Grenzwert kg/m <sup>3</sup> | ATEL/ODL <sup>g</sup> kg/m <sup>3</sup> | LFL <sup>h</sup> kg/m <sup>3</sup> | Siedepunkt °C    | GWP <sup>i</sup> (100y) | Zündtemp. °C |
|-------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| R32               | Difluormethan                      | A2L               | 1                            | 0,061                       | 0,30                                    | 0,307                              | -52              | 675                     | 648          |
| R134a             | 1,1,1,2-Tetrafluorethan            | A1                | 2                            | 0,250                       | 0,21                                    | NF                                 | -26              | 1430                    | 743          |
| R152a             | 1,1-Difluorethan                   | A2                | 1                            | 0,027                       | 0,14                                    | 0,130                              | -25              | 124                     | 455          |
| R404A             | R-125/143a/134a                    | A1                | 2                            | 0,520                       | 0,52                                    | NF                                 | -46,5/-45,7      | 3922                    | 728          |
| R407C             | R-32/125/134a                      | A1                | 2                            | 0,31                        | 0,29                                    | NF                                 | -43,8/-36,7      | 1774                    | 704          |
| R410A             | R32/125 (50/50)                    | A1                | 2                            | 0,440                       | 0,42                                    | NF                                 | -51,6/-51,5      | 2088                    | ND           |
| R422D             | R-125/134a/600a                    | A1                | 2                            | 0,260                       | 0,26                                    | NF                                 | -43,2/-38,4      | 2729                    | ND           |
| R448A             | R-32/R125/R134a/R1234yf/R1234ze    | A1                | 2                            | 0,390                       | 0,390                                   | NF                                 | -46              | 1386                    | ND           |
| R449A             | R32/R125/R1234yf/R134a             | A1                | 2                            | 0,370                       | 0,370                                   | NF                                 | -46              | 1396                    | ND           |
| R450A             | R-134a/1234ze(E) (42/58)           | A1                | 2                            | 0,319                       | 0,345                                   | NF                                 | -23,4/-22,8      | 605                     | ND           |
| R454C             | R32/R1234yf (35/65)                | A2L               | 1                            | 0,059                       |   | 0,293                              | -46              | 146                     |              |
| R455A             | R32/R744/R1234yf (21,5/3/75,5)     | A2L               | 1                            | 0,086                       |   | 0,431                              |                  | 146                     |              |
| R513A             | R-134a/1234yf (44/56)              | A1                | 2                            | 0,319                       | 0,319                                   | NF                                 | -29              | 631                     | ND           |
| R1234yf           | 2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en        | A2L               | 1                            | 0,058                       | 0,47                                    | 0,289                              | -26              | 4                       | 405          |
| R1234ze           | trans-1,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en  | A2L               | 2 <sup>n</sup>               | 0,061                       | 0,28                                    | 0,303                              | -19              | 7                       | 368          |
| R1336mzz(Z)       | trans-1,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en  | A1                |                              |                             |   |                                    | 33,5             | 2                       |              |
| R170              | Ethan                              | A3                | 1                            | 0,0086                      | 0,0086                                  | 0,038                              | -89              | 6                       | 515          |
| R290              | Propan                             | A3                | 1                            | 0,008                       | 0,09                                    | 0,038                              | -42              | 3                       | 470          |
| R600a             | 2-Methylpropan (Isobutan)          | A3                | 1                            | 0,011                       | 0,059                                   | 0,043                              | -12              | 3                       | 460          |
| R717              | Ammoniak (NH <sub>3</sub> )        | B2L               | 1                            | 0,00035                     | 0,00022                                 | 0,116                              | -33              | 0                       | 630          |
| R718              | Wasser (H <sub>2</sub> O)          | A1                | 2                            |                             |   | NF                                 | 100              | 0                       | ND           |
| R723              | Ammoniak/Dimethylether             | B2                | 1                            |                             |   |                                    | -37              | 8                       | 440          |
| R744              | Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )    | A1                | 2                            | 0,100                       | 0,072                                   | NF                                 | -78 <sup>b</sup> | 1                       | ND           |
| R1270             | Propen (Propylen)                  | A3                | 1                            | 0,008                       | 0,0017                                  | 0,046                              | -48              | 2                       | 455          |

Tabelle 1 Auszug Kältemittel Klassifikation gemäss EN 378-1:2016 und BAFU September 2020

Die Kältemittelliste enthält einige Beispiele und kein Anrecht auf Vollständigkeit.

ND steht für „nicht bestimmt“. NF steht für „nicht brennbar“.

**a** Nach der bevorzugten chemischen Benennung steht die umgangssprachliche Benennung in Klammern.

**b** Sublimationstemperatur. Der Tripelpunkt liegt bei -56,6°C und 5,2 bar.

**g** Expositionsgrenzwert für die akute Toxizität (ATEL) oder Grenzwert für Sauerstoffmangel (ODL), es gilt der jeweils kleinere Wert. Werte aus ISO 817.

**h** Untere Explosionsgrenze (en: LFL = Lower flammability limit).

**i** Die praktischen Grenzwerte beruhen auf Erfahrungswerten („Grandfathered values“) nach 5.2.

**l** Daten aus Europäischer F-Gas-Verordnung Nr. 517/2014; für nicht in der F-Gas-Verordnung Nr. 517/2014 aufgeführte FCKWs und HFCKWs stammen die Daten aus dem IPCC Beurteilungsbericht

**m** PED = Druckgeräterichtlinie (en: Pressure Equipment Directive) 2014/68/EU.

**n** Nach den Prüfbedingungen in ISO 817, ist das Kältemittel der Klasse 2L zugeordnet, wobei das PED-Fluid entsprechend der CLP-Verordnung (EG) 1272/2008 der Gruppe 2.

## 5. Begriffsverzeichnis

| Kältetechnischer Begriff                            | Beschreibung  |
|---|---|
| <b>Kaskadenanlage</b>                               | zwei oder mehr unabhängige Kältemittelkreisläufe, bei denen der Verflüssiger eines Kreislaufs Wärme direkt an den Verdampfer eines anderen Kreislaufs abgibt.   |
| <b>transkritische Anlage</b>                        | Kälteanlage, bei der der Verdichter Kältemittel zu einem Druck oberhalb des kritischen Punktes komprimiert.   |
| <b>Split-System</b>                                 | Kälteanlage, Luftkonditionierer oder Wärmepumpe mit einem oder mehreren Kältemittelkreislauf/-läufen und mit einem oder mehreren fabrikmässig zusammengebauten Innengerät(en) für die Raumkühlung oder -heizung und einer oder mehreren fabrikmässig zusammengebauten Aussengeräten.  |
| <b>Multi-Split-System</b>                           | Split-System mit mehr als einem Innengerät.   |
| <b>Druckgeräte</b>                                  | Komponenten der Kälteanlage, die klassifiziert sind als Druckbehälter nach der EN 378 Definition Rohrleitungen und deren Zubehör (zBsp. Ventile) und Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion maximal zulässiger Druck PS vom Hersteller festgelegter höchster Druck, für den die Kälteanlage, bzw. ihre Abschnitte oder die einzelne Komponente ausgelegt ist.<br>Der Begriff: PS ist der Grenzwert, der weder bei eingeschalteter noch bei ausgeschalteter Kälteanlage überschritten werden sollte. Die Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU verwendet für den maximal zulässigen Druck das Kurzzeichen „PS“.   |
| <b>Druckbehälter</b>                                | jedes kältemittelführende Bauteil einer Kälteanlage ausser:<br>- Rohrschlangen (einschliesslich ihrer Sammel- und Verteilstücke), bestehend aus Rohren mit Luft als Sekundärfluid;<br>- Rohrleitungen und dazugehörige Armaturen, Verbindungen und Fittings;<br>- Steuer- und Regelgeräte;<br>- Druckschalter, Druckmessgeräte, Flüssigkeitsanzeiger;<br>- Sicherheitsventile, Schmelzpfropfen, Berstscheiben;<br>- Geräte mit Gehäusen und Teilen von Maschinen bei denen die Abmessungen, die Wahl der Werkstoffe und die Bauvorschriften in erster Linie auf Anforderungen an ausreichende Festigkeit, Formstabilität und Stabilität gegenüber statischen und dynamischen Betriebsbeanspruchungen oder auf anderen funktionsbezogenen Kriterien beruhen und bei denen der Druck keinen wesentlichen Faktor für die Konstruktion darstellt; zu diesen Geräten können zählen: Pumpen und Verdichter. |
| <b>Gaskühler</b>                                    | Wärmeübertrager in einem transkritischen System, in dem überkritisches Kältemittel durch das Abführen von Wärme gekühlt wird.   |
| <b>Druckentlastungsventil</b>                       | auf Druck ansprechendes Ventil, das durch eine Feder oder andere Mittel geschlossen gehalten wird und das so ausgelegt ist, dass überhöhter Druck selbsttätig abgebaut wird, indem es bei einem Einstelldruck zu öffnen beginnt und sich wieder schliesst, nachdem der Druck unter den Einstelldruck gefallen ist.  |
| <b>baumustergeprüfter Sicherheitsdruckbegrenzer</b> | Sicherheitsschalteinrichtung zur Druckbegrenzung, die nach EN 12263 baumustergeprüft ist und nur von Hand mit einem Werkzeug zurückgesetzt werden kann. Ein baumustergeprüfter Sicherheitsdruckbegrenzer wird zum Schutz gegen zu hohen Druck mit PZHH und zum Schutz gegen zu niedrigen Druck mit PZLL bezeichnet.   |
| <b>Wechselventil</b>                                | Ventil, das zwei Sicherheitseinrichtungen dient und so angeordnet ist, dass jeweils nur eine davon ausser Funktion gesetzt werden kann.   |
| <b>Überströmventil</b>                              | Druckentlastungsventil, das in einen Teil der Kälteanlage mit niedrigerem Druck abbläst.  |
| <b>Kältemittel</b>                                  | Fluid, das zur Wärmeübertragung in einer Kälteanlage eingesetzt wird und das bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck des Fluids Wärme aufnimmt und bei höherer Temperatur und höherem Druck Wärme abgibt, wobei üblicherweise Zustandsänderungen des Fluids erfolgen.  |
| <b>Kältemittel-Typ</b>                              | Spezifische Nomenklatur von einer als Kältemittel verwendeten chemischen Verbindung oder eines Gemischs von chemischen Verbindungen.  |
| <b>Wärmeträger</b>                                  | Fluid (zBsp. Sole, Wasser, Luft), das üblicherweise ohne Zustandsänderung oder mit Verdampfung und Verflüssigung bei etwa gleichem Druck Wärme überträgt. Werden die in gemäss Norm SN EN 378 aufgeführten Fluide angewendet, müssen sie alle Anforderungen an Kältemittel erfüllen — auch bei ihrem Einsatz als Wärmeträger  |

| <b>Kältetechnischer Begriff</b>   | <b>Beschreibung</b>  |
|---|--|
| <b>Toxizität</b>  | Eigenschaft eines Fluids, bei kurzzeitiger oder andauernder Einwirkung durch Berühren, Einatmen oder Einnehmen schädlich oder tödlich zu sein oder die Fähigkeit einer Person zur Flucht zu behindern.<br>Zeitweilige Beschwerden, die die Gesundheit nicht beeinträchtigen, gelten nicht als schädlich.   |
| <b>Expositionsgrenzwert für die akute Toxizität ATEL</b><br>(en: acute toxicity exposure limit) | Nach dieser Europäischen Norm bestimmte maximal empfohlene Kältemittelkonzentration, die dazu dient, im Falle einer Freisetzung von Kältemittel die Gefährdungen für Personen im Zusammenhang mit der akuten Toxizität zu vermindern.  |
| <b>Grenzwert für Sauerstoffmangel ODL</b><br>(en: oxygen deprivation limit)                     | Konzentration an einem Kältemittel oder sonstigen Gas, bei der unzureichend Sauerstoff für die normale Atmung zur Verfügung steht  |
| <b>Entflammbarkeit</b>  | Fähigkeit eines Kältemittels oder Wärmeträgers zur selbständigen Flammenausbreitung von einer Zündquelle   |
| <b>untere Explosionsgrenze LFL</b><br>(en: lower flammability limit)                            | geringste Konzentration eines Kältemittels, die in einem homogenen Gemisch aus Kältemittel und Luft mit selbständiger Flammenausbreitung gezündet werden kann.   |
| <b>praktischer Grenzwert</b>  | Für die vereinfachte Berechnung eingesetzte Konzentration, die dazu dient, die maximal annehmbare Kältemittelmenge in einem Personen-Aufenthaltsbereich zu bestimmen.<br>Der RCL wird mithilfe von Toxizitäts- und Entflammbarkeitsprüfungen bestimmt, während der praktische Grenzwert aus dem RCL oder dem historisch bestimmten Grenzwert für die Füllmenge abgeleitet wird.  |
| <b>Grenzwert für die Kältemittelkonzentration RCL</b><br>(en: refrigerant concentration limit)  | Maximale Kältemittelkonzentration in Luft entsprechend der Festlegung in Anhang C.3 der EN 378-1, die bestimmt wird, um die Gefährdungen im Zusammenhang mit akuter Toxizität, Erstickung und Brennbarkeit zu mindern.<br>Dieser Wert wird für die Bestimmung der maximalen Kältemittel-Füllmenge für einen bestimmten Anwendungsfall zugrunde gelegt.   |
| <b>Halogenkohlenwasserstoff und Kohlenwasserstoff</b>   | dies sind:<br>FCKW: vollhalogenierter Kohlenwasserstoff, der nur Chlor, Fluor und Kohlenstoff enthält<br>HFCKW: teilhalogenierter Kohlenwasserstoff, der Wasserstoff, Chlor, Fluor und Kohlenstoff enthält<br>HFKW: teilhalogenierter Kohlenwasserstoff, der nur Wasserstoff, Fluor und Kohlenstoff enthält<br>FKW: vollfluorierter Kohlenwasserstoff, der nur Fluor und Kohlenstoff enthält<br>KW: Kohlenwasserstoff, der nur Wasserstoff und Kohlenstoff enthält |
| <b>Siedepunkt</b>   | Sättigungstemperatur eines flüssigen Kältemittels bei einem festgelegten Druck; bei dem ein flüssiges Kältemittel zu sieden beginnt.<br>Der Siedepunkt eines zeotropen Kältemittelgemischs bei konstantem Druck ist niedriger als der Taupunkt.  |
| <b>Selbstentzündungstemperatur eines Stoffes</b>  | niedrigste Temperatur, bei oder ab der ein chemischer Stoff in einer Normalatmosphäre ohne äussere Zündquelle, wie zBsp. eine Flamme oder Funkenschlag, verbrennen kann.   |
| <b>Sachkunde</b>  | Fähigkeit, die in einem Beruf geforderten Tätigkeiten sicher und zufriedenstellend auszuführen. Die Grade der Sachkunde sind in EN 13313 festgelegt.   |
| <b>Kältemittel-detektor</b>   | Meldeeinrichtung, die auf eine voreingestellte Kältemittelgaskonzentration in der Umgebung anspricht.  |

## 6. Literatur- und Quellenverzeichnis

### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung: ChemRRV, SR 814.81, 01.06.2021
- [2] SN EN 378-1:2017: Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien, Winterthur, 2017
- [3] SN EN 378-2:2017: Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation; Winterthur, 2017
- [4] SN EN 378-3:2017: Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen, Winterthur, 2017
- [5] SN EN 378-4:2017: Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung, Winterthur, 2017
- [6] Norm SIA 382/1:2014: Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, Zürich 2014
- [7] Verordnung über den Schutz vor Störfällen: Störfallverordnung, StFV SR 814.012, Bern. 1. Juni 2015

### Im Projekt erstellte Dokumente

- [8] Lutz Stephan.: Kältemittelauswahl Wärmepumpe. acoenergy GmbH Ingenieurbüro, Wiesendangen, Juli 2021
- [9] Lutz Stephan.: Kältemittelauswahl Klimakälte. acoenergy GmbH Ingenieurbüro, Wiesendangen, Juli 2021
- [10] Lutz Stephan.: Kältemittelauswahl Gewerbekälte. acoenergy GmbH Ingenieurbüro, Wiesendangen, Juli 2021
- [11] Lutz Stephan.: Kältemittelauswahl Industriekälte. acoenergy GmbH Ingenieurbüro, Wiesendangen, Juli 2021
- [12] Lutz Stephan.: Kältemittelauswahl VRF-/ DV-Kälteanlagen. acoenergy GmbH Ingenieurbüro, Wiesendangen, Juli 2021

### Weitere Literatur

- [13] Richtlinie Wärmetechnische Anlagen WTA 24-15: der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bern, 2015
- [14] Richtlinien der Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS:EKAS 6516 Druckgeräte
- [15] Richtlinien der Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS: EKAS 6507 Ammoniak
- [16] Richtlinien der Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS: EKAS 1825 Brennbare Flüssigkeiten
- [17] Störfallvorsorge bei Kälteanlagen StFV: Handbuch Was ist der Stand der Sicherheitstechnik? BAFU Mai 2015
- [18] SUVA Merkblatt 2153 Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen der Schweiz. Unfallversicherung Suva.
- [19] VKF-Brandschutzrichtlinie „Wärmetechnische Anlage“ 2015
- [20] Druckgeräterichtlinie DGRL 2014/68/EU: Druckgeräterichtlinie
- [21] EN 12263, Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sicherheitsschalteneinrichtungen zur Druckbegrenzung - Anforderungen und Prüfungen
- [22] EN 14276-2, Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen - Teil 2: Rohrleitungen - Allgemeine Anforderungen
- [23] ISO 817:2014: Refrigerants - Designation and safety classification
- [24] Pohlmann Taschenbuch der Kältetechnik: Grundlagen, Anwendungen, Arbeitstabellen, Essen, 2010

### Abbildungsverzeichnis

- [25] Kältemittel-Fibel, Was uns die Geschichte der Kältemittel lehrt, Energie Schweiz Ausgabe 10/2020
- [26] Umgang mit Kältemitteln, Treibhauseffekt, Lehrmittel Kältemittel Fachbewilligung 2012