

Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen

Vollzugshilfe zu den Regelungen über Kälteanlagen, Klimaanlage und Wärmepumpen mit in der Luft stabilen Kältemitteln



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen

Vollzugshilfe zu den Regelungen über Kälteanlagen, Klimaanlage und Wärmepumpen mit in der Luft stabilen Kältemitteln

Impressum

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u. ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Arbeitsgruppe Vollzugshilfe Kälteanlagen
Vorsitz: Blaise Horisberger, Bundesamt für Umwelt BAFU
Mitglieder: Arnet Roland, Amt für Verbraucherschutz AG; Baettig Cyril, SWKI; Berthoud Dominique, Association suisse du froid ASF; Diana Robert, Suissetec; Dumortier Robert, Association suisse du froid ASF; Grenacher Brigitte, Kantonales Labor BS; Kambor Hans-Jürg, Amt für Umweltschutz und Energie BL; Löhner Rolf, Schweizerischer Verein für Kältetechnik SVK; Rappo Beat, Proklima; Schuler Ruedi, Stelle für Chemikalien und Erzeugnisse LU; Stettler Martin, Bundesamt für Energie BFE; von Wyl Marco, Schweizerischer Verein für Kältetechnik SVK; Wöhrensimmel Henry, Bundesamt für Umwelt BAFU.

Redaktion

Blaise Horisberger, Robert Dumortier, Henry Wöhrensimmel, Harald Bentlage

Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2017: Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen. Vollzugshilfe zu den Regelungen von Kälteanlagen, Klimaanlageanlagen und Wärmepumpen mit in der Luft stabilen Kältemitteln. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1726: 39 S.

Layout

Cavetti AG, medien. digital und gedruckt.

Titelbild

CO₂-Kälteanlage, BAFU/Truttman AG

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-1726-d
(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	3.5	Wo können teilhalogenierte-Fluor-Olefine (HFO) eingesetzt werden?	17
Vorwort	6	3.6	Sicherheitsvorschriften für die Anwendung von Kältemitteln	17
1 Einleitung	7	3.7	Beschreibung der Kreisläufe	18
1.1	Ziele dieser Vollzugshilfe			7
1.2	Rechtliche Grundlagen «en bref»			7
1.3	Übersicht zu den wichtigsten Änderungen			7
2 Bestimmungen für Kälte-/Klimaanlagen und Wärmepumpen	8	4 Verminderung der Umweltbelastung		19
2.1	Verbote von ozonschichtabbauenden Kältemitteln	4.1	Allgemeines	19
2.1.1	Inkrafttreten der Verbote für Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	4.2	Auswahl von Kältemitteln mit geringer Auswirkung auf das Klima	19
2.1.2	Inkrafttreten der Verbote für teilweise halogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW)	4.3	Verringerung der Kältemittelmenge (Kälte- und Wärmeträgerkreisläufe)	19
2.2	Verbote von in der Luft stabilen Kältemitteln	4.3.1	Kälteträgerkreislauf	19
2.3	Begriffe und Geltungsbereiche für die oben beschriebenen Verbote	4.3.2	Wärmeträgerkreislauf	19
2.3.1	In der Luft stabile Kältemittel	4.4	Konstruktive Massnahmen	20
2.3.2	Anlage	4.4.1	Hermetisierung des Kältekreislaufes	20
2.3.3	Abgrenzung einer Verwendung von Kälte oder Wärme	4.4.2	Einsatz von korrosionsbeständigen Werkstoffen zur Verhinderung von Kältemittelleckagen	20
2.3.4	Berechnung der Kälteleistung Q_0	4.4.3	Technische Überwachung	20
2.3.5	Inverkehrbringen	5 Hinweise zu Ausnahmegewilligungen und zu den Gesuchsformularen		21
2.3.6	Umbau von Anlagen	5.1	Ausnahmegewilligungen	21
2.3.7	Klassifizierung der stationären Anlagen	5.1.1	Antragsberechtigung	21
2.3.7.1	Klimakälte	5.1.2	Gesuchsformular	21
2.3.7.2	Wärmepumpen	5.1.2.1	Permanente Anlagen	21
2.3.7.3	Gewerbekälte	5.1.2.2	Temporäre Anlagen	22
2.3.7.4	Industriekälte	5.1.3	Grundlagen für die Beurteilung eines Gesuchs zur Ausnahmegewilligung	22
2.3.7.5	Kunsteisbahnen	5.1.4	Gültigkeit einer Ausnahmegewilligung zum Verbot des Inverkehrbringens	23
2.3.7.6	Anlagen mit mehreren Anwendungen			
3 Auswahl des Kältemittels	16	Anhänge		24
3.1	Generelle Empfehlung	A1	Übersicht über die wichtigsten Kältemittel	25
3.2	Anforderungen	A2	Graphische Zusammenfassung der Regelung von in der Luft stabilen Kältemitteln in stationären Anlagen	26
3.3	Der Begriff «Stand der Technik»	A3	Kältekreisläufe	28
3.4	Wo können natürliche Kältemittel eingesetzt werden?	A3-1	Einfache Kreisläufe	28
3.4.1	Ammoniak (NH ₃) – R-717	A3-2	CO ₂ Kaskaden	32
3.4.2	Kohlendioxid (CO ₂) – R-744	A3-3	Allgemeine Kaskaden	34
3.4.3	Kohlenwasserstoffe (KW) Isobutan (R600a), Propan (R290) und Propen (R1270)	A3-4	Kombinierte Kreisläufe – Booster	36
		A3-5	Anlagen, Maschinen und Kreisläufe in der Klimakälte	38
		A3-6	Anlagen, Maschinen und Kreisläufe in der Gewerbekälte	39

Abstracts

Since 1 December 2013, Annex 2.10 of the Chemical Risk Reduction Ordinance (ORRChem) has restricted the placing on the market of refrigeration and air conditioning systems and heat pumps containing substances that are stable in the atmosphere (mainly hydrofluorocarbons, HFCs) to installations with cooling capacities below a specified level. However, exemptions to these restrictions may be granted for some installations under certain conditions. This enforcement aid is intended to provide practical support for the implementation of Annex 2.10 of ORRChem, and in particular of the prohibitions and exemption procedures cited in the above Annex. It is based on the status of technology in the various application segments.

Keywords:

Refrigerants, HFC, synthetic greenhouse gases, Annex 2.10 ORRChem, Prohibitions and exemptions, Status of technology

Das Inverkehrbringen von Kälte- und Klimaanlage sowie Wärmepumpen mit in der Luft stabilen Kältemitteln (v. a. teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen, HFKW) ist seit dem 1. Dezember 2013 durch Anhang 2.10 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) auf Anlagen unterhalb bestimmter Kälteleistungen beschränkt. Für einzelne Anlagen können jedoch unter bestimmten Voraussetzungen Ausnahmegewilligungen erteilt werden. Die vorliegende Vollzugshilfe ist eine praktische Hilfe zur Anwendung von Anhang 2.10 ChemRRV, insbesondere der darin enthaltenen Verbote und Ausnahmegewilligungsverfahren. Sie basiert für die verschiedenen Anwendungsbereiche auf dem Stand der Technik.

Stichwörter:

Kältemittel, HFKW, synthetische Treibhausgase, Anhang 2.10 ChemRRV, Verbote und Ausnahmegewilligungen, Stand der Technik

La mise sur le marché d'installations de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur contenant des fluides frigorigènes stables dans l'air (avant tout les hydrofluorocarbures, HFC) est limitée, depuis le 1^{er} décembre 2013, selon l'annexe 2.10 de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) aux installations en dessous de certaines puissances frigorifiques. Des dérogations à ces interdictions peuvent être délivrées sous certaines conditions pour des installations individuelles. La présente aide à l'exécution constitue une aide pratique pour la mise en œuvre de l'annexe 2.10 ORRChim et en particulier des interdictions et du système de dérogation. Elle se base sur l'état de la technique dans les différents secteurs d'application.

Mots-clés:

Fluides frigorigènes, HFC, gaz synthétiques à effet de serre, annexe 2.10 ORRChim, interdictions et dérogations, état de la technique

L'immissione sul mercato di impianti di refrigerazione, di climatizzazione e di pompe di calore con prodotti refrigeranti stabili nell'aria (soprattutto gli idrofluorocarburi, HFC) è limitata dal 1° dicembre 2013 agli impianti al di sotto di una determinata capacità frigorigena, come sancito dall'allegato 2.10 dell'ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim). Per gli impianti individuali sono previste deroghe a suddetti divieti a determinate condizioni. Il presente aiuto all'esecuzione costituisce un ausilio pratico all'applicazione dell'allegato 2.10 ORRPChim e segnatamente dei divieti e delle deroghe ivi sanciti. Essa definisce lo stato attuale della tecnica esistente nei diversi campi di applicazione.

Parole chiave:

Prodotti refrigeranti, gas serra sintetici, HFC, allegato 2.10 ORRPChim, divieti e deroghe, stato della tecnica

Vorwort

In der Luft stabile Stoffe, auch synthetische Treibhausgase genannt, besitzen ein erhebliches Klima-Erwärmungspotenzial. Gelangen sie in die Umwelt, reichern sie sich wegen ihrer hohen Stabilität in der Atmosphäre an und verteilen sich über die ganze Erde. Einige Vertreter dieser Stoffgruppe bilden bei ihrem langsamen Abbau in der Luft für die Umwelt problematische Abbaustoffe, wie etwa langlebige und phytotoxische Substanzen.

Wegen ihrer Treibhauswirkung hat die internationale Staatengemeinschaft diese Stoffe in das Kyoto-Protokoll aufgenommen. Seit Oktober 2016 sind einige von ihnen, die wesentlichen teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe, in das Montrealer Protokoll aufgenommen worden. In der Schweiz hatte der Bundesrat mit der Änderung vom 30. April 2003 der Stoffverordnung (StoV) ein Massnahmenpaket zur Einschränkung dieser Stoffe beschlossen. Im Rahmen der Ausgestaltung des neuen Chemikalienrechts wurde dieses 2005 unverändert in die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) übernommen. Seit 2005 wurde die ChemRRV mehrmals dem Stand der Technik angepasst.

Sowohl international als auch national geht es bei der Regelung der in der Luft stabilen Stoffe nicht um ein totales Verbot, wie dies bei den ozonschichtabbauenden Stoffen der Fall ist, sondern um eine Beschränkung der Anwendungen auf Bereiche, in denen nach dem Stand der Technik keine Ersatzstoffe oder Ersatzverfahren vorhanden sind. Der Einsatz als Kältemittel ist derzeit der mengenmässig grösste Anwendungsbereich für in der Luft stabile Stoffe, neben anderen Verwendungen wie Spraydosen, Schaumstoffen, Hochspannungstechnik, Lösungsmittel und Löschmittel.

Die für die in der Luft stabilen Stoffe geltenden Einschränkungen umfassen daher auch verschiedene neuere Vorschriften über Kältemittel. Infolgedessen hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) die Wegleitung 15/09 «Bewilligung von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln» vollständig überarbeitet und durch die vorliegende Publikation ersetzt. Es wurden insbesondere Erläuterungen zu den seit dem 1. Dezember 2013 geltenden spezifischen Bestimmungen und Ausnahmebewilligungsverfahren ergänzt.

Aktualisierungen dieser Vollzugshilfe können insbesondere wegen allfälliger Änderungen der ChemRRV oder wegen Änderungen im Stand der Technik erforderlich werden. Der Stand der Technik wird durch die Behörden in enger Zusammenarbeit mit der Branche auf Grundlage der technologischen Weiterentwicklung in regelmässigen Abständen aktualisiert. Die jeweils aktuelle Version der Vollzugshilfe ist auf der Internetseite des BAFU abrufbar.

Paul Steffen
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 Einleitung

1.1 Ziele dieser Vollzugshilfe

Die vorliegende Vollzugshilfe präzisiert und kommentiert die zentralen Begriffe und Bestimmungen von Anhang 2.10 ChemRRV, insbesondere diejenigen über das Inverkehrbringen von stationären Anlagen, in welchen in der Luft stabile Kältemittel verwendet werden.

Ebenso werden Kriterien und Abläufe erläutert, nach denen im Ausnahmewilligungsverfahren beurteilt wird, ob die Sicherheitsanforderungen der Normen SN EN 378-1, -2 und -3¹ für eine bestimmte geplante Kälteanlage, Klimaanlage oder Wärmepumpe ohne in der Luft stabile Kältemittel erfüllt werden können.

Diese Vollzugshilfe dient als Hilfestellung für die kantonalen Behörden und Bundesbehörden beim Vollzug von Anhang 2.10 ChemRRV. Sie kann mittelbar auch Planern und Anbietern von Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen nützen.

1.2 Rechtliche Grundlagen «en bref»

Diese Vollzugshilfe erläutert die Ziffern 1, 2.1, 2.2 und 2.3 des Anhangs 2.10 ChemRRV in Bezug auf stationäre Anlagen, die mit Kältemitteln betrieben werden.

1.3 Übersicht zu den wichtigsten Änderungen

Die folgende Liste enthält die wichtigsten Neuerungen im Vergleich zur vorherigen Version dieser Vollzugshilfe (vormals «Wegleitung»):

- Die Verbote betreffend das Inverkehrbringen von Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen, welche mit in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden und bestimmte Kälteleistungen überschreiten, werden beschrieben und mit Beispielen illustriert (Abschnitte 2.2 und 2.3) sowie grafisch veranschaulicht (Anhang A2).

- Das Verfahren und die Formulare für Ausnahmewilligungsgesuche für einzelne Anlagen, bei denen die Normen SN EN 378-1, -2 und -3² ohne die Verwendung eines in der Luft stabilen Kältemittels nicht eingehalten werden können, werden erläutert (Kapitel 5).
- In der Übersicht über die wichtigsten Kältemittel (Anhang A1) ist neu die Sicherheitsgruppe der Kältemittel gemäss SN EN 378-1 enthalten.
- Die Schemata der Kältekreisläufe (Anhang A3) sind um die Booster-Anlage ergänzt worden.

1 SN EN 378-1:2017, SN EN 378-2:2017 und SN EN 378-3:2017

2 Bestimmungen für Kälte-/Klimaanlagen und Wärmepumpen

2.1 Verbote von ozonschichtabbauenden Kältemitteln

Zulässig sind heute nur noch der Betrieb, die Ausserbetriebnahme und die fachgerechte Entsorgung von Anlagen, die ozonschichtabbauende Kältemittel enthalten. Verboten sind hingegen die Herstellung, das Inverkehrbringen (vgl. Abschnitt 2.3.5), die Ein- und Ausfuhr von ozonschichtabbauenden Kältemitteln sowie von Anlagen, die mit solchen Kältemitteln betrieben werden.² Ebenso verboten ist das Nachfüllen von ozonschichtabbauenden Kältemitteln in Anlagen,³ auch im Fall einer Reparatur. Im folgenden Abschnitt ist aufgelistet, wann die jeweiligen Verbote in Kraft getreten sind.

2.1.1 Inkrafttreten der Verbote für Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)

Seit dem 1. Januar 1994 verboten sind die Herstellung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr von Anlagen, die mit FCKW-haltigen Kältemitteln betrieben werden.

Seit dem 1. Januar 2004 verboten sind die Herstellung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr von FCKW-haltigen Kältemitteln, wie z. B. R-12 oder R-502, sowie das Nachfüllen von Anlagen mit solchen Kältemitteln.

2.1.2 Inkrafttreten der Verbote für teilweise halogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW)

Seit dem 1. Januar 2002 verboten sind die Herstellung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr von Anlagen, die mit HFCKW-haltigen Kältemitteln betrieben werden. Eine Übergangsfrist bis 31. August 2015 galt für vor dem 1. Januar 2002 hergestellte Anlagen.

Seit dem 1. Januar 2010 verboten sind die Herstellung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr von HFCKW-haltigen Kältemitteln, wie z. B. R-22, sowie das

Nachfüllen von Anlagen mit solchen Kältemitteln. Eine Übergangsfrist bis 31. Dezember 2014 galt für regenerierte HFCKW-haltige Kältemittel.

Seit dem 1. Januar 2015 gelten die Herstellungs-, Inverkehrbringens-, Einfuhr-, Ausfuhr- und Nachfüll-Verbote auch für regenerierte HFCKW-haltige Kältemittel.

Seit dem 1. September 2015 sind die Herstellung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr auch für vor dem 1. Januar 2002 hergestellte Anlagen verboten, die mit HFCKW-haltigen Kältemitteln betrieben werden.

2.2 Verbote von in der Luft stabilen Kältemitteln

Mit der Änderung der ChemRRV vom 7. November 2012 hat der Bundesrat u.a. die am 1. Januar 2004 in Kraft getretene Bewilligungspflicht für stationäre Anlagen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln aufgehoben und durch diverse Einschränkungen ersetzt, insbesondere durch das Verbot des Inverkehrbringens von Anlagen ab einer bestimmten Kälteleistung. Diese Einschränkungen sind graphisch in Anhang A2 zusammengefasst.

Diese Änderung im Anhang 2.10 ChemRRV ist seit dem 1. Dezember 2013 in Kraft und bestimmt unter Ziffer 2.1 Absatz 3 Folgendes:

² Ziffer 2.1 Anhang 2.10 ChemRRV, vor dem 1. August 2005 geregelt durch Ziffer 21 Anhang 4.15 StöV

³ Ziffer 3.2.1 Anhang 2.10 ChemRRV, vor dem 1. August 2005 geregelt durch Ziffer 321 Anhang 4.15 StöV

«Verboten ist das Inverkehrbringen folgender stationärer Anlagen, die mit in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden:

a. Klimakälteanlagen für:

- 1 Kühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 600 kW,
- 2 Kühlung und Heizung mittels Systemen mit variabel geregeltem Kältemittelstrom (VRF) oder -volumen (VRV) mit mehr als 40 Verdampfereinheiten oder einer Kälteleistung von mehr als 80 kW,
- 3 Wärmepumpe zur Nah- und Fernverteilung von Wärme mit einer Kälteleistung von mehr als 600 kW;

b. Gewerbekälteanlagen für:

- 1 Minuskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 30 kW,
- 2 Pluskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 40 kW,
- 3 Minuskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 8 kW, wenn die Minuskühlung mit einer Pluskühlung kombinierbar ist,
- 4 Pluskühlung, wenn das verwendete in der Luft stabile Kältemittel ein Treibhauspotenzial grösser als 2500 zeigt;

c. Industriekälteanlagen für:

- 1 Tiefkühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 100 kW,
- 2 alle anderen Anwendungen mit einer Kälteleistung von mehr als 400 kW;

d. Kunsteisbahnen, ausser temporäre Anlagen.»

Die Verbote betreffen sowohl neue als auch gebrauchte, sowohl permanente als auch temporäre Anlagen. Ebenso betreffen sie den Umbau von bestehenden Anlagen (siehe Abschnitt 2.3.6).

Allfällige noch bestehende kantonale Bewilligungen (PEBKA Bewilligungen) für das Erstellen von bestimmten stationären Anlagen sind seit dem 1. Januar 2017 nicht mehr gültig.⁴

2.3 Begriffe und Geltungsbereiche für die oben beschriebenen Verbote

Anhang 2.10 ChemRRV listet in seiner Ziffer 1 bestimmte Begriffe auf, die für den Vollzug der Regelungen besonders wichtig sind. Einige dieser Begriffe sowie weitere Begriffe, die in der Vollzugshilfe erscheinen, werden unter den Punkten 2.3.1 bis 2.3.7 näher erläutert.

Begriffe

- 1 Als Kältemittel gelten Stoffe oder Zubereitungen, die in Geräten oder Anlagen Wärme von einer tieferen auf eine höhere Temperatur transportieren.
- 2 Als ozonschichtabbauende Kältemittel gelten Kältemittel, die ozonschichtabbauende Stoffe (Anhang 1.4) enthalten.
- 3 Als in der Luft stabile Kältemittel gelten Kältemittel, die in der Luft stabile Stoffe (Anhang 1.5) enthalten.
- 4 Eine Anlage besteht aus sämtlichen Kühlkreisläufen, die ein und derselben Verwendung dienen, sie kann eine oder mehrere Kältemaschinen umfassen. Der Begriff «Kältemaschine» bezeichnet ein kompaktes System zur Kälteerzeugung mit einem oder mehreren Kühlkreisläufen.
- 5 Der Umbau des Kälte erzeugenden Teils bestehender Anlagen ist dem Inverkehrbringen von Anlagen gleichgestellt.
- 6 Ein Gerät ist ein steckerfertiges System zur Kälteerzeugung, das mit keiner Kälte- oder Wärmeverteilrohrleitung fest verbunden ist. Fest eingebaute Geräte gelten als Geräte und nicht als Anlagen.
- 7 Pluskühlung ist die Kühlung mit einer Verdampfungstemperatur (t_o) nicht tiefer als -10 °C und eine Kondensationstemperatur (t_c) nicht höher als $+45\text{ °C}$
- 8 Minuskühlung ist die Kühlung mit einer Verdampfungstemperatur (t_o) nicht tiefer als -33 °C und eine Kondensationstemperatur (t_c) nicht höher als $+40\text{ °C}$.

⁴ Ziffer 7 Absatz 2 Anhang 2.10 ChemRRV

2.3.1 In der Luft stabile Kältemittel

Kältemittel gelten als in der Luft stabil, wenn sie eine oder mehrere flüchtige⁵ fluorhaltige organische Verbindungen enthalten, deren mittlere Aufenthaltsdauer in der Luft mindestens 2 Jahre beträgt.⁶ Der Begriff «in der Luft stabiles Kältemittel» deckt den Grossteil der teilweise halogenierten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW) sowie einige Per-Fluor-Kohlenwasserstoffe (PFKW) ab. Die gebräuchlichsten (in der Luft stabile wie auch nicht stabile) Kältemittel sind in Anhang A1 dieser Vollzugshilfe aufgeführt.

2.3.2 Anlage

Eine «Anlage» besteht aus sämtlichen Kältemaschinen und Kältekreisläufen, die ein und derselben Verwendung dienen.⁷

Im Rahmen von Anhang 2.10 ChemRRV deckt der Begriff «Anlage» alle Arten von Kälteanlagen, Gefrieranlagen und Klimaanlage sowie Wärmepumpen ab, die mit einem Kältemittel betrieben werden. So wird auch in dieser Vollzugshilfe «Anlage» als Oberbegriff für alle vorgenannten Anlagentypen verwendet. Zudem werden die Begriffe «Kältemaschine» und «Kältekreislauf» nicht nur im Zusammenhang mit Anlagen verwendet, die der Kälteherstellung dienen, sondern entsprechend dem fachlichen Sprachgebrauch auch im Zusammenhang mit solchen, die Wärme produzieren.

Im Gegensatz zu einem Gerät ist eine Anlage immer mit Kälte- oder Wärmeverteilsystemen fest verbunden. Sie gilt als «stationär», wenn sie unbewegt verwendet wird.

Zu den stationären Anlagen zählen auch temporäre Anlagen einschliesslich temporärer Kunsteisbahnen. Unter «temporären Anlagen» versteht man Anlagen, welche transportabel sind und kein permanent installiertes Kälteverteilsystem aufweisen, z. B. Containerkälteanlagen.

2.3.3 Abgrenzung einer Verwendung von Kälte oder Wärme

Um im Fall von Anlagen mit mehreren Kältemaschinen oder Kältekreisläufen zu bestimmen, welche Nutzungen von Kälte oder Wärme als ein und derselben Verwendung zugehörig betrachtet werden müssen, sind folgende Kriterien anzuwenden:

1. Die Versorgung aller Nutzer mit Kälte oder Wärme liegt in der Verantwortung ein und desselben Kältemaschinen- oder Kühlkreislaufeigentümers.
2. Die jeweiligen Austrittstemperaturen der Kälteträger auf der Verdampferseite (bzw. im Falle der Wärmepumpen die jeweiligen Austrittstemperaturen der Wärmeträger auf der Verflüssigerseite) sind bei einer Auslegung gemäss Leitfaden der «Kampagne effiziente Kälte» des Bundesamtes für Energie (BFE)⁸ ähnlich, d.h. der Temperaturunterschied beträgt ≤ 4 K. Bei Direktverdampfungssystemen gilt dieses Kriterium für Luft als Kälteträger.
3. Die Kältemaschinen und -kreisläufe, welche die Kälte bzw. die Wärme erzeugen, können im gleichen oder benachbarten Maschinenraum installiert werden.
4. Die Verbraucher von Kälte oder Wärme befinden sich im gleichen Gebäude oder können durch den gleichen Kälte- oder Wärmeträgerkreislauf versorgt werden. Wenn wegen einer Höhendifferenz von mehr als 25m zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt des Verbrauchers, z. B. in einem Hochhaus, Systeme mit getrennten Kälteträgerkreisläufen geplant sind, werden ihre Leistungen getrennt betrachtet.

Eine Gruppe von Kältemaschinen und -kreisläufen wird als ein und derselben Verwendung zugehörig betrachtet, wenn die Kriterien 1 und 2 sowie zusätzlich mindestens eines der Kriterien 3 oder 4 erfüllt sind.

⁵ Als «flüchtig» wird in Ziffer 1 Absatz 1 Buchstabe a Anhang 1.5 ChemRRV ein Stoff bezeichnet, wenn er einen Dampfdruck von mindestens 0,1 mbar bei 20 °C oder einen Siedepunkt von höchstens 240 °C hat.

⁶ vgl. Ziffer 1 Absatz 3 Anhang 2.10 ChemRRV in Verbindung mit Ziffer 1 Absatz 1 Buchstabe a Anhang 1.5 ChemRRV

⁷ Ziffer 1 Absatz 4 Anhang 2.10 ChemRRV

⁸ www.suisseenergie.ch/pub/p6478/de-ch

Beispiele

Beispiel 1:	2 Verwendungen
Kältemaschine 1 500 kW	Nutzkälteleistung für Komfortklima mit einer Auslegungstemperatur von 14° C Kaltwasseraustritt aus dem Verdampfer mit separater Kälteverteilung.
Kältemaschine 2 300 kW	Nutzkälteleistung für Prozesskälte mit einer Auslegungstemperatur von 8 °C Kaltwasseraustritt aus dem Verdampfer mit separater Kälteverteilung.
Auswertung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gleicher Eigentümer; 2. die Auslegungstemperaturen sind mit einem Unterschied von 6 K nicht ähnlich; 3. die Anlagen sind im selben oder benachbarten Maschinenraum; 4. die Verbraucher können nicht über den gleichen Kälteverteilungsnetzwerk versorgt werden.
Fazit	Punkt 2 erfüllt die Kriterien für eine gleiche Verwendung nicht, d.h. die beiden Anlagen sind getrennt voneinander zu betrachten.

Beispiel 2:	1 Verwendung
Kältemaschine 1 500 kW	Nutzkälteleistung für Komfortklima mit einer Auslegungstemperatur von 14° C Kaltwasseraustritt aus dem Verdampfer mit gemeinsamer Kälteverteilung. Aufstellung in der Dachzentrale.
Kältemaschine 2 300 kW	Nutzkälteleistung für Prozesskälte mit einer Auslegungstemperatur von 12° C Kaltwasseraustritt aus dem Verdampfer mit gemeinsamer Kälteverteilung. Aufstellung im 2.UG.
Auswertung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gleicher Eigentümer; 2. die Auslegungstemperaturen sind mit einem Unterschied von 2 K ähnlich; 3. die Anlagen sind nicht im selben oder benachbarten Maschinenraum; 4. die Verbraucher werden über ein gemeinsames System versorgt.
Fazit	Nur Punkt 3 erfüllt die Kriterien für eine gleiche Verwendung nicht, d.h. die beiden Anlagen müssen als eine gemeinsame Anlage mit 800 kW Kälteleistung betrachtet werden. Die Anlagen müssen mit in der Luft nicht stabilen Kältemitteln in Verkehr gebracht werden.

2.3.4 Berechnung der Kälteleistung Q_0

Die Höhe der Kälteleistung Q_0 für eine Verwendung (siehe Abschnitt 2.3.3) ist entscheidend dafür, ob das Inverkehrbringen einer Kälteanlage mit einem in der Luft stabilen Kältemittel zulässig ist.⁹ Die Kälteleistung Q_0 wird definiert als die Nutzleistung einer Anlage bei Spitzenverbrauch mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 1 und Temperaturdifferenzen gemäss Leitfaden der «Kampagne effiziente Kälte» des BFE. Die Nutzleistung bezieht sich dabei auf die Kälteerzeugung und nicht auf die Gesamtleistung der installierten Kälteverbraucher. Letztere ist von der Bemessung der Gleichzeitigkeitsfaktoren abhängig, welche Aufgabe des Planers ist.

Redundante Kältemaschinen und -kreisläufe werden für die Beurteilung der Zulässigkeit einer stationären Anlage für Industriekälte oder Gewerbekälte gemäss Anhang 2.10 ChemRRV nicht berücksichtigt, sofern die redundante Kälteleistung 100 % der Nutzleistung bei Spitzenverbrauch nicht übersteigt. Hingegen wird bei Anlagen für Klimakälte (Komfortkühlung) die Redundanzleistung als Teil der Kälteleistung Q_0 berücksichtigt, da sie für die Aufrechterhaltung eines minimalen Komforts nicht unabdingbar ist.

Um die Zulässigkeit einer Erweiterung einer bestehenden Anlage mit in der Luft stabilen Kältemitteln zu beurteilen, wird die Summe der Nutzleistungen Q_0 der bestehenden Anlage und ihrer Erweiterung zu Grunde gelegt. Ein allfälliges Verbot bezöge sich nur auf die Erweiterung, nicht aber auf die Anlage selbst. Als Beispiel hierfür kann eine bestehende Industriekälteanlage mit 300 kW dienen, welche um 150 kW ausgebaut werden soll. In diesem Fall würde die Gesamtleistung der ausgebauten Anlage die Limite von 400 kW¹⁰ übersteigen und somit wäre zumindest die Erweiterung mit einem in der Luft nicht stabilen Kältemittel umzusetzen.

Hinweis: Bei der Planung sollten spätere Erweiterungen berücksichtigt werden, so dass ein Grundausbau bereits nach den Grössenordnungen des Endausbaus klassiert wird. Dies verhindert unnötig hohe Kosten und weitreichende bauliche Anpassungen beim Ausbau der Anlage.

⁹ gemäss Ziffer 2.1 Absatz 3 Buchstaben a-c Anhang 2.10 ChemRRV

¹⁰ nach Ziffer 2.1 Absatz 3 Buchstabe c Nummer 2 Anhang 2.10 ChemRRV

2.3.5 Inverkehrbringen

Das Inverkehrbringen ist «die Bereitstellung für Dritte und die Abgabe an Dritte sowie die Einfuhr zu beruflichen oder gewerblichen Zwecken»¹¹. Die Vermietung und die Verpachtung einer Anlage gelten hier nur dann als Inverkehrbringen, wenn diese Vorgänge mit einem Standortwechsel oder einem Umbau der Anlage (vgl. nachstehenden Abschnitt 2.3.6) einhergehen.

2.3.6 Umbau von Anlagen

Der Umbau des Kälte erzeugenden Teils (Verdichter, Verflüssiger, Verdampfer) einer bestehenden Anlage gilt als Inverkehrbringen.¹²

Unter den Begriff «Umbau» fallen bereits nach allgemeinem Sprachverständnis nicht und gelten somit auch nicht als Inverkehrbringen:

- a) Reparaturen, inklusive der 1:1 Ersatz von defekten bestehenden Komponenten;
- b) der 1:1 Ersatz der ganzen Anlage als Garantieleistung; und
- c) der Ersatz des Kältemittels durch ein anderes Kältemittel, einschliesslich des Ersatzes von nur kleinen Teilen wie Dichtungen oder Expansionsventile, wenn weder Verdichter, Verflüssiger noch Verdampfer der Anlage verändert werden.

Nach Sinn und Zweck der in Anhang 2.10 ChemRRV getroffenen Regelungen fallen weiterhin folgende Vorkehrungen nicht unter die Verbotstatbestände, selbst wenn sie grundsätzlich als «Umbau» verstanden werden könnten:

- d) Veränderung der Anlage zur Steigerung der Energieeffizienz, sofern die Empfehlungen der «Kampagne effiziente Kälte» des Bundesamtes für Energie (BFE) für die Auslegung der Komponenten berücksichtigt werden, durch
 1. Einbau eines Verdichters mit Frequenzumrichter,
 2. Nachrüstung einer Abwärmenutzung, ausschliesslich mit Sekundärkreislauf,
 3. Ersatz von Verdampfer und Verflüssiger durch energieeffizientere Komponenten:

- wenn dies ohne eine Vergrösserung des Rohrinhaltendes der zu ersetzenden Komponente technisch möglich ist, z. B. durch Verwendung von Microchannel-Technik oder verstärkten Ventilatoren, oder
- wenn dies in den Fällen, in denen weder Microchannel-Technik noch verstärkte Ventilatoren eingesetzt werden können, mit einer Vergrösserung des Rohrinhaltendes der zu ersetzenden Komponente von maximal 20 % technisch möglich ist,

4. Einbau von elektronischen Expansionsventilen;
- e) Anschluss zusätzlicher Verbraucher auf Kosten der Gleichzeitigkeit (tolerierte zusätzliche Kälteleistung Q_0 : maximal 20 %, jedoch nicht mehr als 5 kW);
- f) Verminderung der Nutzkälteleistung um mindestens 20 %, auch durch die Ausserbetriebnahme von Verdampfern.

Für Anlagen im Bereich der Pluskühlung beziehen sich die vorstehend unter c) bis e) genannten Vorkehrungen nur auf diejenigen Fälle, in denen das in der betreffenden Anlage schlussendlich genutzte Kältemittel ein kleineres Treibhauspotential¹³ als 2500 hat.

2.3.7 Klassifizierung der stationären Anlagen

Die Kältetechnik umfasst verschiedene Anwendungsgebiete mit unterschiedlichen Anforderungen. Ziffer 2.1 Absatz 3 Anhang 2.10 ChemRRV unterscheidet 4 Hauptanwendungsbereiche und 8 Unterbereiche für die Regelung von stationären Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln:

1. Klimakälteanlagen für:
 - a) Komfort-Kühlung,
 - b) Komfort-Kühlung und -Heizung mittels variabel geregeltem Kältemittelstrom (VRF) oder variabel geregeltem Kältemittelvolumen (VRV),
 - c) Wärmepumpe zur Nah- und Fernverteilung von Wärme;
2. Gewerkekälteanlagen für:
 - a) Minuskühlung,
 - b) Pluskühlung,
 - c) kombinierte Plus- und Minuskühlung;

11 Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe i Chemikaliengesetz

12 Ziffer 1 Absatz 5 Anhang 2.10 ChemRRV

13 Treibhauspotential (GWP) über einen Zeithorizont von 100 Jahren, Zahlenwerte aus IPCC Assessment Report IV (2007). www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm; GWP-Werte für Gemische: gemäss den jeweiligen Massenanteilen der Reinstoffe gewichtete Summe der GWP-Werte der Bestandteile.

- 3. Industriekälteanlagen für:
 - a) Tiefkühlung,
 - b) alle anderen Anwendungen inklusive nicht saisonal betriebenen Klimaanlage;
- 4. Kunsteisbahnen.

Zu den stationären Anlagen zählen auch temporäre Anlagen (siehe Abschnitt 2.3.2). In den folgenden Abschnitten 2.3.7.1 bis 2.3.7.5 werden die einzelnen Anwendungsbereiche der stationären Anlagen näher beschrieben und Beispiele aufgeführt. Abschnitt 2.3.7.6 erläutert die Klassifizierung von Anlagen, die mehreren Anwendungsbereichen dienen.

Tab. 1
Anwendungsbereiche von Kälteanlagen

Anwendung	Beschreibung	Beispiele
Komfort-Klimakälte	Kälte für Raumkonditionierung im Komfort-Bereich Saisonale Betriebszeit des Verdichters von max. 8 Monaten pro Jahr	Menschliche Behaglichkeit in Wohn-, Geschäfts- und Verwaltungsbauten, Theatern, Kino usw.
Wärmepumpen	Alle Arten der Wärmeproduktion als Hauptanwendung	saisonal betriebene Anlagen zur Bereitstellung von Komfortwärme, Bereitstellung von Warmwasser in Siedlungen, Prozesswärme im industriellen Bereich
Gewerbekälte	Kälte für Betriebe, die Waren an Endkunden verkaufen	Bäckereien, Metzgereien, Restaurants, Hotels, Supermärkte, Tankstellenshops usw.
Industriekälte	Kälte für Prozesse und Produktion, inkl. Klimakälte, welche nicht der Definition der Komfortanwendungen entsprechen	Rechen- und Datenzentren, Spitäler, chemische Industrie, Lagerhäuser, Lebensmittelindustrie, Landwirtschaft, Grossbäckereien, Schlachthöfe usw.
Kunsteisbahnen	Feste und temporäre Anlagen	

2.3.7.1 Klimakälte

In den Anwendungsbereich «Klimakälte» fallen Anlagen, die der Klimatisierung im Komfortbereich dienen. Die Nutzungstemperaturen für die Klimatisierung richten sich nach der SIA 382/1.

Um der saisonalen Natur des Kältebedarfes im Komfortbereich Rechnung zu tragen, zählen nur Anlagen zu den Klimakälteanlagen, die der menschlichen Behaglichkeit dienen und maximal 8 aufeinanderfolgende Monate pro Jahr betrieben werden. An diese Zeit nicht anzurechnen ist dabei für Kälteanlagen die Nutzungsperiode mit Free-cooling-Betrieb (stillstehender Verdichter) und für reversible Anlagen die Nutzungsperiode der jeweiligen Anlage als Wärmepumpe. Als Nutzungsperiode für letztgenannte gilt der Zeitraum, während der der Wärmebedarf die Anlage steuert und die anfallende Wärme komplett genutzt wird.

Treffen diese Kriterien der Behaglichkeit oder Saisonalität nicht zu z. B. in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben (wie Druckereien, Betriebe mit Spritzguss- und Werkzeugmaschinen, Rechenzentren und Spitäler), sind die Anlagen als Industriekälteanlagen zu beurteilen (siehe Abschnitt 2.3.7.4).

2.3.7.2 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind zum Beispiel Anlagen mit Kältemitteln zur saisonalen Bereitstellung von Komfortwärme, zur ganzjährigen Bereitstellung von Warmwasser in Siedlungen, zur Beheizung von Schwimmbädern oder auch zur Generierung von Prozesswärme im industriellen Bereich. In der ChemRRV sind sie aktuell dem Anwendungsbereich der Klimakälte zugeordnet.

2.3.7.3 Gewerbekälte

Zum Anwendungsbereich «Gewerbekälte» zählen Anlagen, die der Vorbereitung und Aufbewahrung von Produkten dienen, die direkt an Endkunden verkauft werden. Beispiele dafür sind Anlagen in den Verkaufsstellen des allgemeinen Detailhandels wie Bäckereien, Metzgereien, Comestibles, Restaurants, Bars, Küchen, Tankstellenshops, Grossküchen usw. Der Anwendungsbereich Gewerbekälte erstreckt sich auch auf die Kälteerzeugung für öffentlich zugängliche Verkaufsstellen auf Betriebsarealen. So kann z. B. ein Personalrestaurant in einem

Industriebetrieb als Gewerbekälteanwendung gelten. Jedoch gilt die Kälteerzeugung einer öffentlichen Verkaufsstelle an einem Produktionsstandort als Industriekälte, wenn sie auch für den Bedarf an Industriekälte des Unternehmens gemäss Absatz 2.3.7.4 verwendet werden kann.

Die Definitionen in Ziffer 1 Absatz 7 und 8 Anhang 2.10 ChemRRV für Plus- und Minuskühlung (siehe auch Abschnitt 2.3) beziehen sich auf eine übliche Auslegung einer Gewerbekälteanlage bei einer Aussentemperatur von 32 °C und auf die Empfehlungen der «Kampagne effiziente Kälte» des BFE. Sie stimmen überein mit der gewöhnlichen Bezeichnungen von Pluskühlung als die gewerbliche Kühlung von Nahrungsmitteln bei Temperaturen über 0 °C und von Minuskühlung als das Gefrieren und Lagern von Nahrungsmitteln bei Temperaturen unter –20 °C.

Spezielle Anwendungen (auch ausserhalb des Nahrungsmittelbereichs) mit mehreren verschiedenen Temperaturen zwischen 0 °C und –20 °C sind entweder der Pluskühlung oder der Minuskühlung zuzuordnen. Massgebend ist, welcher Anwendung sie eher zuzurechnen sind, z. B. ist Gefrieren generell der Minuskühlung zuzuordnen.

Für Druckgasverbunde (Heissgasverbunde) gelten die Bestimmungen für die Pluskühlung nach Anhang 2.10 ChemRRV¹⁴, d.h. zulässig sind Gewerbekälteanlagen mit in der Luft stabilen Stoffen bis zu einer Kälteleistung von 40 kW und es dürfen nur Kältemittel mit einem GWP kleiner als 2500 eingesetzt werden.

Bei kombinierbarer Plus- und Minuskühlung¹⁵ (wie bei Kaskaden- und Booster-Systemen) wird bei der Berechnung der Nutzkälteleistung der Pluskühlung die für die Verflüssigung im Minus-Kühlkreis aufgewandte Kälteleistung nicht berücksichtigt.

Pluskühlung und Minuskühlung sind nicht kombinierbar, wenn:

- die Nutzkälteleistung der Minuskühlung grösser als diejenige der Pluskühlung ist;

- einzelne Anlagen für zeitlich limitierte oder kritische Anwendungen eingesetzt werden, z. B. Eismaschinen, Schockkühler und -Froster, Gärstoppanlagen usw.

Beispiel 1:

Kälteleistungen: Plusanlage 5 kW Minusanlage 10 kW	Diese Anlagen sind nicht kombinierbar ; Pluskühlung < 40 kW; Minuskühlung < 30 kW; in der Luft stabile Kältemittel zulässig	z. B. Ausführung: Pluskühlung R134a und Minuskühlung R407F/R449A
--	--	--

Beispiel 2:

Kälteleistungen: Plusanlage 15 kW Minusanlage 10 kW	Diese Anlagen sind kombinierbar ; Pluskühlung < 40 kW; Minuskühlung > 8 kW; in der Luft stabile Kältemittel nur für Pluskühlung zulässig	z. B. Ausführung: Booster System CO ₂ oder alternativ Pluskühlung R134a und Minuskühlung CO ₂ (Kaskade).
---	---	--

Beispiel 3:

Kälteleistungen: Plusanlage 41 kW Minusanlage 9 kW	Diese Anlagen sind kombinierbar ; Pluskühlung > 40 kW; Minuskühlung > 8 kW; in der Luft stabilen Kältemittel nicht zulässig .	z. B. Ausführung: Booster System CO ₂ oder alternativ transkritische CO ₂ (Kaskade)
--	--	---

2.3.7.4 Industriekälte

In den Anwendungsbereich «Industriekälte» fallen Anlagen, die mehr als 8 aufeinanderfolgende Monate pro Jahr betrieben werden. Diese Anlagen dienen der Vorbereitung, Herstellung oder Aufbewahrung von Produkten, welche an Zwischenhändler verkauft werden, oder der Erbringung von Dienstleistungen. Beispiele dafür sind Kälteanlagen in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben (wie Druckereien, Spritzguss- und Werkzeugmaschinen, Server- und Rechenzentren, z. B. in Banken- und Versicherungsbauten).

Das Gefrieren und Lagern von Nahrungsmitteln und andere Prozesse bei Temperaturen unter –20 °C werden als Tiefkühlung bezeichnet. Spezielle Anwendungen, auch ausserhalb des Nahrungsmittelbereichs, mit Temperaturen zwischen 0 °C und –20 °C gelten auch als Tiefküh-

¹⁴ Ziffer 2.1 Absatz 3 Buchstabe b Nummern 2 und 4 Anhang 2.10 ChemRRV
¹⁵ nach Ziffer 2.1 Absatz 3 Buchstabe b Nummer 3 Anhang 2.10 ChemRRV

lung, wenn es sich dabei um einen Gefrierprozess handelt. Trotz einer Kälteerzeugungstemperatur zwischen -5°C und -15°C gelten Latentspeicher, wie zum Beispiel Eisspeichersysteme, nicht als Tiefkühlung, da die Nutzttemperatur üblicherweise über 0°C liegt.

2.3.7.5 Kunsteisbahnen

Kunsteisbahnen sind in Ziffer 2.1 Absatz 3 Buchstabe d Anhang 2.10 ChemRRV separat aufgeführt. Permanente Kunsteisbahnen werden in der Regel mit R717 (NH_3) Systemen betrieben. Unter temporären Kunsteisbahnen werden hier transportable Kunsteisbahnen mit einem Kälte-träger verstanden, welche kein permanent installiertes Kälteverteilssystem aufweisen. Alle permanent oder temporär installierten Kunsteisbahnen gelten als stationäre Anlagen.

2.3.7.6 Anlagen mit mehreren Anwendungen

Wenn eine Anlage mehreren Zwecken dient, ist die Hauptanwendung ausschlaggebend für die Klassierung. Für die Berechnung der Kälteleistung Q_0 gemäss Abschnitt 2.3.4 müssen sämtliche Nutzungen berücksichtigt werden. Die Klassierung und Berechnung der Kälteleistung Q_0 wird nachfolgend illustriert an zwei Varianten zur Kühlung eines Verwaltungsbaus mit integriertem Rechenzentrum, wobei die Erzeugung von Klima- und Industriekälte über dasselbe Kältesystem erfolgt:

Beispiel 1:

300 kW	Nutzkälteleistung für Klimakälte mit max. 8 Monaten Kältemaschinenbetrieb pro Jahr.
150 kW	Nutzkälteleistung für Industriekälte im Ganzjahresbetrieb.
Klassierung	Klimakälte mit max. 600 kW Nutz-kälteleistung, d.h. die Anlage mit 450 kW Nutz-kälteleistung darf mit einem in der Luft stabilen Kältemittel in Verkehr gebracht werden.

Beispiel 2:

200 kW	Nutzkälteleistung für Klimakälte mit max. 8 Monaten Kältemaschinenbetrieb pro Jahr.
250 kW	Nutzkälteleistung für Industriekälte im Ganzjahresbetrieb.
Klassierung	Industriekälte mit max. 400 kW Nutz-kälteleistung, d.h. im vorliegenden Fall ist das Inverkehrbringen der Kälteanlage mit 450 kW Nutz-kälteleistung mit einem in der Luft stabilen Kältemittel verboten. ¹⁶

3 Auswahl des Kältemittels

3.1 Generelle Empfehlung

In Kälteanlagen und Wärmepumpen müssen natürliche Kältemittel oder andere Kältemittel, die umweltverträglich sind, eingesetzt werden, sofern sie dem Stand der Technik entsprechen.

Um den Stand der Technik voranzutreiben wird empfohlen, natürliche Kältemittel auch in Anwendungsbereichen einzusetzen, in denen ihr Einsatz noch nicht ganz dem Stand der Technik entspricht. Dies ist möglich, wenn die Anwendung technisch ausgereift und optimiert ist, wenn im Vergleich zu Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln ein zumutbares Kosten/Umweltnutzen-Verhältnis zu erwarten ist und wenn der Betrieb sicherheitstechnisch durchführbar ist.

3.2 Anforderungen

Ob eine Anlage in einem bestimmten Anwendungsbereich grundsätzlich ohne die Anwendung eines in der Luft stabilen Kältemittels geplant werden sollte, lässt sich nach Massgabe der gewünschten Kälteleistung beurteilen¹⁷ (siehe auch grafische Darstellung, Anhang A2). Im Anschluss soll anhand der Normen SN EN 378-1, -2 und -3¹⁸ bestimmt werden, ob die Anlage nach dem Stand der Technik überhaupt ohne die Anwendung eines in der Luft stabilen Kältemittels die gültigen Sicherheitsanforderungen erfüllen kann. Wäre dies nicht der Fall, müsste für das Inverkehrbringen der Anlage ein Gesuch mit entsprechender Begründung für eine Ausnahmegewilligung beim BAFU gestellt werden (siehe Abschnitt 5).

3.3 Der Begriff «Stand der Technik»

Die Wahl eines Kältemittels entspricht für heute gängige Systeme nur dann dem Stand der Technik, wenn die nachstehenden Bedingungen als Gesamtheit erfüllt sind:

- bessere Umweltverträglichkeit unter Berücksichtigung seines Treibhauspotentials und der Energieeffizienz des Kältesystems im Vergleich zu anderen Kältemitteln;
- technische und betriebliche Machbarkeit erwiesen und erprobt;
- Verfügbarkeit auf dem Markt;
- wirtschaftliche Tragbarkeit gegeben;
- Sicherheit gewährleistet.

Die Berücksichtigung dieser Kriterien verhindert, dass durch den Wechsel von einem System auf ein anderes neben den angestrebten Vorteilen (z. B. für die Umwelt) auch neue Nachteile (z. B. für die Betriebssicherheit) entstehen. Da selten mit einem Kältemittel alle Kriterien maximal erfüllt werden können, sollte für jede Anwendung jene Kombination von Kältemittel, System und Komponenten eingesetzt werden, bei der die genannten Kriterien gesamthaft bestmöglich erfüllt werden.

Der Stand der Technik wird von den Behörden in enger Zusammenarbeit mit den Fachbranchen periodisch überprüft.

3.4 Wo können natürliche Kältemittel eingesetzt werden?

In verschiedenen Bereichen, in denen Systeme mit in der Luft stabilen Kältemitteln bislang noch zulässig sind, könnte auch heute schon auf diese Kältemittel verzichtet werden. Nachstehend sind solche Anwendungsbereiche aufgeführt, in denen bereits natürliche Kältemittel eingesetzt werden können. Das Inverkehrbringen und der Betrieb von Kälteanlagen und Wärmepumpen, welche mit den unten aufgeführten Kältemitteln betrieben werden, wird durch Anhang 2.10 ChemRRV nicht eingeschränkt.

3.4.1 Ammoniak (NH₃) – R-717

R-717 hat sehr gute thermodynamische Eigenschaften und ermöglicht gute Leistungszahlen. Seine Toxizität erfordert jedoch die Beachtung bestimmter Sicherheitsmassnahmen während der Planung und der Ausführung der Anlage. R-717-Kälteanlagen sind vom Konzept her (überflutete Verdampfer mit Flüssigkeitsabscheider statt

¹⁷ gemäss Ziffer 2.1 Absatz 3 Anhang 2.10 ChemRRV

¹⁸ SN EN 378-1:2017, SN EN 378-2:2017 und SN EN 378-3:2017

Trockenexpansionsverdampfer) aufwendiger und kommen deshalb eher für grosse Kälteleistungen in Frage. Für Industrieanlagen sowie grosse Klimaanlage gelten R-717-Kältemaschinen mittlerweile als Stand der Technik. Die neueste Generation kompakter R-717-Kälteanlagen erlaubt bei geeigneter Konstruktionsweise (vollhermetische Bauweise, automatische Leckage-Erkennung mit Warnvorrichtung usw.) mittlerweile einen sicheren Einsatz in allen Aufstellungsbereichen gemäss SN EN 378-1.

3.4.2 Kohlendioxid (CO₂) – R-744

R-744 ist inzwischen das Standard-Kältemittel bei Grossverteilern, in der Industrie und im Gewerbe. R-744-Kälteanlagen werden sowohl im transkritischen Bereich als auch in subkritischer Betriebsweise eingesetzt, in Direktverdampfungssystemen, Kaskaden und im Umpump-Betrieb. Die Ausstattung neuer R-744-Kälteanlagen mit Parallelverdichtern und Ejektoren erlaubt deren effiziente Anwendung bei höheren Aussentemperaturen. Auch Wärmepumpen mit R-744 werden vermehrt auf dem Markt angeboten. Die Effizienz von R-744-Anlagen hängt von deren Anwendung ab. Der hohe Energiegehalt von R-744 ermöglicht die Nutzung der Abwärme hoher Wassertemperaturen und erhöht erheblich die Effizienz der Gesamtanlagen. R-744-Anlagen können in allen Aufstellungsbereichen gemäss der Sicherheitsnorm SN EN 378-1 betrieben werden.

3.4.3 Kohlenwasserstoffe (KW) Isobutan (R600a), Propan (R290) und Propen (R1270)

KW, wie z. B. R-600a, R-290 und R-1270, haben sehr gute thermodynamische Eigenschaften, sind aber brennbar. Sie haben sich für Kühl- und Tiefkühlschränke im Haushalt sehr bewährt. Auch gewerbliche Kompakt-Kühlgeräte werden zunehmend mit KW konzipiert. Bei Ausenaufstellung (ebenerdig oder auf dem Dach) oder mit geeigneter Belüftung können KW bei Wärmepumpen und bei Kompaktkältemaschinen für Kaltwasser oder andere Kälte-träger (z. B. Glykol) mit geringem Risiko eingesetzt werden. Auch mit R-290 betriebene Kaltwassersätze bis zu mehreren 100 kW Kälteleistung etablieren sich zunehmend als Stand der Technik. KW-Anlagen können je nach Füllmenge in allen Aufstellungsbereichen gemäss SN EN 378-1 betrieben werden.

3.5 Wo können teilhalogenierte-Fluor-Olefine (HFO) eingesetzt werden?

Teilhalogenierte-Fluor-Olefine (HFO), wie z. B. R-1234yf und R-1234ze, weisen – im Gegensatz zu den meisten HFKW – eine sehr kurze Halbwertszeit und ein tiefes Treibhauspotential auf. Sie gehören deshalb nicht zu den in der Luft stabilen Kältemitteln. Hingegen kann ihr Abbauprodukt, die Trifluoressigsäure, in Konzentrationen über 0,1 mg/L schädlich für Wasserorganismen sein. Gemäss heutigem Stand der Forschung bleiben die Konzentrationen in Oberflächengewässern basierend auf der vorhersehbaren Einsatzmenge jedoch weit unterhalb der toxikologischen Schwellenwerte.¹⁹ Ihre Verwendung in Anlagen und Geräten wird durch die ChemRRV daher nicht eingeschränkt.

HFO haben gute thermodynamische Eigenschaften, sind aber mässig brennbar. Sie können in der Industriekälte, Klimakälte und in Wärmepumpen (R-1234ze) sowie in Autoklimaanlagen (R-1234yf) zum Einsatz kommen. HFO-Anlagen können in allen Aufstellungsbereichen gemäss SN EN 378-1 betrieben werden.

3.6 Sicherheitsvorschriften für die Anwendung von Kältemitteln

Neben den Normen SN-EN 378-1, -2, -3 und -4 der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV) bestehen Sicherheitsvorschriften für die Anwendung von Kältemitteln insbesondere in der Störfallverordnung (StfV, SR 814.012) und der Druckgeräteverordnung (DGV, SR 930.114) sowie in bestimmten Richtlinien der SUVA und der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS).

¹⁹ Russel et al. (2012) TFA from HFO-1234yf: Accumulation and Aquatic Risk in Terminal Water Bodies. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 31, No. 9, pp. 1957–1965; Henne et al. (2012) Future Emissions and Atmospheric Fate of HFC-1234yf from Mobile Air Conditioners in Europe. *Environmental Science and Technology*, Vol. 46, pp. 1650–1658.

3.7 Beschreibung der Kreisläufe

Die Kältekreislaufotypen sind in Anhang A3 dargestellt (Direktverdampfung, Kälteträger, Direktverflüssigung, Wärmeträger, Kaskaden-Kälteanlagen mit 2 Kreisläufen für tiefe Temperaturen, kombinierte Kreisläufe für die Gewerbekälte, Booster). Auch werden die Begriffe Kälteanlage, -maschine und -kreislauf illustriert (Anhang A3-6 und A3-7).

4 Verminderung der Umweltbelastung

4.1 Allgemeines

In den Fällen, in denen der Einsatz von in der Luft stabilen Kältemitteln gemäss heutigem Stand der Technik unumgänglich ist, sollen die Auswirkungen auf das Klima minimiert werden. Die wichtigsten Massnahmen sind:

- Kältemittel mit hohem Treibhauspotential möglichst vermeiden;
- Kältemittel-Füllmengen durch die Installation von Zwischenkreisläufen niedrig halten;
- das Risiko von Kältemittelleckagen durch verschiedene bauliche und Überwachungsmassnahmen minimieren.

Die Optimierung des Energieverbrauches trägt wesentlich zur Verminderung der Umweltbelastung einer Kälteanlage bei.

4.2 Auswahl von Kältemitteln mit geringer Auswirkung auf das Klima

Dürfen Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln in Verkehr gebracht werden, sollte das Kältemittel mit der geringsten Auswirkung auf das Klima eingesetzt werden. Die Klimawirkung eines Kältemittels innerhalb eines Kältesystems ist abhängig sowohl vom Treibhauspotential des Kältemittels als auch von der Energieeffizienz des Systems. Diese Klimawirkung wird gemäss SN EN 378-1 2017 über den TEWI (Total Equivalent Warming Impact) bestimmt.²⁰ Er umfasst sowohl die direkten als auch die indirekten Treibhausgasemissionen über die gesamte Lebensdauer der Anlage, also die Emissionen durch Kältemittelverluste der Anlage, unvermeidbare Verluste beim Kältemittel-Recycling sowie durch die Erzeugung des elektrischen Stroms zum Antrieb der Kältemaschinen. Der TEWI wird in Tonnen CO₂-Äquivalente ausgedrückt.

4.3 Verringerung der Kältemittelmenge (Kälte- und Wärmeträgerkreisläufe)

Bei Anlagen mit grösseren Kältemittelmengen kann das Risiko von Emissionen durch die Installation von Zwischenkreisläufen (Sekundärkreisläufen), welche es erlauben, die Kältemittelfüllmenge signifikant zu reduzieren, vermindert werden.

4.3.1 Kälte-trägerkreislauf

Der Einsatz von Direktverdampfersystemen ist verboten für Anlagen zur Luftkühlung (Pluskühlung, d.h. alle Anwendungen mit Ausnahme von Minus- und Tiefkühlung) mit in der Luft stabilen Kältemitteln, die mindestens drei Luftkühler sowie eine Kälteleistung von mehr als 80 kW aufweisen.²¹ Solche Anlagen müssen mit einem Kälte-trägerkreislauf ausgestattet sein.

4.3.2 Wärmeträgerkreislauf

Der Einsatz von luftgekühlten Verflüssigern ist verboten in Anlagen, welche ein Kältemittel mit einem Treibhauspotential grösser als 4000 enthalten.²² Solche Anlagen müssen mit einem Wärmeträgerkreislauf ausgestattet sein.

Für die weiteren in der Luft stabilen Kältemittel ist der Einsatz von luftgekühlten Verflüssigern nur für Anlagen mit einer Kälteleistung von über 100 kW verboten, aber nur wenn bestimmte Verhältnisse der Kältemittelmenge zur Kälteleistung überschritten werden. Für diese Verhältnisse wurden in Anhang 2.10 ChemRRV²³ Grenzwerte für zwei Treibhauspotential-(GWP-)Bereiche und drei verschiedene Anlage-Auslegungen festgesetzt, die der SIA 382/1 und den Empfehlungen der «Kampagne effiziente Kälte» des BFE entsprechen. Die Grenzwerte sind in Tab. 2 zusammengefasst.

²¹ gemäss Ziffer 2.3 Absatz 1 Anhang 2.10 ChemRRV

²² gemäss Ziffer 2.3 Absatz 2 Buchstabe a Anhang 2.10 ChemRRV

²³ Ziffer 2.3 Absatz 2 Buchstaben b-d Anhang 2.10 ChemRRV

Tab. 2

«Kältemittelmenge (kg)/Kälteleistung (kW)» Grenzwerte über welchen der Einsatz von luftgekühlten Verflüssigern in Anlagen mit einer Kälteleistung > 100 kW verboten ist.

GWP-Bereiche Anlagen- auslegungen	GWP Kältemittel ≤ 1900	GWP Kältemittel > 1900
ohne Abwärmenutzung	> 0,4 kg /kW	> 0,18 kg /kW
mit Abwärmenutzung	> 0,48 kg /kW	> 0,22 kg /kW
die gleichzeitig heizen und kühlen und ≥ 2 Luft- wärmetauscher haben	gleiche Grenzwerte wie oben	> 0,37 kg /kW

4.4 Konstruktive Massnahmen

Folgende konstruktive Massnahmen nach dem Stand der Technik verringern die Kältemittlemissionen. Das Treffen dieser Massnahmen ist im Fall eines Ausnahmegesuchs Voraussetzung für die Erteilung einer Bewilligung.²⁴

4.4.1 Hermetisierung des Kältekreislaufes

- Einsatz von voll- und halbhermetischen Verdichtern;
- Absperrventile nur mit Schutzkappen;
- Mess- und Serviceanschlüsse wie Schraderventile nur mit Kupferhut und Bördelmutter;
- pneumatische Regelventile immer mit Faltenbalg;
- gelötete oder geschweisste Rohrleitungen;
- gelötete Anschlüsse von Magnet-, Absperr- und Expansionsventilen, Filter-Trocknern, Filtern, Schaugläsern, etc.;
- lösbare Verbindungen ausschliesslich geflanscht, d.h. keine Bördelverbindungen (Verschraubungen nur in Ausnahmefällen und wenn möglich mit Lötadapter, z.B. für Manometer, Schalt- und Regelgeräte, Filter-Trockner und Split-Klimasysteme bis 5/8").

4.4.2 Einsatz von korrosionsbeständigen Werkstoffen zur Verhinderung von Kältemittelleckagen

Speziell bei kalten Oberflächen kann durch Schwitzwasser (Kondenswasser) in Verbindung mit aggressiver Umgebung ein erhöhtes Korrosionsrisiko bestehen.

4.4.3 Technische Überwachung

Bei Anlagen ab 25 kg Kältemittelfüllung pro Kreislauf bedarf es zur Früherkennung von Leckagen einer technischen Überwachung der Umgebungsluft mit automatischer Alarmvorrichtung. Überwacht wird zumindest der Maschinenraum und bei Aussenaufstellung oder Aufstellung auf dem Dach die Innenluft des Anlagengehäuses. Auf eine technische Überwachung der luftgekühlten Verflüssiger kann verzichtet werden. Für die Sicherheit von Personen macht die SN EN 378-3 zusätzliche Vorgaben.

Speziell die Dichtheit der Sicherheitsventile sollte überwacht werden. Bei grösseren Kältemittelgehalten empfiehlt sich der Einsatz von Berstscheiben oder zumindest der Einbau von Ölfallen (siehe SN EN 378-2).

²⁴ gemäss Ziffer 2.2 Absatz 5 Buchstabe c Anhang 2.10 ChemRRV, siehe auch Kapitel 5.

5 Hinweise zu Ausnahmegewilligungen und zu den Gesuchsformularen

5.1 Ausnahmegewilligungen

In bestimmten Fällen können das Erstellen und der Betrieb einer Kälteanlage mit einem in der Luft nicht stabilen Kältemittel (NH₃, CO₂, KW, HFO) aus sicherheitstechnischen Gründen ausscheiden oder unverhältnismässige Kosten für zusätzliche Sicherheitsmassnahmen verursachen. Deshalb kann das BAFU gestützt auf Ziffer 2.2 Absatz 5 Anhang 2.10 ChemRRV und auf begründetes Gesuch Ausnahmegewilligungen zum Verbot des Inverkehrbringens von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln gewähren, wenn:

- nach dem Stand der Technik die Normen SN EN 378-1:2017, SN EN 378-2:2017 und SN EN 378-3:2017 nicht eingehalten werden können ohne die Anwendung eines in der Luft stabilen Kältemittels;
- nach dem Stand der Technik die in der Luft stabilen Kältemittel mit der geringsten Auswirkung auf das Klima zur Verwendung vorgesehen wurden; und
- die nach dem Stand der Technik verfügbaren Massnahmen zur Vermeidung von Emissionen der Kältemittel getroffen worden sind.

5.1.1 Antragsberechtigung

Die Verbote nach Ziffer 2.1 Absatz 3 Anhang 2.10 ChemRRV beziehen sich auf das Inverkehrbringen (zu diesem Begriff siehe Abschnitt 2.3.5) bestimmter Anlagen. Antragsberechtigt für Ausnahmegewilligung sind demnach ausschliesslich die Personen, die solche Anlagen in Verkehr bringen, also nicht die Besteller, Abnehmer oder Nutzer der Anlage.

5.1.2 Gesuchsformular

Für das Inverkehrbringen einer temporären oder einer permanenten Kälteanlage steht jeweils ein gesonderter Gesuchsformular zur Verfügung. Die Gesuchsformulare sind abrufbar unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/fachinformationen/chemikalien--bestimmungen-und-verfahren/kaeltemittel.html>.

5.1.2.1 Permanente Anlagen

Die Beurteilung eines Gesuchs beginnt erst, wenn die eingereichte Dokumentation mit dem detaillierten Gesuchsformular vollständig ist. Wirft das Gesuch keine speziellen Fragen auf, entscheidet das BAFU innert einer Frist von 8 Wochen.

Im Folgenden sind Hinweise und Erklärungen zum Gesuchsformular (**GF**) aufgeführt.

Zu GF, Punkt 1) Standort der Anlage

Die im Formular nachgefragten Informationen, inklusive der Angabe der EGID-Nummer des Gebäudes, des Namens der die Anlage betreibenden Firma und gegebenenfalls der Hausnummer, sind unverzichtbar für die Beurteilung des Gesuchs.

zu GF, Punkt 2) Gesuchsteller/in

Als Gesuchsteller/in kommt jede Person in Betracht, welche die betreffende Anlage in Verkehr bringen will. Siehe hierzu Abschnitt 5.1.1 (Antragsberechtigung).

zu GF, Punkt 5.1) Aufstellung der Anlage

Bei einem Umbau wird der Kälte erzeugende Teil einer bestehenden Anlage umgebaut, um diesen z. B. auf den neuesten Stand der Technik zu bringen oder ihn anders zu nutzen. «Umbau» umfasst grundsätzlich auch die Erweiterung einer bestehenden Anlage (vgl. Abschnitt 2.3.6).

Für den Fall eines Umbaus oder einer Erweiterung gibt Abschnitt 4.3 dieser Vollzugshilfe Auskunft, ob ein Kälte- oder Wärmeträger erforderlich ist. Weder ein etappenweiser Ausbau noch eine dezentrale Kälteversorgung rechtfertigt eine Abweichung von den Anforderungen nach Ziffern 2.1 und 2.3 Anhang 2.10 ChemRRV.

Ein Plan des Maschinenraumes sowie der durch die Anlage betroffenen Gebäudeteile sind dem Gesuch beizufügen.

zu GF, Punkte 5.2) und 6.2) Technische Daten der Anlage

Die in der Tabelle unter Punkt 5.2 nachgefragte Information richtet sich nicht auf die Anlage, für die das Gesuch gestellt wird, sondern auf eine Referenzanlage, die ohne in der Luft stabiles Kältemittel (NH₃, CO₂, HFO, KW) betrieben würde.

Die in der Tabelle unter Punkt 6.2 nachgefragte Information hingegen richtet sich auf die Anlage mit in der Luft stabilem Kältemittel, für die das Gesuch gestellt wird.

Ein Schema der gesamten Anlage sowie jedes bestehenden und neuen Anlageteils muss dem Gesuch beigefügt werden.

Anlageteil

Eine Anlage kann aus einer oder mehreren Kältemaschinen oder Kältemittel-Kreisläufen bestehen (siehe Abschnitt 2.3.2 sowie Ziffer 1 Absatz 4 Anhang 2.10 ChemRRV). Als Kältemaschinen werden kompakt gebaute Kältemittel-Kreisläufe bezeichnet.

Die in der Tabelle nachgefragte Information betrifft jeden Kältekreislauf und jede Kältemaschine, welche Teil der Anlage ist, einschliesslich der bestehenden Teile im Fall einer Anlagenerweiterung, sowie die Anlage als Gesamtes.

Anwendung

Die verschiedenen Anwendungskategorien richten sich nach der «Klassifizierung der stationären Kälteanlagen» (siehe Abschnitt 2.3.7).

Kältemittel

Anzugeben ist die Kältemittelmenge der gesamten Anlage. Im Falle der Erweiterung einer Anlage genügt die Angabe der Differenz zwischen der bisherigen und der zukünftigen Kältemittelmenge nicht.

Kälteleistung Q₀

Bei der Kälteleistung Q₀ handelt es sich um die Nutzkälteleistung der Anlage (siehe Abschnitt 2.3.4).

Zu GF, Punkt 5.3) Besondere Massnahmen zur Einhaltung der Sicherheitsanforderungen

Zusätzliche Massnahmen, welche nicht zur Erfüllung der spezifischen Sicherheitsanforderungen²⁵ zur Anwendung von in der Luft nicht stabilen Kältemitteln notwendig sind, werden bei der Beurteilung des Gesuches nicht berücksichtigt.

Zu GF, Punkt 6.1) Begründung für die Verwendung in der Luft stabiler Kältemittel

Die Begründung muss technischer, rechtlicher oder normativer Natur sein. Die Präferenzen des Bauherrn oder eines anderen Beteiligten sind nicht relevant für die Beurteilung der Bewilligungsvoraussetzung gemäss Ziffer 2.2 Absatz 5 Buchstabe a Anhang 2.10 ChemRRV.

5.1.2.2 Temporäre Anlagen

Für temporäre Kälteanlagen (siehe Abschnitt 2.3.2) besteht ein vereinfachtes Verfahren; im entsprechenden Gesuchsformular werden weniger Angaben benötigt. Wenn in dringenden Fällen die Kälteversorgung nicht unterbrochen werden darf, vor allem für kommerzielle oder industrielle Anwendungen, besteht die Möglichkeit, das Gesuch um eine Ausnahmegewilligung auch noch unmittelbar nach der Inbetriebnahme einer temporären Anlage einzureichen.

5.1.3 Grundlagen für die Beurteilung eines Gesuchs zur Ausnahmegewilligung

Ob die Anforderungen der Normen SN EN 378-1:2017, SN EN 378-2:2017 und SN EN 378-3:2017 bei einer bestimmten Anlage nach dem Stand der Technik eingehalten werden können, beurteilt sich nach der technischen Machbarkeit und danach, ob ein zumutbares Kosten/Nutzen-Verhältnis besteht. Die Kosten beziehen sich dabei auf die verifizierten Mehrkosten für zusätzliche Sicherheitsmassnahmen einer Anlage ohne die Anwendung eines in der Luft stabilen Kältemittels (= Referenzanlage); der Nutzen bezieht sich auf die durch die Referenzanlage vermiedenen Umweltkosten im Vergleich zur Anlage, die mit einem in der Luft stabilen Kältemittel betrieben wird und auf die sich das Gesuch richtet.

²⁵ siehe Ziffer 2.2 Absatz 5 Buchstabe a Anhang 2.10 ChemRRV

Die Berechnung des Umweltnutzens erfolgt über die Differenz zwischen dem TEWI²⁶ der Referenzanlage und dem höheren TEWI der Anlage, für welche das Gesuch gestellt wird. Diese Differenz wird durch Multiplikation mit der CO₂-Abgabe monetarisiert.

Wenn das Verhältnis von Sicherheitskosten zu Umweltnutzen signifikant grösser ist als Eins, ist die Bewilligungsvoraussetzung gemäss Ziffer 2.2 Absatz 5 Buchstabe a Anhang 2.10 ChemRRV erfüllt.

Erfahrungsgemäss werden die Ausnahmegewilligungsvoraussetzungen bei Neubauten selten erfüllt, hingegen wohl öfter beim Ersatz oder Umbau von Anlagen in bestehenden Gebäuden, besonders wenn sich der Maschinenraum im Untergeschoss befindet.

5.1.4 Gültigkeit einer Ausnahmegewilligung zum Verbot des Inverkehrbringens

Eine allfällige Ausnahmegewilligung bezieht sich wegen der beachtlichen sicherheitstechnischen Kriterien immer nur auf einen konkreten Standort. Bei einem etwaigen Standortwechsel der Anlage bedürfte es daher eines neuen Gesuchs und einer neuen Ausnahmegewilligung. Ändert sich nur der Eigentümer der Anlage, nicht aber deren Standort, bedarf es keines neuen Gesuchs.

²⁶ siehe Abschnitt 4.2

Anhänge

Inhaltsverzeichnis

- A1 Übersicht über die wichtigsten Kältemittel
- A2 Graphische Zusammenfassung der Regelung der in der Luft stabilen Kältemittel in stationären Anlagen
- A3 Kältekreisläufe

A1 Übersicht über die wichtigsten Kältemittel

Liste nicht abschliessend

Rechtlicher Status der Kältemittel gemäss Anhang 2.10 ChemRRV	Kategorie		Kältemittel (Beispiele)	GWP ¹	Sicherheitsgruppe ²	Bemerkungen
Ozonschicht-abbauende, verbotene Kältemittel	FCKW (chlorhaltig, perhalogeniert)		R11	4750	A1	Verbot für Neuanlagen, Weiterverkauf, Erweiterungen und Umbauten. Bestehende Anlagen dürfen weiter betrieben, aber nicht mehr nachgefüllt werden. Für bestehende Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
			R12	10900	A1	
			R502 (Gemisch)	4657	A1	
			R13B1	7140	A1	
	HFCKW (chlorhaltig, teilweise halogeniert)	Einstoff-Kältemittel	R22	1810	A1	
			Gemische (Blends), überwiegend R22-haltig	R401A (MP39)	1182	
R402A (HP80)	2788	A1				
R402B (HP81)	2416	A1				
R408A (FX-10)	3152	A1				
R409A (FX-56)	1585	A1				
In der Luft stabile Kältemittel, begrenzt anwendbar in neuen Anlagen und Geräten	FKW / HFCKW (chlorfrei)	Einstoff-Kältemittel	R23	14800	A1	Neuerstellungen, Erweiterungen und Umbauten von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln über bestimmten Kälteleistungen sind seit 1.12.2013 verboten. Voraussetzung für eine Ausnahmegewilligung: nach dem Stand der Technik sind die Sicherheitsanforderungen gemäss SN EN 378-1, -2 und -3 ohne in der Luft stabile Kältemittel nicht erfüllbar. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
			R32	675	A2L ⁴	
			R134a	1430	A1	
			R125	3500	A1	
			R143a	4470	A2L ⁴	
		Gemische (Blends)	R404A	3920	A1	
			R407C	1770	A1	
			R407F	1825	A1	
			R410A	2090	A1	
			R413A	2050	A2	
			R417A	2350	A1	
			R422A	3140	A1	
			R422D	2730	A1	
R437A	1685	A1				
R507A	3980	A1				
Gemische mit HFO (Blends)	R448A	1386	A1			
	R449A	1397	A1			
	R450A	601	A1			
	R513A	631	A1			
Zulässige Kältemittel unter Vorbehalt der Einhaltung der Sicherheitsanforderungen	Natürliche Kältemittel	Einstoff-Kältemittel	R170 (Ethan)	6	A3	Natürliche Kältemittel sind für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten anzustreben. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.
			R290 (Propan)	3	A3	
			R717 (NH ₃)	0	B2L ⁴	
			R718 (H ₂ O)	0	A1	
			R744 (CO ₂)	1	A1	
			R600a (Isobutan)	3	A3	
			R1270 (Propen)	2	A3	
		Gemische (Blends)	R290/R600a	3	A3	
			R290/R170	3	A3	
			R723 (DME/NH ₃)	8	- ³	
HFO (teihalogenierte Fluor-Olefine)		R1234yf	4	A2L ⁴	Zulässige Kältemittel. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.	
		R1234ze	7	A2L ⁴		

1 Treibhauspotential (GWP) über einen Zeithorizont von 100 Jahren, Zahlenwerte (ausser natürliche Kältemittel und HFO) aus IPCC IV (2007), www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm; GWP-Werte für Gemische: gemäss den jeweiligen Massenanteilen der Reinstoffe gewichtete Summe der GWP-Werte der Bestandteile.

2 Sicherheitsgruppe gemäss SN EN 378-1:2017

3 R723 ist in der SN EN 378-1:2017 nicht erfasst; siehe Angaben des Herstellers.

4 Neue Sicherheitsgruppe nach SN EN 378-1:2017

A2 Graphische Zusammenfassung der Regelung von in der Luft stabilen Kältemitteln in stationären Anlagen

Verwendete Abkürzungen:

GWP: Global Warming Potential (Treibhauspotential)

LK: Anzahl Luftkühler

Q₀: Kälteleistung, bezogen auf die ganze Anlage einer Anwendung und bei Temperaturdifferenzen gemäss Leitfaden der «Kampagne effiziente Kälte» des BFE (www.suisseenergie.ch/pub/p6478/de-ch).

VE: Anzahl Verdampfeinheiten

AWN: Abwärmenutzung

GWP Werte (in der Tabelle links) werden nachstehend nur erwähnt, wenn sie für die Bestimmungen der ChemRRV relevant sind. Die angegebenen GWP Bereiche werden mit Beispielen für Kältemittel (in der Tabelle rechts) illustriert.

in der Luft stabile Kältemittel in:

Komfort Klimakälteanlagen Funktion max. 8 Monate/Jahr] und Wärmepumpen

				Beispiel- kältemittel
GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,4kg/kW oder > 0,48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R134a, R407C
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,18 kg/kW oder > 0,22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R410A, R427A
	Q ₀ ≤ 100 kW	100 kW < Q ₀ ≤ 600 kW	Q ₀ > 600 kW	

Klimakälteanlagen (Industrie)

GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,4kg/kW oder > 0,48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R134a, R407C
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,18 kg/kW oder > 0,22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R410A, R427A
	Q ₀ ≤ 100 kW	100 kW < Q ₀ ≤ 400 kW	Q ₀ > 400 kW	

Polyvalente Systeme [Heizen und Kühlen gleichzeitig] mit ≥ 2 Luftwärmetauschern

GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,37 kg/kW	nicht zulässig*	R410A
	Q ₀ ≤ 100 kW	100 kW < Q ₀ ≤ 600 kW	Q ₀ > 600 kW	

Klima Systeme VRV-VRF (Heizen-Kühlen)

zulässig	nicht zulässig*
Q ₀ ≤ 80 kW und VE ≤ 40	Q ₀ > 80 kW oder VE > 40

Gewerbekälteanlagen

Pluskühlung	
GWP < 2500	zulässig nicht zulässig*
GWP > 2500	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 40 \text{ kW}$	$Q_0 > 40 \text{ kW}$
Minuskühlung	
zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 30 \text{ kW}$	$Q_0 > 30 \text{ kW}$
Minuskühlung wenn mit Pluskühlung kombinierbar	
zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 8 \text{ kW}$	$Q_0 > 8 \text{ kW}$

Industriekälteanlagen (inkl. Klimakälte)

Pluskühlung, Eiswasserkühlung, Kälteträger, Kaltwasserkühlung			
GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,4 kg/kW oder > 0,48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0,18 kg/kW oder > 0,22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$		$100 \text{ kW} < Q_0 \leq 400 \text{ kW}$	$Q_0 > 400 \text{ kW}$
Tiefkühlung, Froster			
zulässig	nicht zulässig*		
$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$Q_0 > 100 \text{ kW}$		

Alle Anwendungen (Klimakälte-Gewerbekälte-Industriekälte)

Luftgekühlt	
GWP > 4000	Luftgekühlte Verflüssiger nicht zulässig
	$Q_0 > 0 \text{ kW}$
Direkte Verdampfung	
zulässig	Direkte Verdampfung nicht zulässig, Kälteträgerkreislauf erforderlich
$Q_0 \leq 80 \text{ kW}$ oder LK < 3	$Q_0 > 80 \text{ kW}$ und LK ≥ 3
In der Luft nicht stabile Kältemittel	
In der Luft nicht stabile Kältemittel zulässig unter Beachtung von SN-EN378 und Störfallverordnung	
	$Q_0 > 0 \text{ kW}$

* Ausnahmegewilligung durch das BAFU erforderlich, wenn die geltenden Normen SN EN 378-1, -2 und -3 nicht ohne in der Luft stabile Kältemittel eingehalten werden können.

A3 Kältekreisläufe

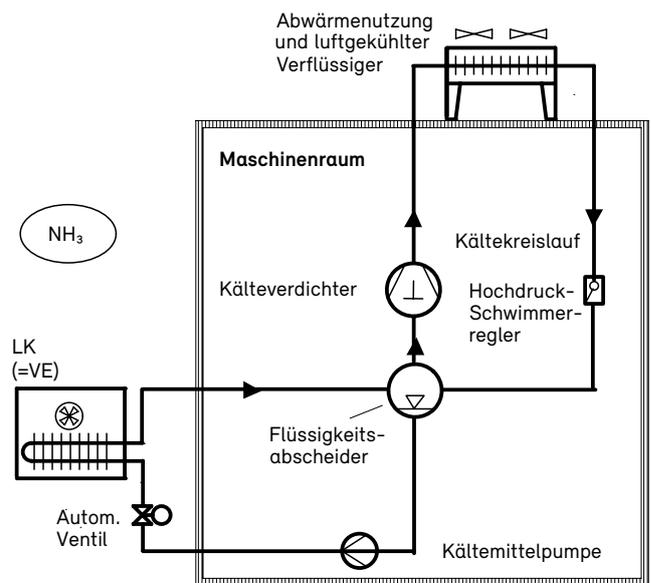
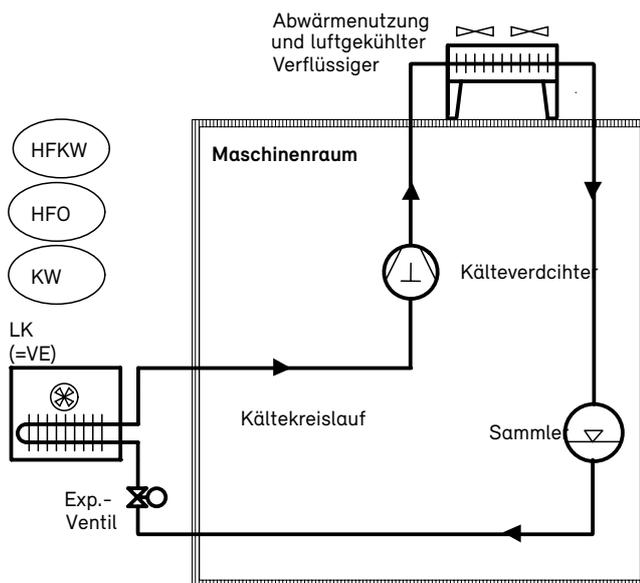
Legende:

HFKW Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
NH₃ Ammoniak
CO₂ Kohlendioxid
HFO Teilhalogenierte Fluorelefine
KW Kohlenwasserstoffe

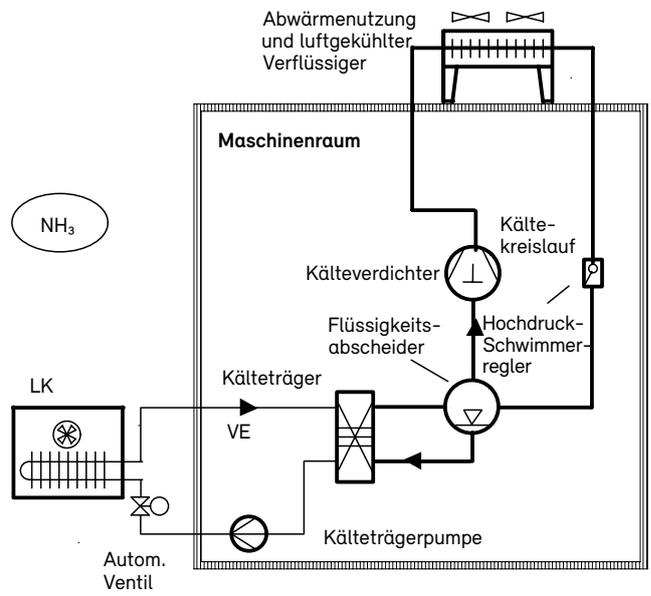
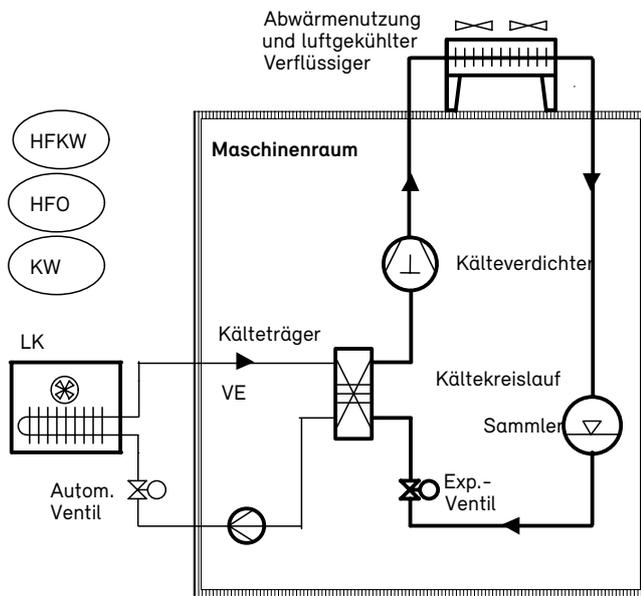
LK Luftkühler
VE Verdampfereinheit
DX Direktverdampfung

A3-1 Einfache Kreisläufe

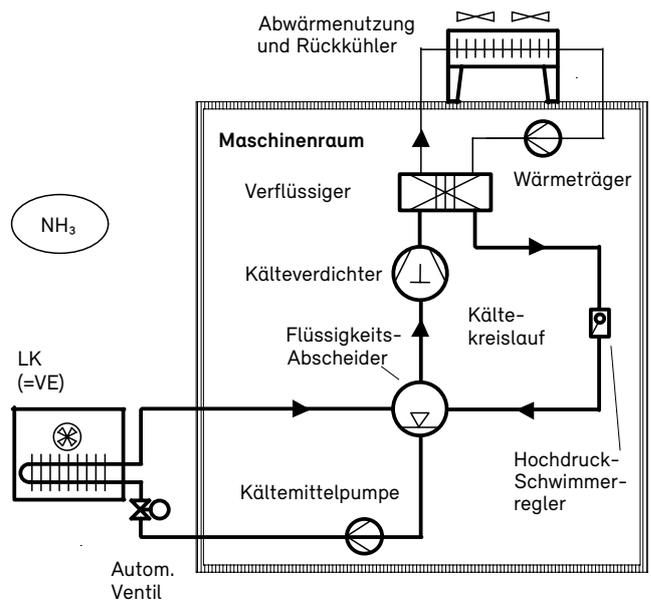
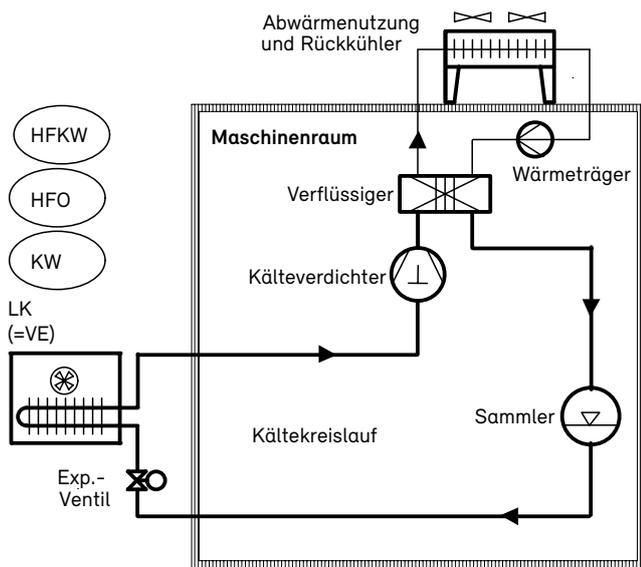
Direktverflüssigung/Direktverdampfung



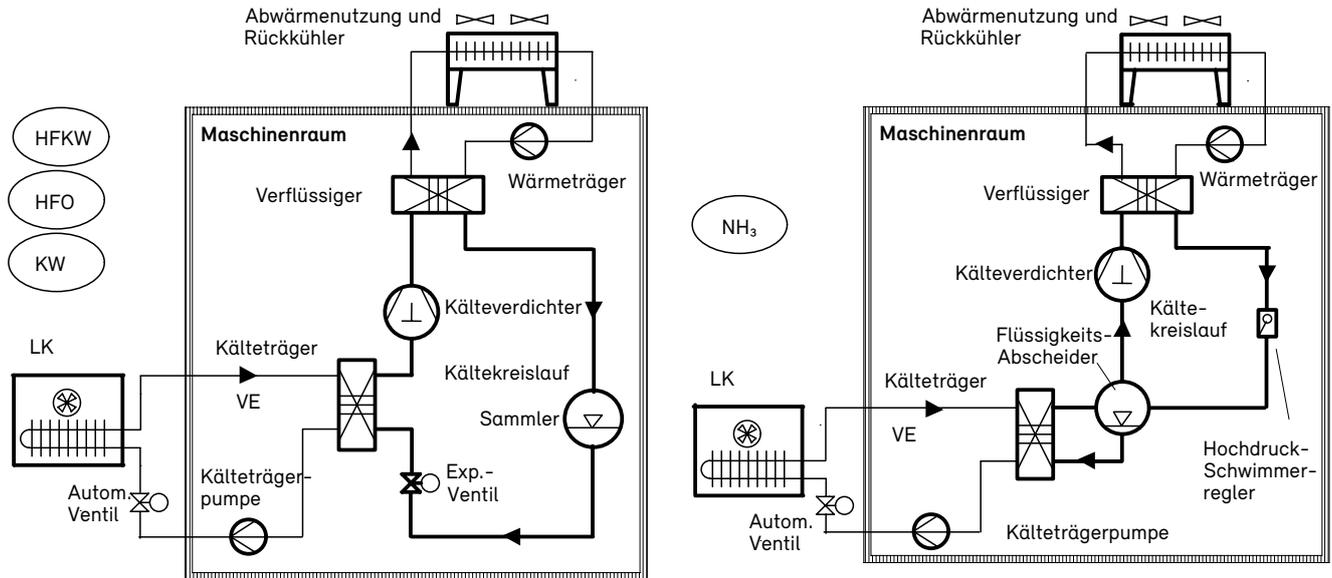
Direktverflüssigung/Kälteträger



Wärmeträger/Direktverdampfung

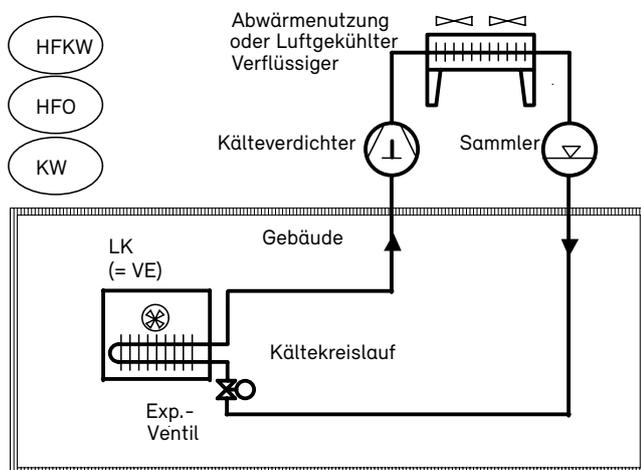


Wärmeträger/Kälte­träger



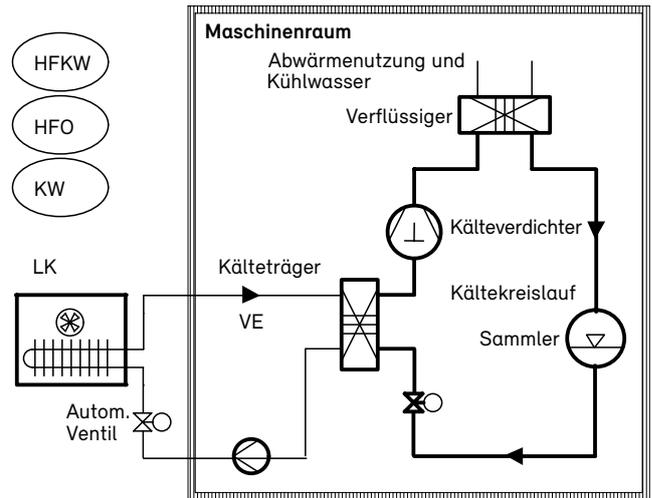
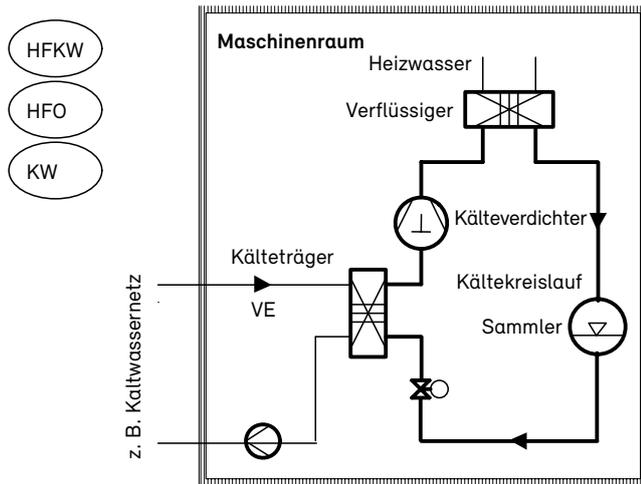
Beispiele für Varianten

**Aussenaufgestellte Kältemaschine:
Direktverflüssigung/Direktverdampfung**



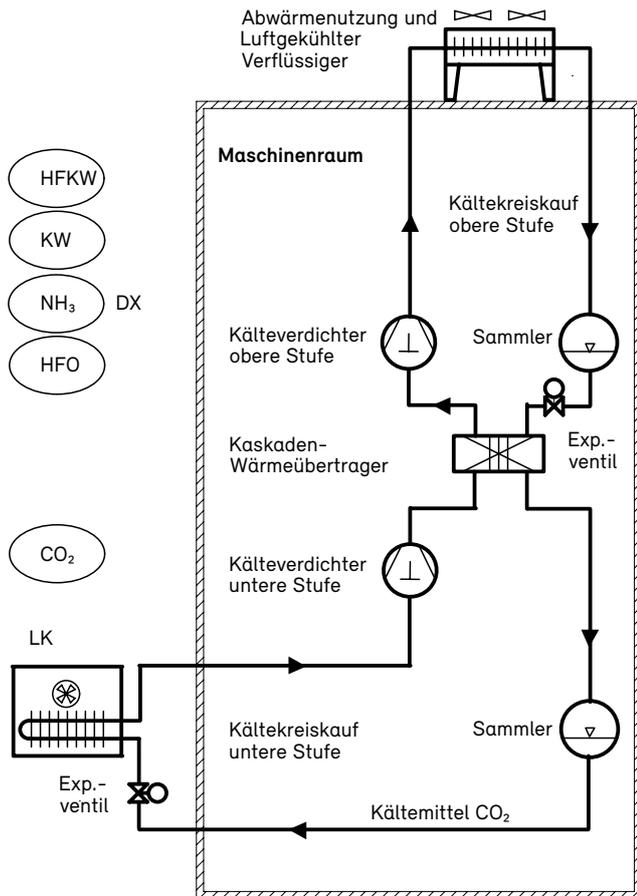
**Heizungs- oder Warmwasser-Wärmepumpe:
Direktverflüssigung/Kälteträger**

**Kältesatz mit angebautem wassergekühltem Verflüssiger:
Direktverflüssigung/Kälteträger**

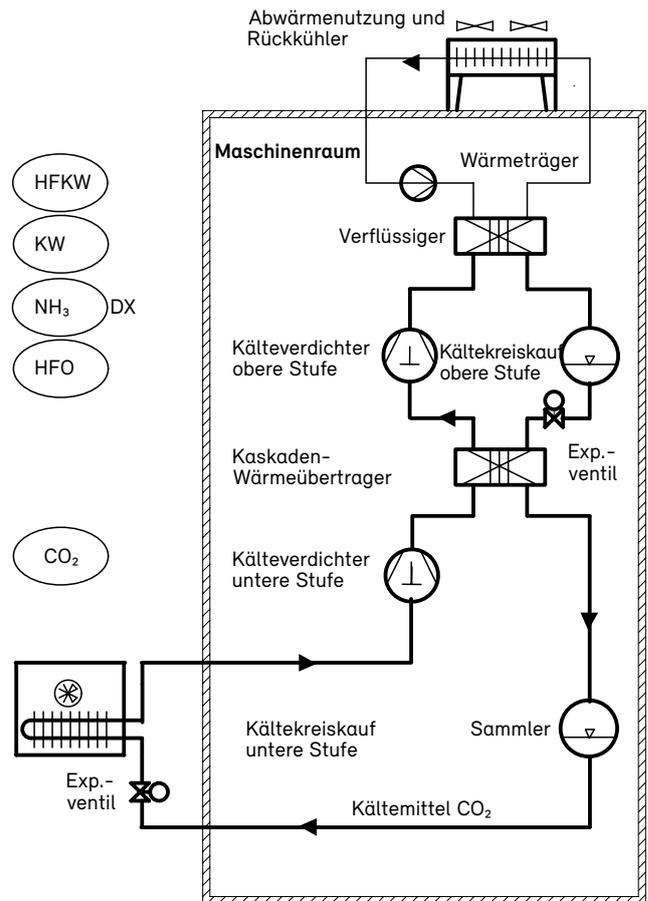


A3-2 CO₂ Kaskaden

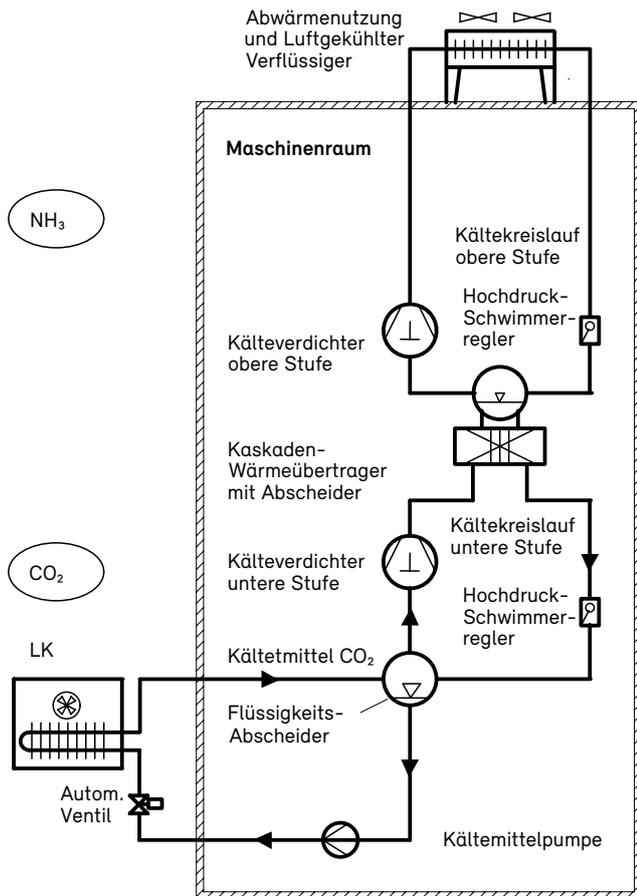
Direktverflüssigung/Direktverdampfung CO₂



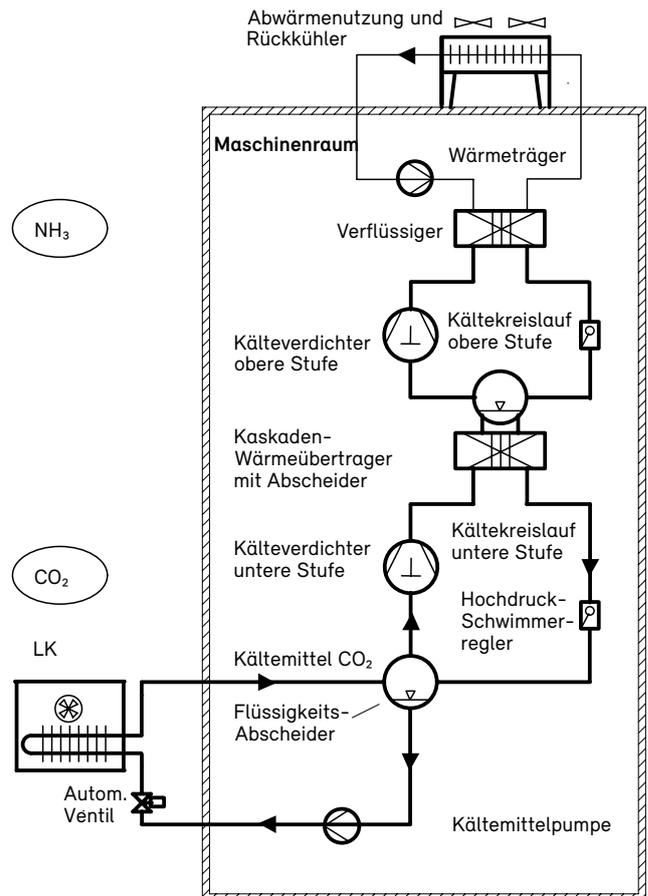
Wärmeträger/Direktverdampfung CO₂



Direktverflüssigung/Direktverdampfung CO₂

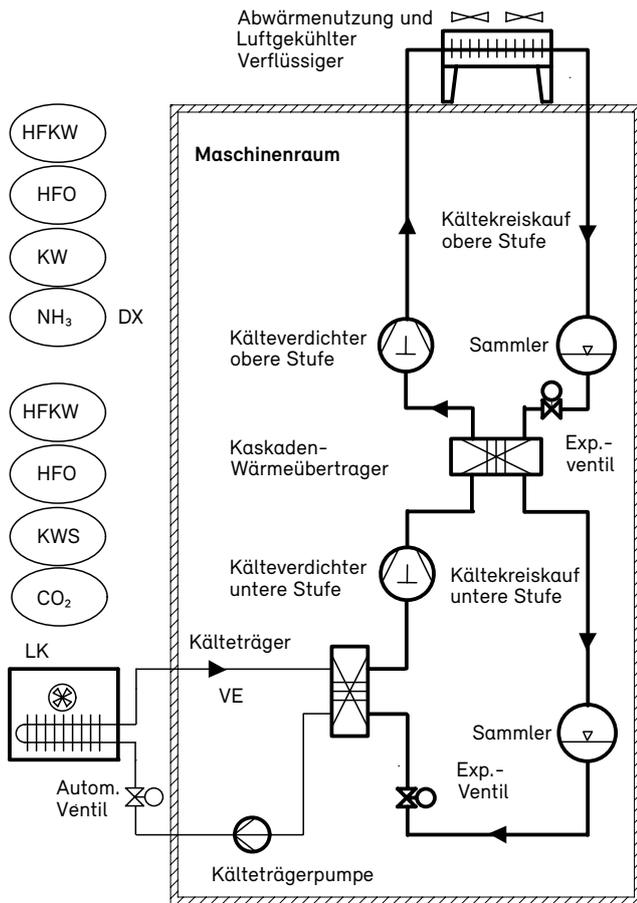


Wärmeträger/Direktverdampfung CO₂

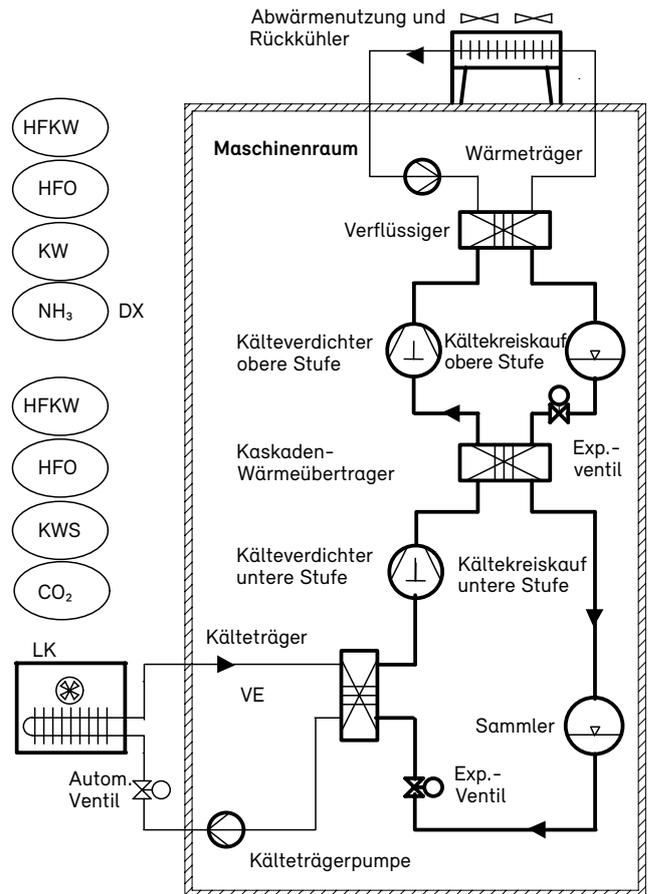


A3-3 Allgemeine Kaskaden

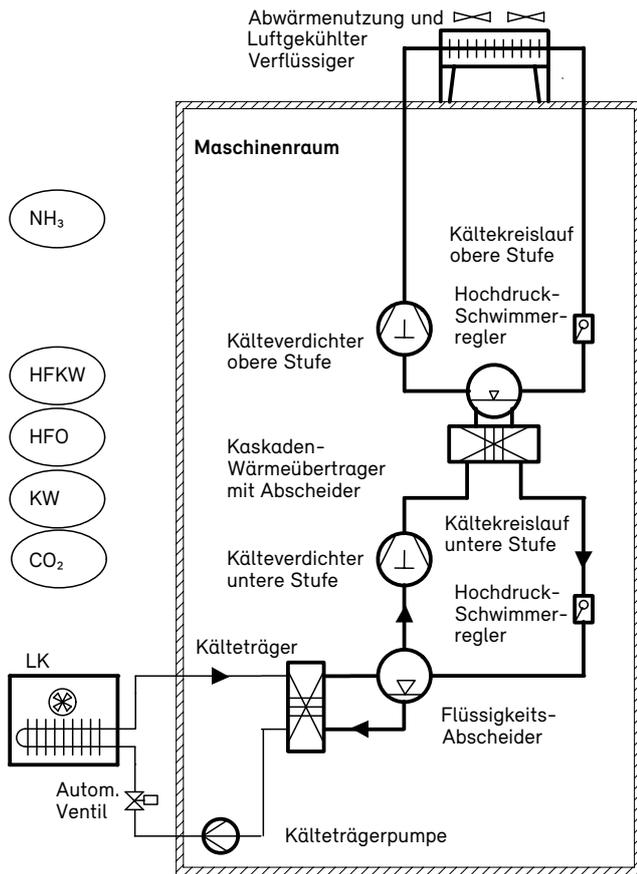
Direktverflüssigung/Kälteträger



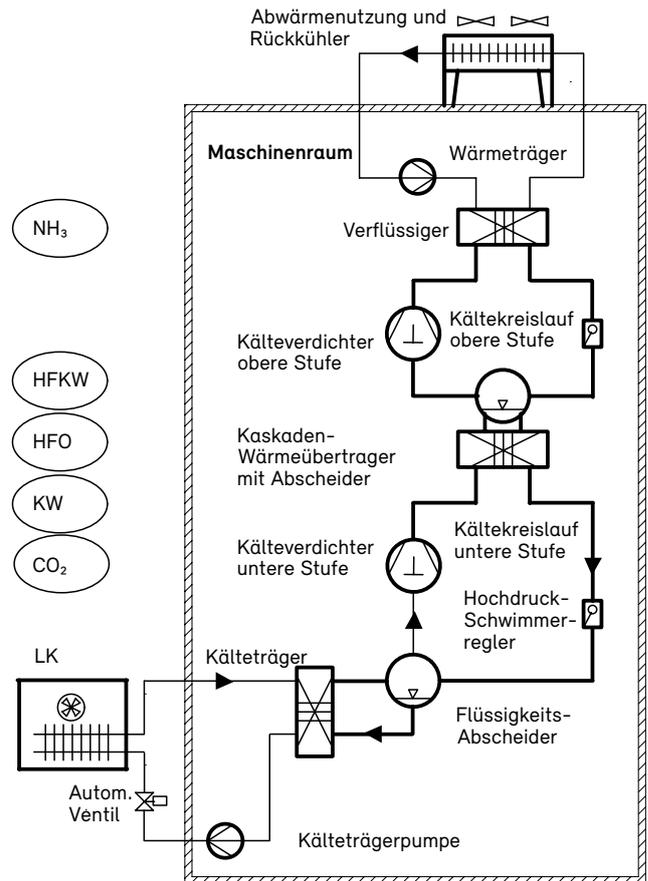
Wärmeträger/Kälteträger



Direktverflüssigung/Kälteträger

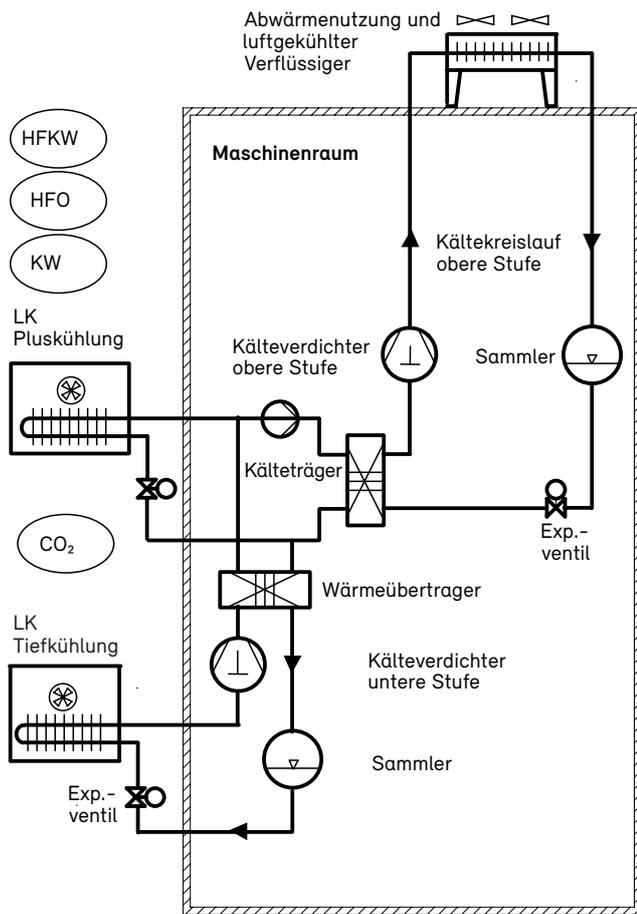


Wärmeträger/Kälteträger

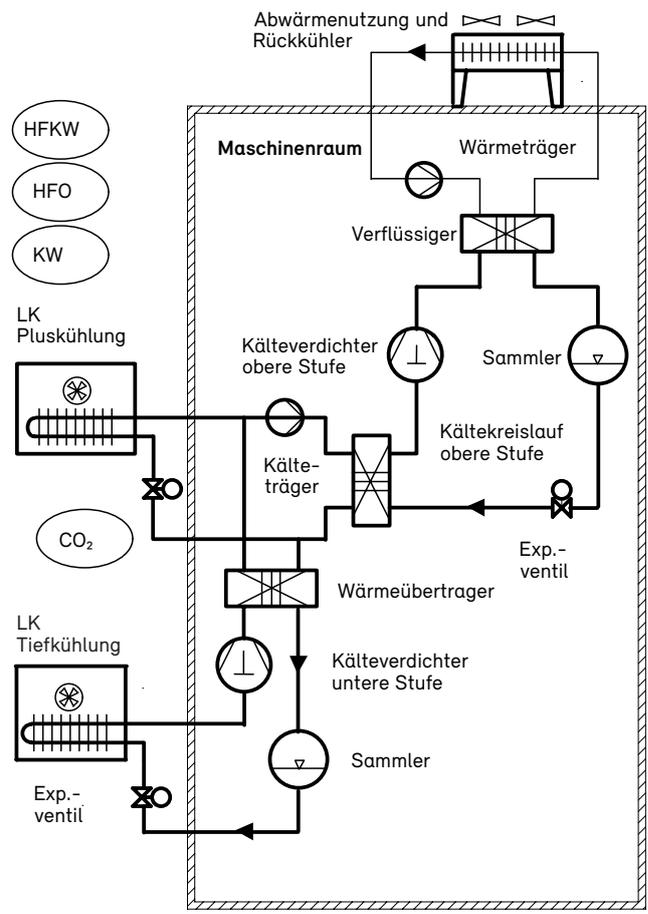


A3-4 Kombinierte Kreisläufe – Booster

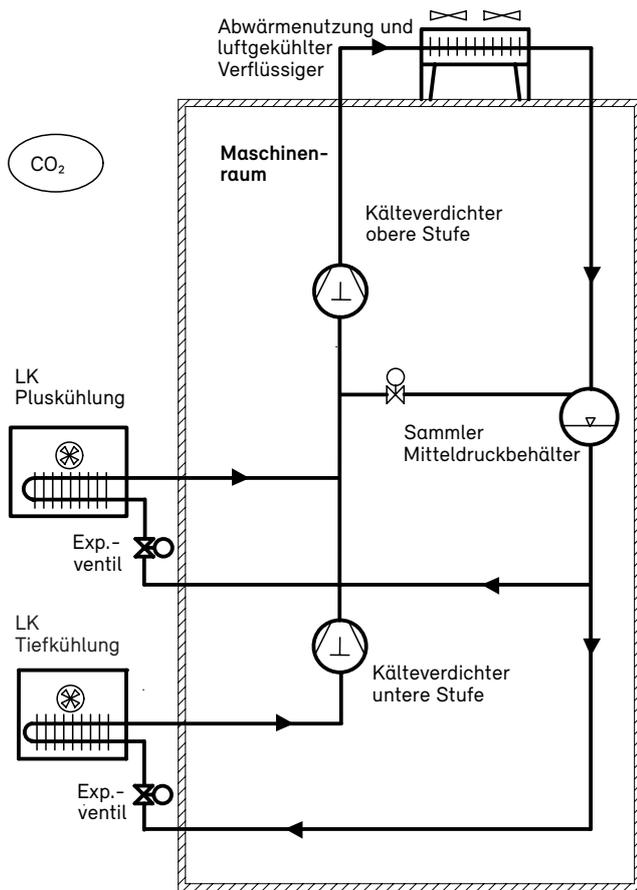
Indirekte Kaskade
Direktverflüssigung/Direktverdampfung



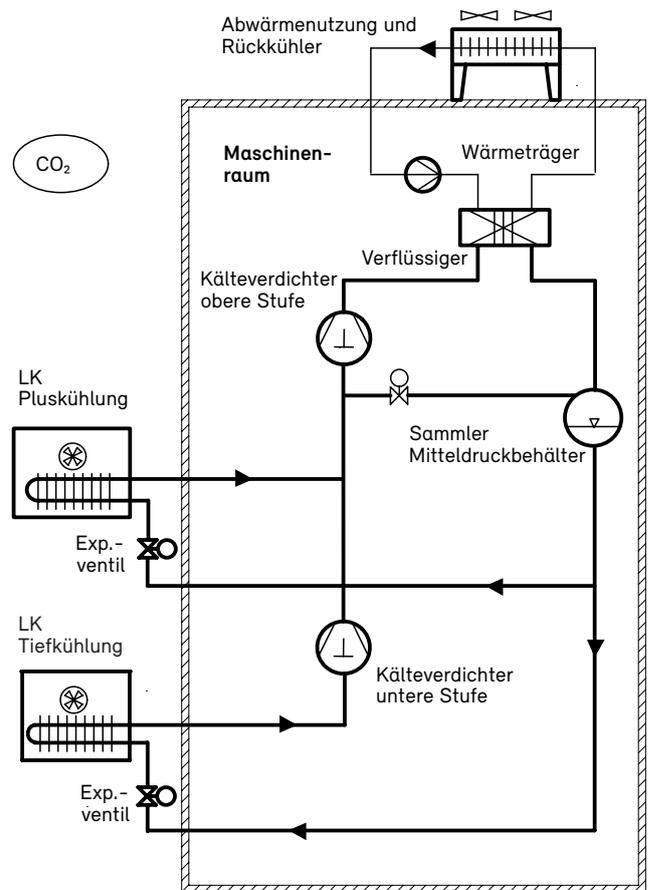
Indirekte Kaskade
Wärmeträger/Direktverdampfung



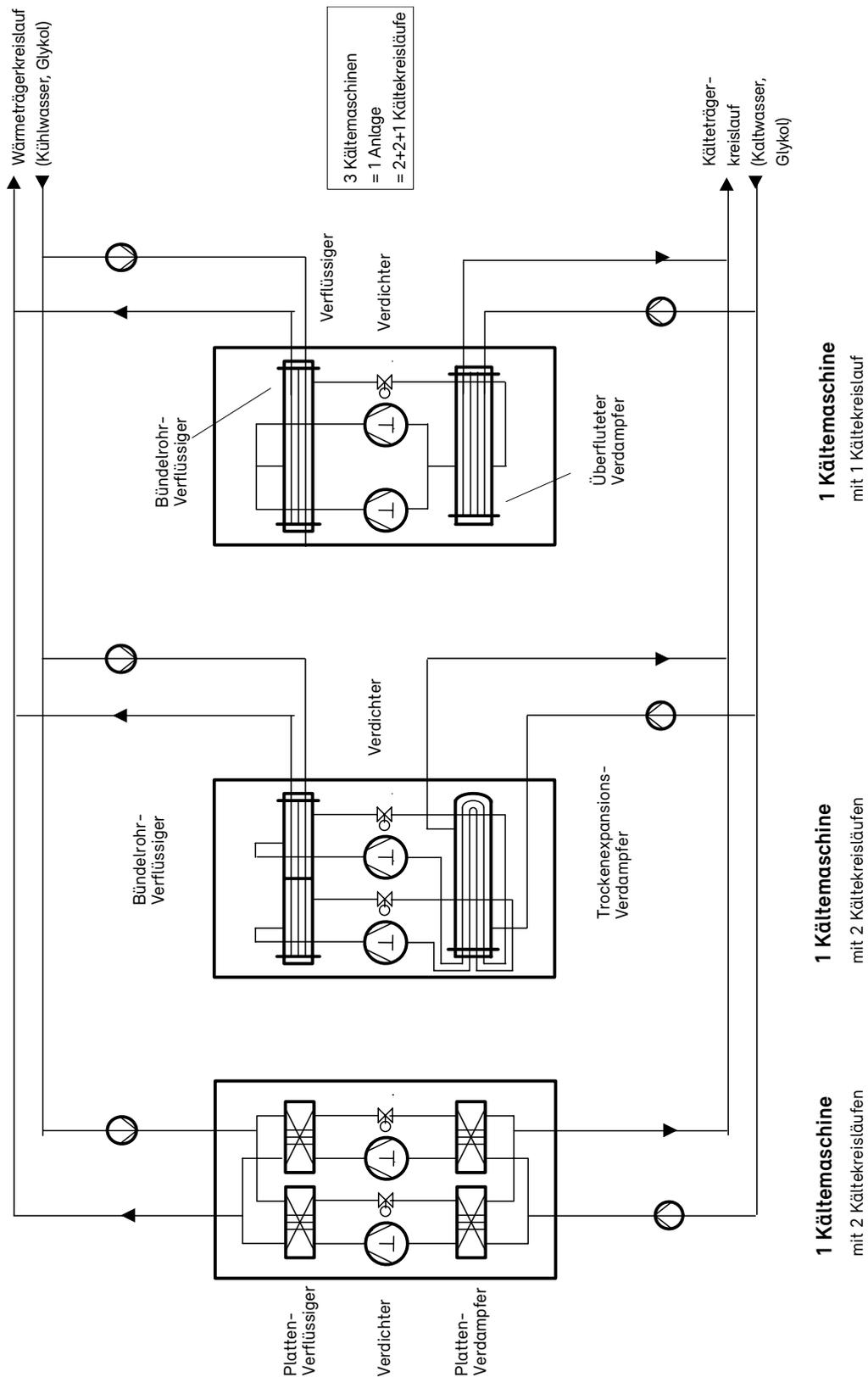
Booster
Direktverflüssigung/Direktverdampfung



Booster
Wärmeträger/Direktverdampfung

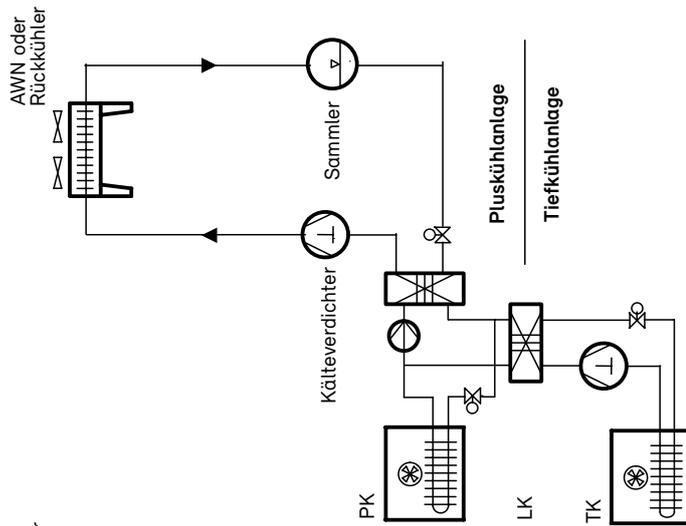


A3-5 Anlagen, Maschinen und Kreisläufe in der Klimakälte

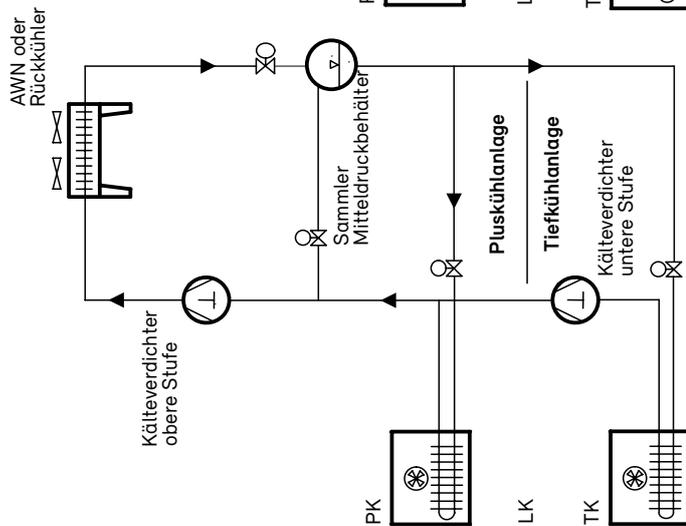


A3-6 Anlagen, Maschinen und Kreisläufe in der GewerbeKälte

Kaskadenanlage
 = 2 getrennte Anlagen
 = 2 Kältekreisläufe



Boosteranlage
 = 1 Anlage
 = 1 Kältekreislauf



Pluskühl- und Tiefkühlanlage
 = 2 getrennte Anlagen
 = 2 Kältekreisläufe

