

Kältemittel-Fibel

Für Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Fachleute

Inhalt

- 03 Kältemittel – Die «Lebensader» jeder Kälteanlage
- 04 Sechs typische Kältemittel
- 05 Die wichtigsten Kältemittel in der Klimakälte
- 07 Energieeffizienz in der Klimakälte
- 08 Unterkühlung – zusätzlicher Schub für die Kälteanlage
- 09 Wo darf welches Kältemittel eingesetzt werden?
 - 10 Klimatisierung von Gebäuden
 - 12 Reversible Systeme: Hauptnutzung Kühlen
 - 13 Reversible Systeme: Hauptnutzung Heizen
 - 14 VRV-VRF-Klimasysteme
 - 15 Verschiedene Split-Systeme
- 16 Bauliche Massnahmen
- 22 Kältemittlersatz
- 23 Informationen
- 24 Energieeffiziente Kälteanlagen

Abgrenzung

Die Kältemittel-Fibel arbeitet den Themenbereich Kältemittel, Energie und Umwelt bei der Klimakälte für Heizungs-Lüftung-Klima-Fachleute (HLK) auf eine leicht verständliche Art und Weise auf. Das Thema «Kältemittel in Wärmepumpen» wird in diesem Dokument nicht behandelt. Die Kältemittel-Fibel ersetzt nicht die bestehenden Vorschriften, Vollzugshilfen und Normen, sondern greift die Schwerpunkte auf, die 70 Prozent der Fälle abdecken. So soll den HLK-Fachleuten der Zugang zum Thema Kältemittel vereinfacht werden. Die Fibel versteht sich als Hilfestellung zur Umsetzung der ChemRRV¹ sowie der Normen SN EN 378 (Sicherheit), SIA 382/1 (Energie), SUVA 66139 (Arbeitssicherheit und sicherer Betrieb) und der Richtlinie der EKAS 6517 (Arbeitssicherheit). Im Zweifelsfall kommen die entsprechenden Originaltexte zur Anwendung.

Dieses Dokument wurde im Rahmen des Programms Energie Schweiz und mit finanzieller Unterstützung des Bundesamts für Umwelt BAFU erarbeitet.

¹ ChemRRV, Anhang 2.10 (SR 814.81)

Wir danken unseren Partnern



Kältemittel – «Lebensader» jeder Kälteanlage

Als Transportmedium der Wärme ist das Kältemittel die unerlässliche Lebensader jeder Klimakälteanlage. Es nimmt die Wärme bei der tiefen Temperatur im Verdampfer auf, wird im Verdichter komprimiert, erwärmt sich dadurch und gibt die Wärme im Verflüssiger wieder ab. Von der Planung bis zum Betrieb der Klimatisierung gibt es bei den Kältemitteln verschiedene Punkte zu beachten: Kältemittel können die Energieeffizienz beeinflussen, können brennbar, giftig oder klimaschädigend sein. Ihre Zulässigkeit ist in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) gesetzlich geregelt.

Natürliche Kältemittel

Die natürlichen Kältemittel bestehen aus Substanzen, die auch in der Natur vorkommen. Sie haben keinen oder nur einen geringen schädigenden Einfluss auf die Umwelt. Allerdings sind viele von ihnen brennbar, explosiv und/oder giftig.

Synthetische, in der Luft stabile Kältemittel

Die synthetischen, in der Luft stabilen Kältemittel (HFKW² und FKW³) basieren auf Fluorkohlenwasserstoffen. Als stabil werden sie bezeichnet, weil sie sich in der Luft nur langsam abbauen (mittlere Aufenthaltsdauer mehr als 2 Jahre). Wenn sie freigesetzt werden (z. B. Austritt aus einem Leck), haben sie über längere Zeit eine klimaschädigende Wirkung. Sie ermöglichen jedoch ein breites Spektrum an Eigenschaften in der Kältetechnik und sind nicht direkt giftig oder brennbar.

Synthetische, in der Luft nicht stabile Kältemittel

Die neuen HFO-Kältemittel⁴ sind von der Zusammensetzung her synthetisch und bringen auch einen Grossteil der positiven Eigenschaften der synthetischen Kältemittel mit. Im Gegensatz zu den anderen synthetischen Kältemitteln sind sie in der Luft jedoch nicht stabil. Das heisst, sie haben in der Atmosphäre eine Aufenthaltsdauer von wenigen Tagen (also deutlich weniger als 2 Jahre) und somit eine sehr geringe klimaschädigende Wirkung.

Fachbewilligung notwendig

Wer beruflich oder gewerblich mit Kältemitteln umgeht, benötigt eine Fachbewilligung. www.svk.ch

Meldung obligatorisch

Kältemaschinen oder Wärmepumpen, die mit mehr als 3 kg Kältemitteln betrieben werden, müssen der Meldestelle für Kälteanlagen gemeldet werden: www.bafu.admin.ch/meldung-kw

Energieeffizienz beachten

Die Wahl des Kältemittels, der Komponenten und das Konzept beeinflussen den Energieverbrauch der ganzen Klimakälteanlage. Die volumenstrombezogene Kälteleistung ist ein erster Hinweis zur Wirtschaftlichkeit einer Klimakälteanlage. Die Wahl des Kältemittels kann die Gesamteffizienz des Systems um 10 bis 15 Prozent verändern!

² HFKW: teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (siehe Seite 9)

³ FKW: Fluorkohlenwasserstoffe

⁴ HFO: Hydro-Fluor-Olefine (siehe Seite 9)

Sechs typische Kältemittel

Vor- und Nachteile von sechs typischen Kältemitteln der Klimakälte im Überblick.

R513A	R290 (Propan)	R32
synthetisches, in der Luft stabiles Kältemittel + erprobtes Kältemittel + nicht entflammbar + geringe Toxizität – GWP (631)	natürliches Kältemittel + erprobtes Kältemittel – hoch entflammbar + geringe Toxizität + tiefer GWP (3)	synthetisches, in der Luft stabiles Kältemittel + erprobtes Kältemittel – schwer entflammbar + geringe Toxizität – GWP (675) – hoher Druck (27–35 bar)
R717 (Ammoniak)	R744 (CO ₂)	R1234ze, R1234yf
natürliches Kältemittel + erprobtes Kältemittel – schwer entflammbar – hohe Toxizität + tiefer GWP (0) – wirtschaftlicher Einsatzbereich ab 200 kW	natürliches Kältemittel + erprobtes Kältemittel + nicht entflammbar + geringe Toxizität + tiefer GWP (1) – hoher Druck (80–90 bar)	synthetische, in der Luft nicht stabile Kältemittel – noch keine Langzeiterfahrung – schwer entflammbar – Abbauprodukt: Trifluoressigsäure ⁵ + geringe Toxizität + tiefer GWP (<1)

⁵ Das Abbauprodukt Trifluoressigsäure kann Pflanzen schädigen.

Was uns die Geschichte der Kältemittel lehrt

Die industrielle Kältetechnik beginnt mit natürlichen Kältemitteln wie zum Beispiel Ammoniak. Diese sind – mit Ausnahme des CO₂ – allerdings nicht ungefährlich. Einige sind explosiv, andere sind giftig. Aus dem Wunsch nach mehr Sicherheit entstanden die synthetischen Kältemittel (FCKW, HFCKW, HFKW), die weniger gefährlich sind in der Handhabung. Erst später erkannte man, dass sie die Umwelt bedrohen: Kältemittel mit Chlor schädigen die Ozonschicht und fluorhaltige Stoffe fördern die Erderwärmung. Daher sind die ozonschichtabbauenden Kältemittel (FCKW, HFCKW) schon heute verboten. Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial (GWP) werden künftig stärker eingeschränkt. Neue Low-GWP-Kältemittel (HFO) müssen sich in der Praxis noch bewähren und dürfen kein neues Schadenspotenzial entwickeln.

	Ab 1755	Ab 1929	Ab 1988	Ab 2000	Ab 2015
Thema	Technische Machbarkeit	Sicherheit Brennbarkeit Toxizität	Ozonloch Chlor (ODP, Ozon- abbaupotenzial)	Erderwärmung GWP (Global Warming Potential)	Erderwärmung GWP unbekannte Risiken
Schwerpunkt	Natürliche Kältemittel	FCKW	HFCKW FKW	HFKW Natürliche Kältemittel	HFO Natürliche Kältemittel
Kältemittel	Äther Schwefelsäure Dichlorethylen CO ₂ Ammoniak	R11 R12 Ammoniak	R22 R124 R142b Ammoniak	R134a R404A R410A R32 Ammoniak, CO ₂	R1234ze R1234yf Propan Ammoniak, CO ₂

Die wichtigsten Kältemittel in der Klimakälte

Kältemittel	GWP	Volumenstrom-bezogene Kälteleistung	Temperaturbereich einer wirtschaftlichen Abwärmenutzung	Praktischer Grenzwert	Sicherheitsklasse	Toxizität	Brennbarkeit
	[1]	kJ/m^3 [2]	$^{\circ}\text{C}$ [3]	kg/m^3 [4]	(Seite 16) [5]	(ATEL/ODL) [6]	(LFL) [7]

Synthetische, in der Luft stabile Kältemittel

R32	675	5300	35–45 (max. 55)	0,061	A2L	gering toxisch	schwer entflammbar
R134a [9]	1430	2050	30–40 (max. 75)	0,25	A1	gering toxisch	nicht entflammbar
R410A [9]	2090	4600	30–40 (max. 55)	0,44	A1	gering toxisch	nicht entflammbar
R452B	698	4400	30–40 (max. 55)	0,062	A2L	gering toxisch	schwer entflammbar
R454B	466	4500	30–40 (max. 55)	0,039	A2L	gering toxisch	schwer entflammbar
R513A	631	2050	30–40 (max. 75)	0,35	A1	gering toxisch	nicht entflammbar

Synthetische, in der Luft nicht stabile Kältemittel

R1234ze	<1	1550	30–40 (max. 85)	0,061	A2L	gering toxisch	schwer entflammbar
R1234yf	<1	1900	30–40 (max. 75)	0,058	A2L	gering toxisch	schwer entflammbar

Natürliche Kältemittel

R290 Propan	3	2750	30–40 (max. 60)	0,008	A3	gering toxisch	hoch entflammbar
R717 Ammoniak NH_3	0	3650	30–40 (max. 90)	0,00035	B2L	hoch toxisch	schwer entflammbar
R1270 Propen (Propylen)	3	3350	30–40 (max. 55)	0,008	A3	gering toxisch	hoch entflammbar
R744 CO_2	1	8500	30–60 (max. 90) [8]	0,1	A1	gering toxisch	nicht entflammbar

[1] GWP = Global Warming Potential (Treibhausgaspotenzial).
Quelle IPCC IV, 2007 und IPCC V, 2014 für HFO

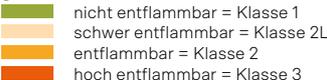
[2] Werte gelten für $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$, $t_c = 40^{\circ}\text{C}$

[3] Richtwerte der Abwärmepertemperaturen, bei denen die Wärmeenergie zu einem Wärmepreis von weniger als 2 Rp./kWh ausgekoppelt werden kann. Je nach Verdichtertyp und und Anlagekonzept sind auch nutzbare Abwärmen mit höherer Temperatur möglich. Die maximale Temperatur des jeweiligen Kältemittels liegt im Bereich des in der Klammer aufgeführten Wertes. In jedem Fall muss die Wirtschaftlichkeit (Mehraufwand und Mehrertrag) beachtet werden. Mit einem Enthitzer können ca. 10 bis 15 Prozent der Verflüssigerleistung – ohne Anheben der Kondensationstemperatur – genutzt werden. Diese Abwärme ist «gratis» (siehe auch: Grundlagendokument zur Leistungsgarantie Kälteanlagen, Seite 3: Abwärmenutzung, EnergieSchweiz/SVK 2015).

[4] Mit dem praktischen Grenzwert kann die höchste zugelassene Konzentration in einem Personen-Aufenthaltsbereich berechnet werden. Je nachdem, welcher Wert höher ist, bestimmt die Toxizität oder die Brennbarkeit den praktischen Grenzwert (siehe Anhang C, SN EN 378-1). Sofern restriktivere nationale oder regionale Bestimmungen vorhanden sind, haben diese vor den Anforderungen der Norm an diese Grenzwerte Vorrang.

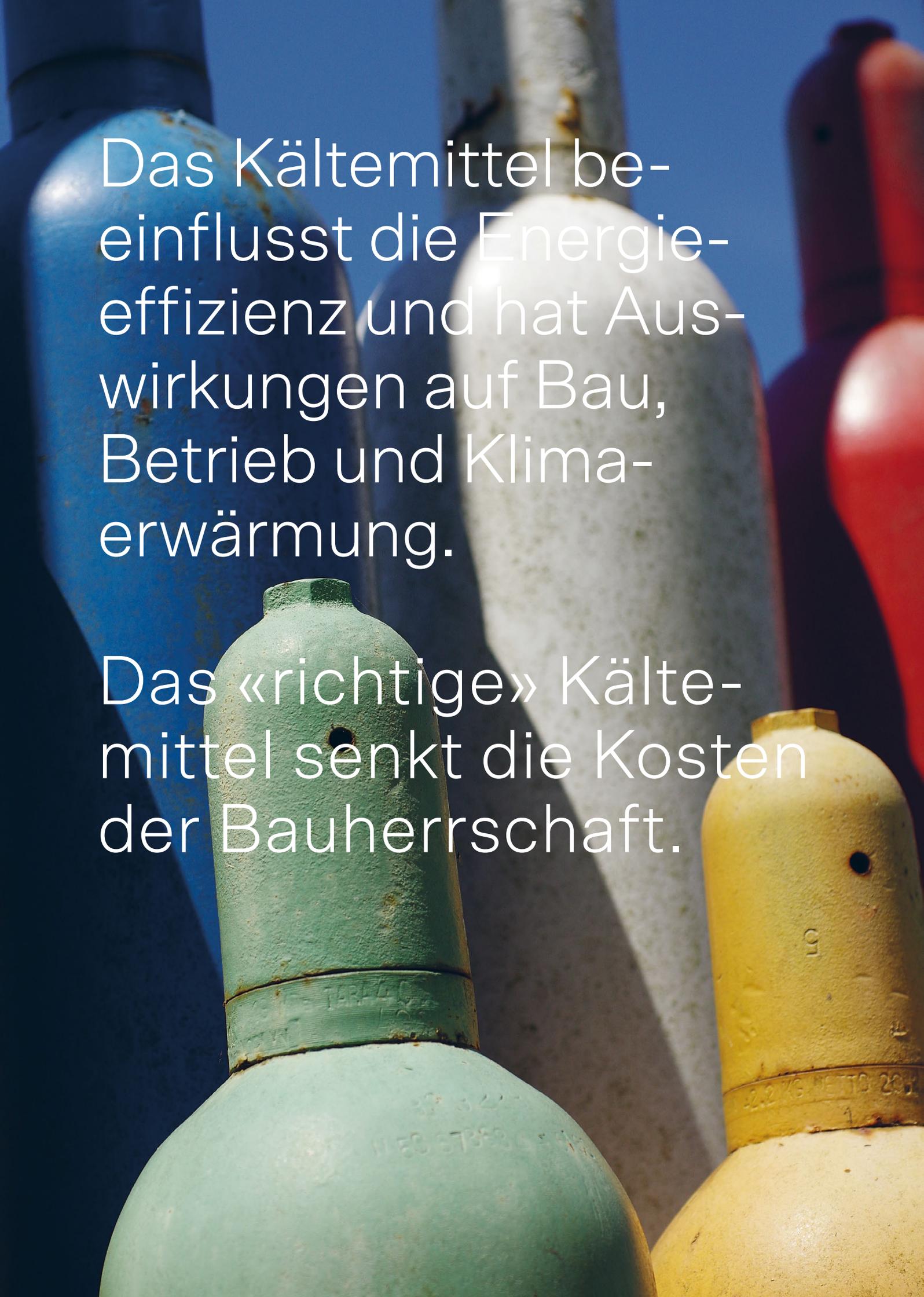
[5] Siehe auch Kapitel «Bauliche Massnahmen» (Seite 16 ff.)

[6] Für eine bessere Verständlichkeit sprachlich leicht angepasst. Die verwendeten Bezeichnungen entsprechen der Einordnung in der SN EN 378-1, Anhang E, wie folgt:


[7] Die verwendeten Bezeichnungen entsprechen der Klassifizierung gemäss ISO 817 und ASHRAE 34:


[8] Beim CO_2 ist die Rücklaufpertemperatur (Eintrittstemperatur des CO_2 in den Gaskühler/Verflüssiger) entscheidend. Diese muss möglichst tief sein (Faustregel immer unter 35°C).

[9] Das Inverkehrbringen von Anlagen mit diesen Kältemitteln wird voraussichtlich weiter eingeschränkt werden, die zukünftige Verfügbarkeit dieser Kältemittel ist ungewiss.



Das Kältemittel beeinflusst die Energieeffizienz und hat Auswirkungen auf Bau, Betrieb und Klimaerwärmung.

Das «richtige» Kältemittel senkt die Kosten der Bauherrschaft.

Energieeffizienz in der Klimakälte

Die Wahl des Kältemittels beeinflusst die Energieeffizienz der Anlage um 10 bis 15 Prozent. Die Grafiken zeigen die Situation bei einer mittleren Verflüssigungstemperatur (Praxissituation und nicht Auslegungssituation).

Energieeffizienz und volumenstrombezogene Kälteleistung

Die volumenstrombezogene Kälteleistung eines Kältemittels sagt nur etwas aus über die Grösse des Verdichters. Ein Kältemittel mit einer hohen volumenstrombezogenen Kälteleistung muss nicht energieeffizienter sein als eines mit einer tiefen.

Die Kältemittelwahl hat

- einen wesentlichen Einfluss auf die Grösse resp. die Investitionskosten des Verdichters (je grösser die volumenstrombezogene Kälteleistung, desto kleiner wird der Verdichter);
- einen grossen Einfluss auf die baulichen Massnahmen resp. die Baukosten (siehe «Bauliche Massnahmen», Seite 16);
- einen grossen Einfluss auf den Beitrag zur Klimaerwärmung.

Wichtig für die Energieeffizienz sind die Kaltwassertemperatur und die Verflüssigungstemperatur.

Hebel zu mehr Energieeffizienz

Der Hebel zu einer effizienten Klimakälteanlage liegt im korrekten und bedarfsgerechten Betrieb der Klimakälteanlage. Führt die Wahl des Kältemittels zu Effizienzsteigerungen von 10 bis 15 Prozent (in Abbildung 2 hell eingefärbte Bandbreite), so ermöglicht eine korrekte Auslegung (Kaltwassertemperatur 14 °C statt 6 °C und Kondensations-temperatur 30 °C statt 45 °C) eine Effizienzsteigerung von gegen 100 Prozent.

* Berechnungsgrundlagen: Kondensationstemperatur (t_c) 35 °C, Temperaturdifferenz Kaltwasseraustritt zu Verdampfungstemperatur < 5K (z. B. für die Berechnung der Werte der Kaltwassertemperatur von 14 °C wird mit einer Verdampfungstemperatur von 9 °C gerechnet).

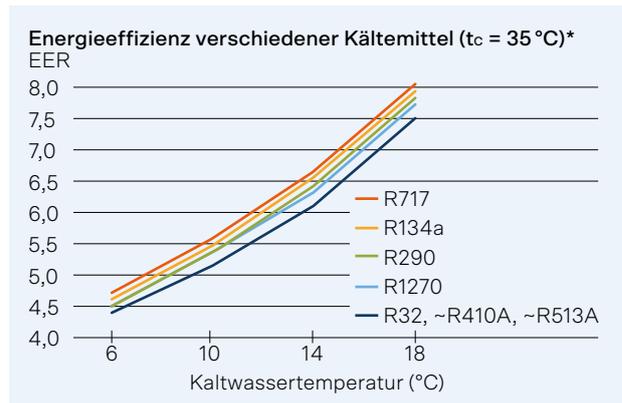


Abbildung 1: Energieeffizienz EER (nur Verdichter) mit verschiedenen Kältemitteln bei unterschiedlichen Kaltwassertemperaturen.

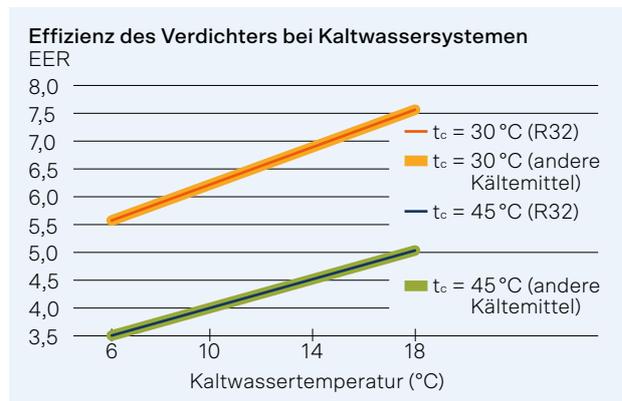


Abbildung 2: Effizienz eines Verdichters (EER) in einem Kaltwassersystem bei unterschiedlichen Kaltwassertemperaturen. Je kleiner der Temperaturhub, desto effizienter die Klimakälteanlage.

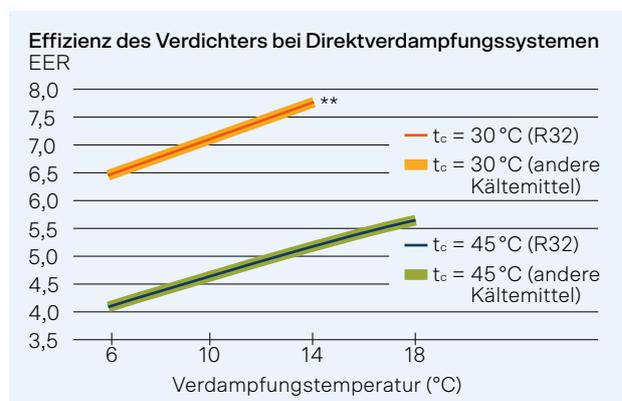


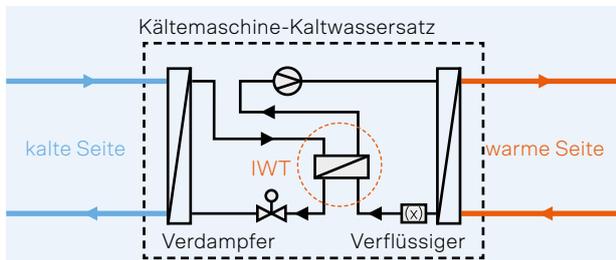
Abbildung 3: Effizienz eines Verdichters (EER) eines Direktverdampfers bei unterschiedlichen Verdampfungstemperaturen. Je kleiner der Temperaturhub, desto effizienter die Klimakälteanlage.

** Bei 30 °C Kondensationstemperatur ($t_c = 30$ °C) und 16 °C Verdampfungstemperatur ($t_0 = 16$ °C) kommt der Verdichter an seine Einsatzgrenze (Druckverhältnisse).

Unterkühlung – Schub für die Kälteanlage

Bei Kompressionskältemaschinen muss grundsätzlich jedes Kältemittel unterkühlt werden, damit es vor dem Expansionsventil keine Gasblasen mehr enthält. Mit dieser «normalen» Unterkühlung wird die Energieeffizienz automatisch um 1,5 bis 2,5 Prozent verbessert. Darüber hinaus unterkühlen gewiefte Maschinenbauer und Planer das Kältemittel zusätzlich. Das erhöht die Kälteleistung (respektive es kann ein kleinerer Verdichter gewählt werden), verbessert die Effizienz und erlaubt es, mit kleineren Kältemittelmengen zu arbeiten. Zudem erhöht eine gezielte Unterkühlung die Betriebssicherheit. Die zusätzliche Unterkühlung des Kältemittels zeigt jedoch nur Wirkung, wenn diese nach dem Kältemittelsammler (X) erfolgt.

1. Mit einem internen Wärmetauscher (IWT)

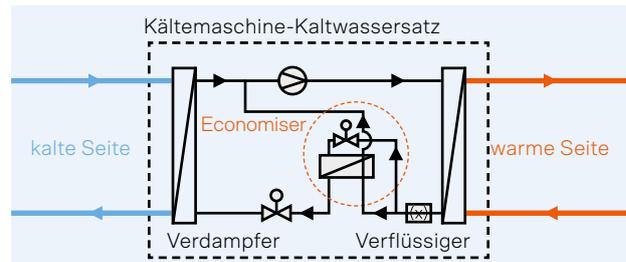


Anhand des Isentropen-Exponenten erkennt man, wie gut sich ein Kältemittel für eine Unterkühlung mittels IWT eignet. Je höher der isentrope Exponent ist, desto höher wird die Endverdichtungstemperatur und desto weniger eignet sich ein Kältemittel dafür. Eine Faustregel besagt, dass sich Kältemittel mit einem isentropen Exponenten nahe gegen 1,0 für eine Unterkühlung besonders eignen. Leider haben viele der heute in der Klimakälte eingesetzten Kältemittel bedeutend höhere isentrope Exponenten:⁶ 1,10 (R134a) oder 1,30 (CO₂). Diese Kältemittel eignen sich aufgrund ihrer thermischen Eigenschaften nur bedingt für eine Unterkühlung mit einem IWT.

Ob sich ein interner Wärmetauscher lohnt, ist vom eingesetzten Kältemittel abhängig.

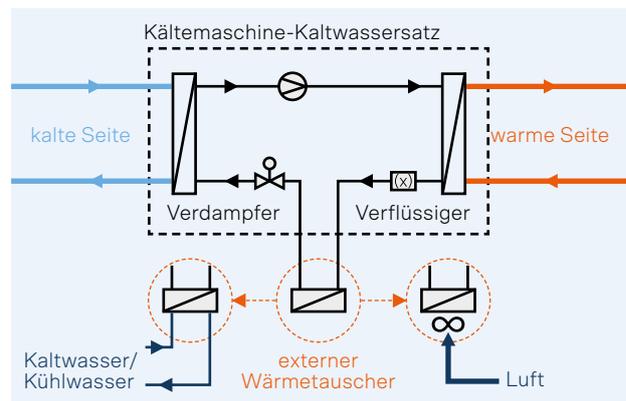
⁶ Angaben bei T = 0 °C.

2. Mit einer Economiser-Schaltung



Gute Unterkühlungslösungen in der Klimakälte bieten Economiser-Schaltungen.

3. Mit einem externen Wärmetauscher



Was in der Klimakälte oft vergessen geht, ist die Unterkühlung mit einem externen Wärmetauscher. So kann mit Kalt- oder Kühlwasser das Kältemittel unterkühlt werden (z. B. Vorwärmung Warmwasser). Oder man platziert den externen Wärmetauscher direkt unter dem Verflüssiger (Rückkühler) und unterkühlt so das Kältemittel mit der Aussenluft.

Unterkühlung verbessert Effizienz

Erfolgt die Unterkühlung mit einem internen Wärmetauscher, kann die Anlageeffizienz um 2,5 bis 5 Prozent gesteigert werden. Mit einer externen Unterkühlung um bis zu 23 Prozent.

Beispiel Kältemittel R513A

Eine Unterkühlung um 5 K bei einer Verflüssigungstemperatur von 45 °C und einer Verdampfungstemperatur von 7 °C erhöht den EER um 5 Prozent.

Wo darf welches Kältemittel eingesetzt werden?

Die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) legt fest, wie Kältemittel eingesetzt werden dürfen. In der Regel prüft der Lieferant der Klimakälteanlage, ob die rechtlichen Vorgaben eingehalten werden. Doch bereits bei der Planung von Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen ist es nötig, sich Gedanken über das Kältemittel zu machen. So können bauliche und organisatorische Auswirkungen frühzeitig miteinbezogen werden.

Klassifizierung der Kältemittel

Die ChemRRV unterscheidet zwischen in der Luft nicht stabilen (natürlichen Kältemitteln und HFO) und in der Luft stabilen Kältemitteln. Innerhalb der in der Luft stabilen Kältemittel gibt es in der Gebäudekühlung nochmals drei Gruppen. Solche mit einem GWP mit weniger als 1900, solche zwischen 1900 und 2100 und solche mit einem GWP von mehr als 2100. In diesem Dokument wird die Abgrenzung zwischen nicht stabil und stabil mit dem Punkt «P_(NS-S)» dargestellt.⁷ Die unten stehende Grafik illustriert diese Abgrenzungen und zeigt

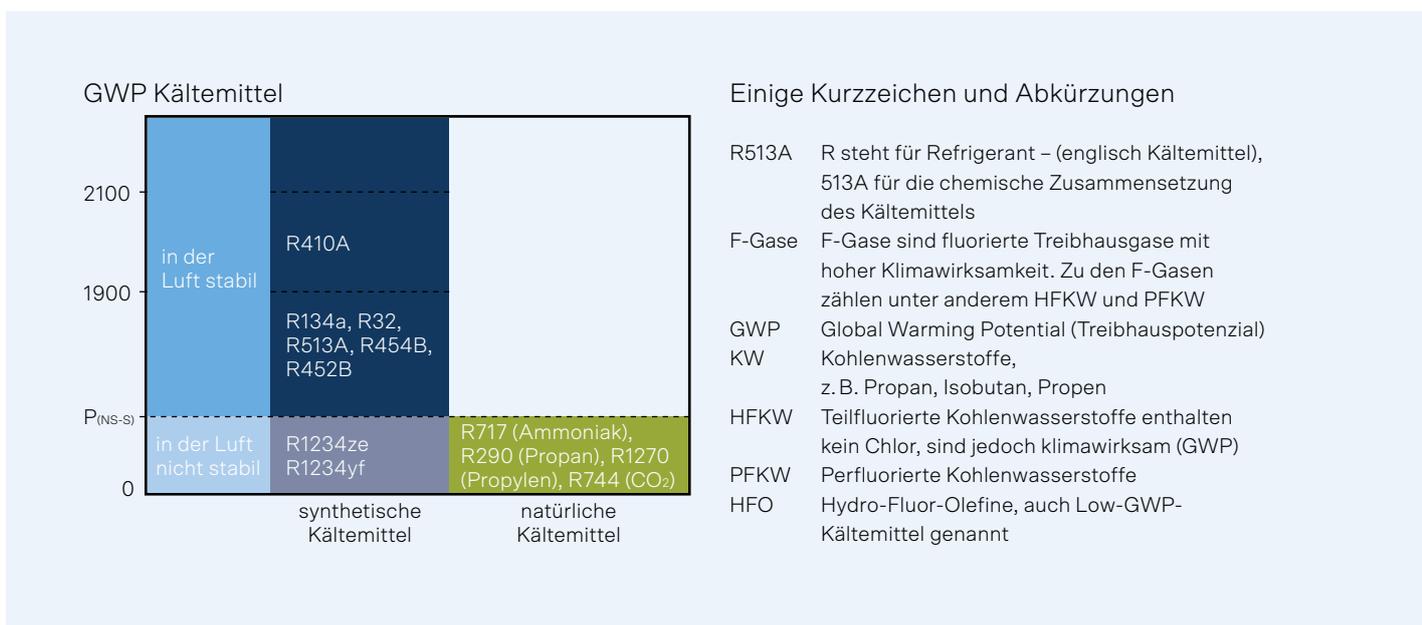
einige wichtige Kältemittel in den beschriebenen Bereichen. Auf den folgenden Seiten sind die Anforderungen an die Kältemittel bei den unterschiedlichen Anwendungen grafisch aufgearbeitet und übersichtlich dargestellt.

Ausnahmebewilligung durch das BAFU

Ausnahmsweise, wenn aktuelle Sicherheitsnormen für Kälteanlagen und Wärmepumpen (SN EN 378) nur mit einem in der Luft stabilen Kältemittel eingehalten werden können, kann das Bundesamt für Umwelt BAFU auf begründetes Gesuch eine Ausnahmebewilligung für das Inverkehrbringen der betreffenden Anlage gewähren (siehe weitere Informationen, Seite 23).

Zu beachten: Für direkt verdampfende VRV-VRF-Klimasysteme gibt es seit dem 1. Januar 2020 keine Ausnahmebewilligungen mehr.

⁷ Punkt «P_(NS-S)»: NS = nicht stabile, S = stabile Kältemittel

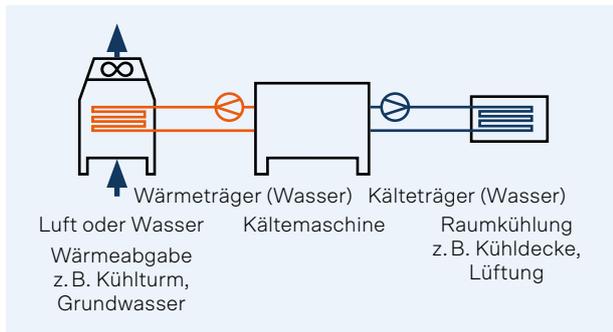


Kältemittel für die Klimatisierung von Gebäuden

Die Klimatisierung von Gebäuden (Klimakälteanlage für die Gebäudekühlung) schafft Behaglichkeit in Wohn-, Geschäfts- und Verwaltungsbauten, Theatern, Kinos, Spitälern und so weiter. Zu diesem Anwendungsbereich gehört auch die Raumkonditionierung in Lagerhäusern, Labors, Rechen- und Datenzentren etc.

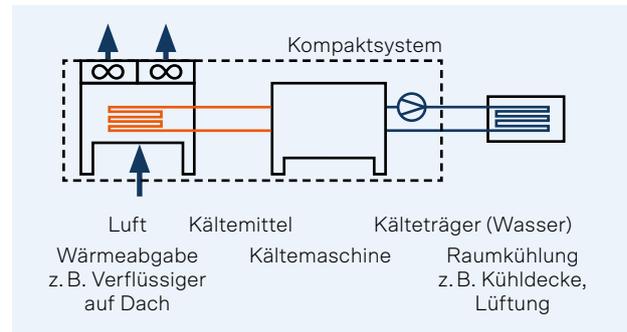
Wassergekühlte Kälteanlagen

In einer wassergekühlten Kälteanlage wird die anfallende (Ab-)Wärme über einen Wasserkreislauf in einen Kühlturm, in Grund-, See-, Fluss- oder Fabrikwasser abgegeben.

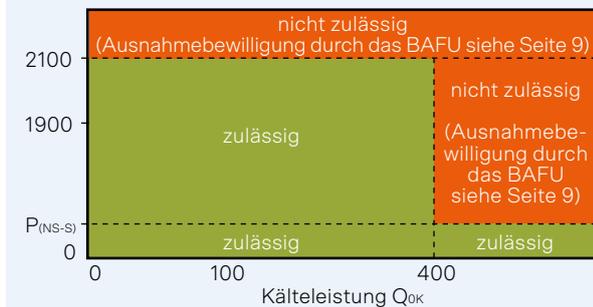


Luftgekühlte Kälteanlagen

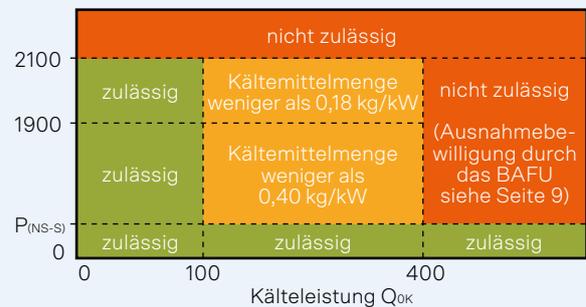
Bei luftgekühlten Kälteanlagen (Kaltwassersatz, Rooftop etc.) wird die anfallende (Ab-)Wärme über Lamellenwärmetauscher und Ventilatoren direkt an die Umgebung abgegeben (z. B. auf dem Dach).



Ohne (Ab-)Wärmenutzung
GWP Kältemittel



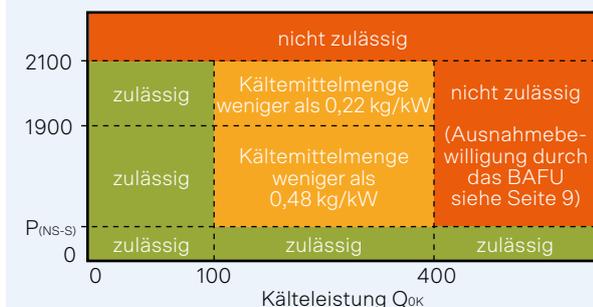
Ohne (Ab-)Wärmenutzung
GWP Kältemittel



Mit (Ab-)Wärmenutzung mit Lüftwärmetauscher

Luftwärmetauscher für Entfeuchtung oder Nachheizung. Bei Anlagen mit einer (Ab-)Wärmenutzung wird ein Teil der Abwärme für Heizung oder Prozesse genutzt.

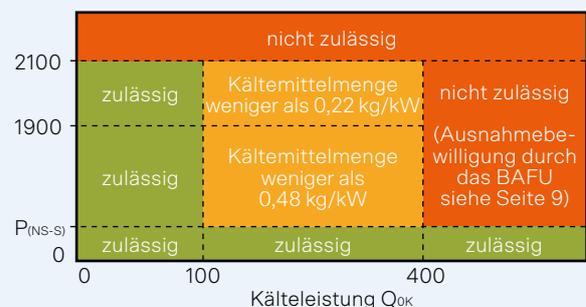
GWP Kältemittel



Mit (Ab-)Wärmenutzung

Bei Anlagen mit einer (Ab-)Wärmenutzung über Flüssigkeitswärmetauscher wird ein Teil der (Ab-)Wärme für Heizung oder Prozesse genutzt.

GWP Kältemittel



Hinweis: Diese Anlagen haben grössere Kältemittelfüllmengen als solche ohne Wärmenutzung und müssen darum strengere Anforderungen erfüllen.

Sämtliche Direktverdampfungskälteanlagen

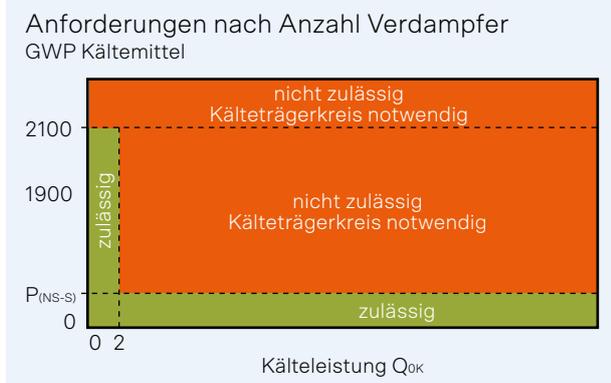
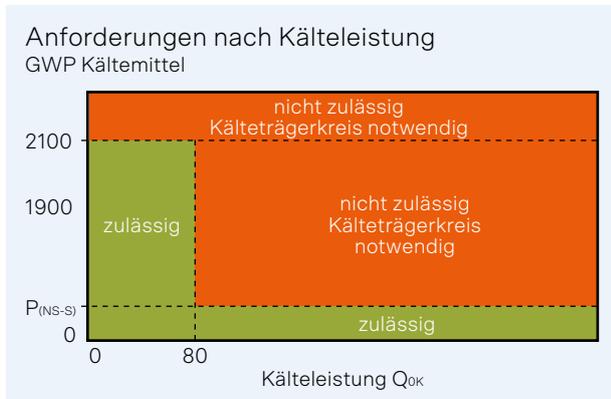
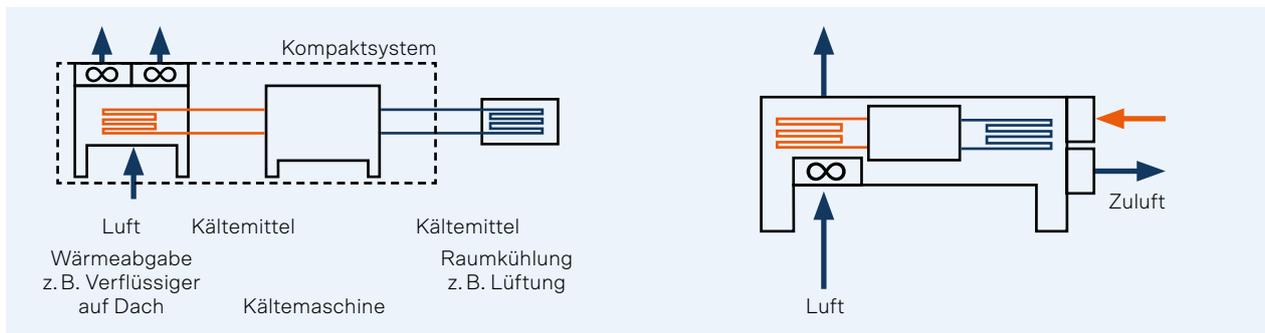
Direktverdampfungs-Kälteanlagen haben keinen Kälte-trägerkreislauf. Dies gilt unabhängig davon, ob die (Ab-)Wärme an die Aussenluft oder an einen Wärmeträger übergeben wird. In der Praxis trifft man oft kompakte Systeme an.

Neue Direktverdampfungs-Anlagen sind nur erlaubt, wenn:

- die Kälteleistung maximal 80 kW beträgt oder
- die Anlage weniger als drei Verdampfeinheiten (Luftkühler) enthält.

Wichtig!

Diese Seite gilt nicht für VRV-VRF-Systeme. Die VRV-VRF-Systeme sind auf Seite 14 beschrieben.

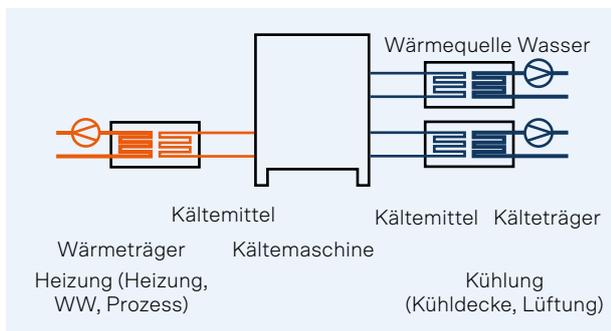


Kältemittel bei Reversiblen Systemen: Hauptnutzung Kühlen

Systeme, die mehrheitlich zum Kühlen genutzt werden, mit denen jedoch auch noch geheizt werden kann (reversible Systeme). Sie produzieren Kaltwasser zur Klimatisierung und Warmwasser zum Heizen. Kann die produzierte Wärme aus dem Kühlbetrieb nicht verwendet werden, dann wird diese über einen luftgekühlten Verflüssiger an die Aussenluft oder über einen wassergekühlten Verflüssiger ans Grundwasser abgegeben.

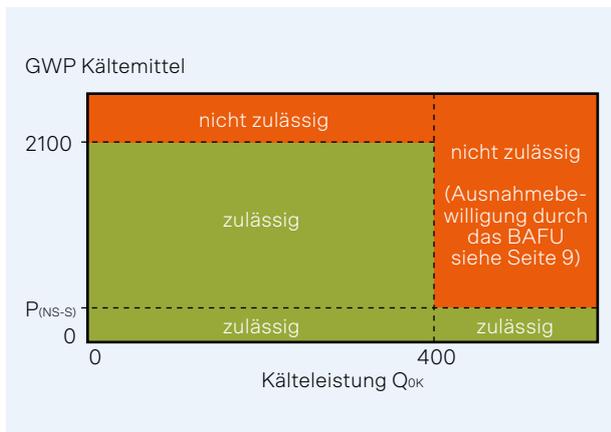
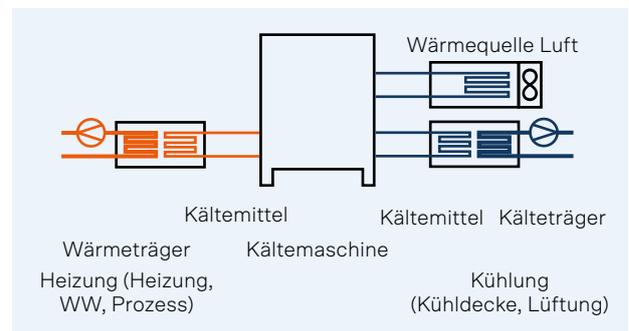
Reversibles Kühlsystem: Wärmequelle Wasser

Bei diesen Systemen dient Wasser (Grundwasser, Seewasser, Fabrikwasser etc.) als Wärmequelle.

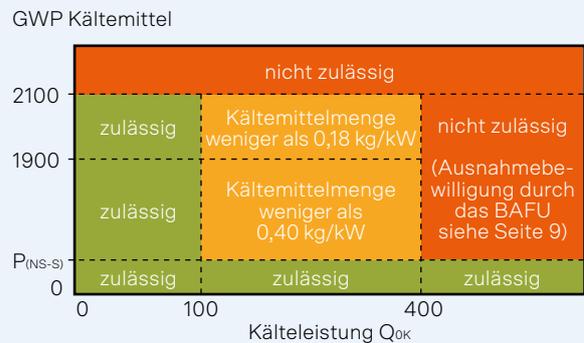


Reversibles Kühlsystem: Wärmequelle Luft

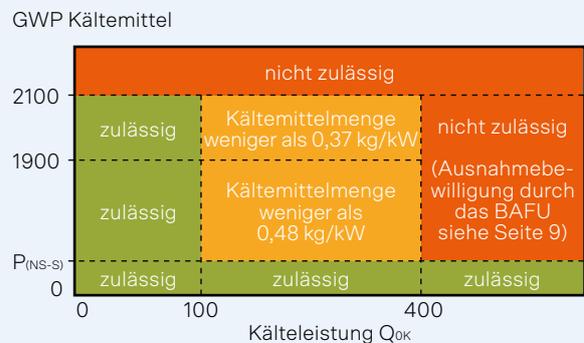
Bei diesen Systemen dient die Luft (Aussenluft, Abluft) im Winter als Wärmequelle und im Sommer als Wärmesenke (Verflüssiger).



Mit 1 Luftwärmetauscher ohne (Ab-)Wärmenutzung im Kühlbetrieb



Mit 2 oder mehr Luftwärmetauschern

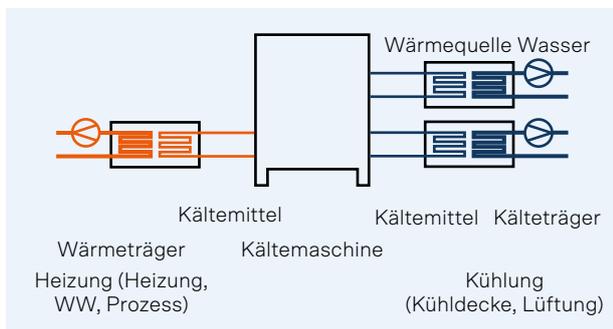


Kältemittel bei Reversiblen Systemen: Hauptnutzung Heizen

Systeme, die mehrheitlich zum Heizen genutzt werden, mit denen jedoch auch noch gekühlt werden kann (reversible Systeme). Sie produzieren Warmwasser zum Heizen und Kaltwasser zur Klimatisierung. Kann die produzierte Wärme aus dem Kühlbetrieb nicht verwendet werden, dann wird diese über einen luftgekühlten Verflüssiger an die Aussenluft oder über einen wassergekühlten Verflüssiger ans Grundwasser abgegeben.

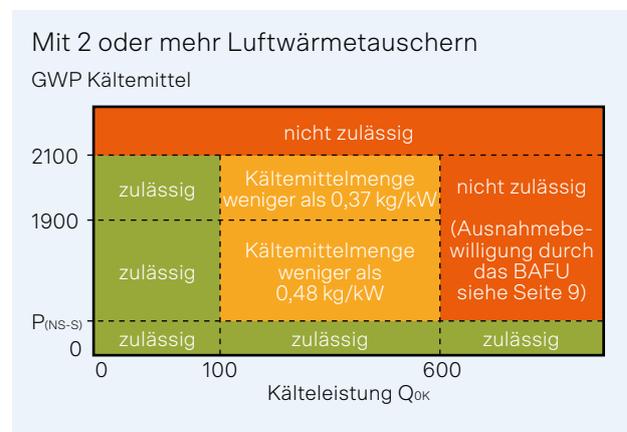
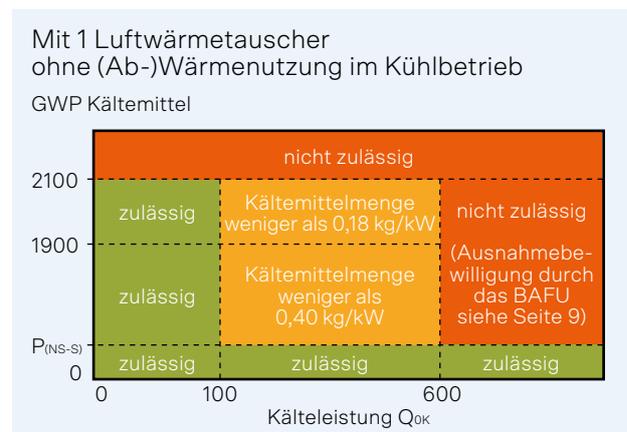
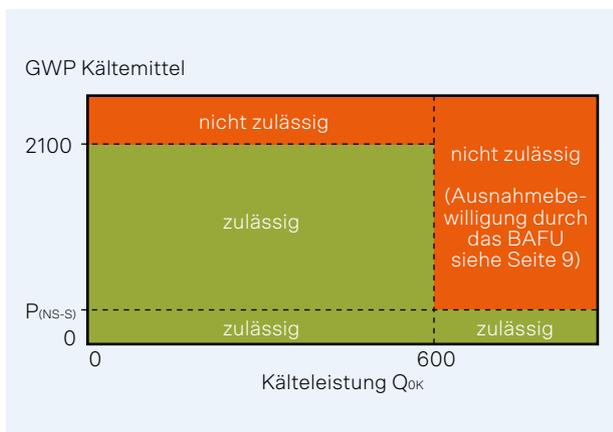
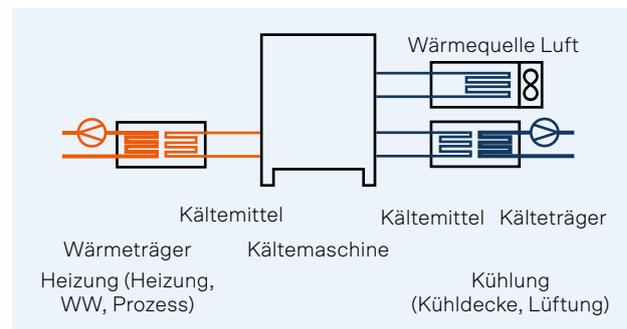
Reversibles Heizsystem: Wärmequelle Wasser

Bei diesen Systemen dient Wasser (Grundwasser, Seewasser, Fabrikwasser etc.) als Wärmequelle.



Reversibles Heizsystem: Wärmequelle Luft

Bei diesen Systemen dient die Luft (Aussenluft, Abluft) im Winter als Wärmequelle und im Sommer als Wärmesenke (Verflüssiger).



Kältemittel in IN VRV-VRF-Klimasystemen

Mit VRV-VRF-Klimasystemen können innerhalb desselben Gebäudes die verschiedenen Gebäudezonen nach Bedarf beheizt, gekühlt und die (Ab-)Wärme zurückgewonnen werden. Das Aussengerät (Verdichter-Verflüssiger-Einheit) beliefert über ein mit Kältemittel gefülltes Leitungssystem die in den Räumen montierten Raumklimageräte mit Kälte oder Wärme. Dabei übernimmt eine sogenannte Controller-Einheit die Steuerung der Wärme- respektive Kälteflüsse.

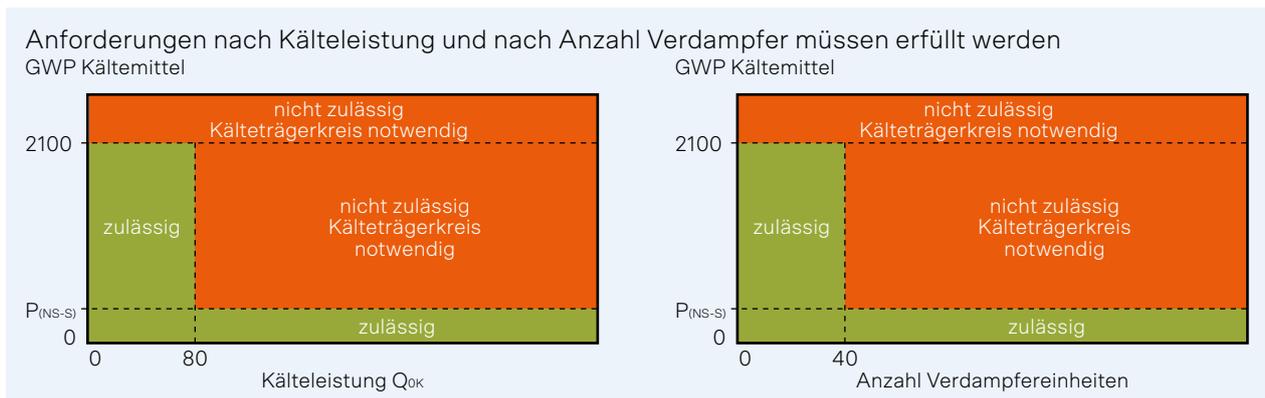
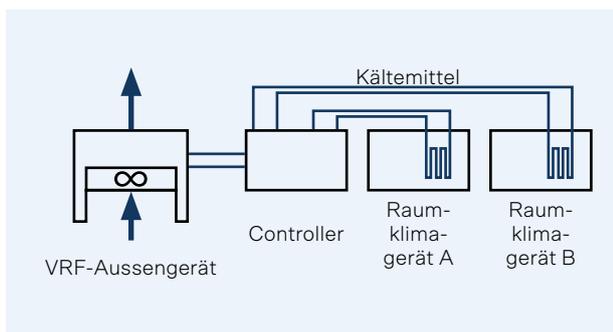
Klimasysteme VRV-VRF

VRV-VRF-Klimasysteme konditionieren das Raumklima in verschiedenen Räumen innerhalb desselben Gebäudes.

- VRF: Variable Refrigerant Flow
= variabler Kältemittelmassenstrom
- VRV: Variable Refrigerant Volume
= variables Kältemittelvolumen

Zu beachten: Bei VRV-VRF-Klimasystemen mit mehr als 40 Verdampfeinheiten oder einer Kälteleistung von mehr als 80 kW muss die Kälte über einen Kälte-trägerkreislauf verteilt werden.

Für direkt verdampfende VRV-VRF-Klimasysteme gibt es seit dem 1. Januar 2020 keine Ausnahmebewilligungen mehr.



Verschiedene Split-Systeme

Split-System (Heizen/Kühlen)

Bei Split-Systemen handelt es sich um eine Kombination verbundener kältemittelführender Teile, in denen das Kältemittel zirkuliert, um Wärme zu entziehen oder bereitzustellen. Das Kältemittel befindet sich auch in Bereichen mit Publikumsverkehr oder mit beschränktem Personenzutritt (siehe Seite 16).

Vorteile

- Energieeffiziente Lösung (falls mit Inverter-Steuerung)
- Preiswert

Nachteile

- Grössere Kältemittelfüllmenge
- Allenfalls ist eine Kältemittelüberwachung im Zugangsbereich erforderlich (Toxizität, Brennbarkeit)

Kombi-Split-System (Kaltwasser/Warmwasser)

Bei diesem System wird die Energie über ein Kältemittel vom Aussengerät in eine Box (Controller) geführt. Mittels der Box kann simultan gekühlt und geheizt und so auch die anfallende Abwärme genutzt werden. Die Wärmeübertragung von der Box zu den Räumen erfolgt mit einem Kälte-Wärme-Träger (Wasser-Glycol-Gemisch).

Vorteile

- Energieeffiziente Lösung
- Geringe Kältemittelfüllmenge
- Überwachung der Toxizität im Personenzugang nicht erforderlich

Nachteil

- Höhere Kosten

Kälteleistung Q_{OK}

Die in der ChemRRV aufgeführte Kälteleistung Q_{OK} entspricht der Nutzkälteleistung der Anlage bei Spitzenverbrauch. Die Nutzkälteleistung bezieht sich auf die Kälteerzeugung und nicht auf die Gesamtleistung der installierten Kälteverbraucher. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Anlage gemäss dem Stand der Technik ausgelegt wurde. Als eine Anlage zu betrachten sind Systeme (Kältemaschinen und Kühlkreisläufe),

1. welche vom gleichen Eigentümer betrieben werden und
2. welche auf ähnlichen Temperaturniveaus arbeiten
 - Kälte-träger: Differenz ≤ 4 K,
 - Wärmeträger bei reversiblen Systemen mit Hauptnutzung Heizung: Differenz ≤ 15 K und
3. welche im gleichen oder in benachbarten Maschinenräumen installiert werden können, oder deren Kälteverbraucher sich im gleichen Gebäude befinden oder welche durch den gleichen Kälte-trägerkreislauf versorgt werden (bis 200 m Entfernung und 25 m Höhendifferenz)

Redundante Systeme

Redundante Systeme (Kältemaschinen und Kältekreisläufe) dienen ausschliesslich einem temporären Einsatz. Sie sind nur bei technischen Ausfällen in Betrieb. Ihre Kälteleistung Q_{OK} muss für die Berechnung der Nutzkälteleistung nicht angerechnet werden. Systeme gelten als nicht redundant und müssen Q_{OK} angerechnet werden, wenn diese:

- ausschliesslich der Komfortkühlung dienen, da sie für die Aufrechterhaltung eines minimalen Komforts nicht zwingend notwendig sind;
- eine grössere Kälteleistung aufweisen als die Kälteleistung der grössten Kältemaschine.

Die ausführliche Definition und erklärende Beispiele können in der Vollzugshilfe des BAFU nachgelesen werden.



Bauliche Massnahmen

Bei Planung und Bau des Maschinenraums von Klimakälteanlagen müssen Sicherheitsvorgaben eingehalten werden. Diese sind abhängig von Art und Füllmenge des Kältemittels. Je nach Sicherheitsklasse des Kältemittels (vgl. Tabelle Seite 5) sind unterschiedliche Massnahmen nötig. Die Details zu den baulichen Massnahmen sind in der Norm SN EN 378-1 bis 378-3, im SUVA-Merkblatt 66139 und in der BAFU-Vollzugshilfe (Abschnitt 3.4) beschrieben.

Je nachdem, wo die kältetechnischen Komponenten installiert werden, sind unterschiedliche Sicherheitsmassnahmen zu berücksichtigen.

Dabei werden folgende Aufstellungsorte unterschieden:

- im Freien
- im Maschinenraum
- in einem Raum, in dem sich Personen aufhalten (Personen-Aufenthaltsbereich)
- in einem (beliebigen) Raum ohne Personen-Aufenthalt
- in einem belüfteten Gehäuse

Die SN EN 378 beschreibt unter anderem verschiedene Anforderungen an die Sicherheit von Klimakälteanlagen:

- Dichtigkeit des Raums, in dem sich die Anlage befindet
- Lüftung (Raumlüftung, Sicherheitslüftung/ Sturmlüftung)
 - Details siehe SN EN 378-2, Punkt 6.2.14 und 6.2.15
 - Details siehe SN EN 378-2, Teil 3 Punkt 5.13.4
- Alarmeinrichtungen (z. B. Gasalarm) und Detektoren
 - Details siehe SN EN 378-3, Punkt 8 und 9
- Notschalter, Signalton
- Fluchtwege, Türen, Warntafeln, Notbeleuchtung
 - Details siehe SN EN 378-3, Punkt 5.1, 10.2 und 7.3

Für gewisse Raumsituationen und Kältemittel werden im SUVA-Merkblatt 66139 verschärfte Anforderungen an die Sicherheit gestellt. Unter anderem betrifft dies die Anforderungen an die Detektoren (siehe auch Seite 17).

Exkurs Druckbehälter und Sicherheitsventile

Der «Inverkehrbringer» der Kälteanlage ist verantwortlich dafür, dass die Anlage alle Sicherheitsvorschriften gemäss Druckgeräteverordnung (DGV) erfüllt. Kälteanlagen bestehen aus mehreren Druckgeräten und sind deshalb Baugruppen im Sinne der DGV. Ab einer gewissen «Grösse» gelten Kälteanlagen als Druckbehälter. Zudem müssen Kälteanlagen mit Druckbehältern mit mehr als 3000 barliter⁸ der SUVA gemeldet werden (siehe u. a. EKAS-Richtlinie 6516).

Druckbehälter in Kälteanlagen müssen gegen zu hohen Druck mit Druckentlastungseinrichtungen, z. B. Sicherheitsventile, geschützt werden. Das Ablassen des Kältemittels in die Atmosphäre über das Sicherheitsventil erfolgt erst dann, wenn alle vorgelagerten Sicherheitsmassnahmen (wie etwa die Hochdruckabschaltung) den Druckanstieg nicht verhindern konnten.

Das Ablassen der Druckentlastungseinrichtungen muss gemäss SN EN 378 Teil 1–4 erfolgen. Zusätzlich sind die örtlichen Vorschriften, wie z. B. EKAS, SUVA, VKF, StFV, etc. zu beachten. Im Zweifelsfall sind die zuständigen Behörden beizuziehen.

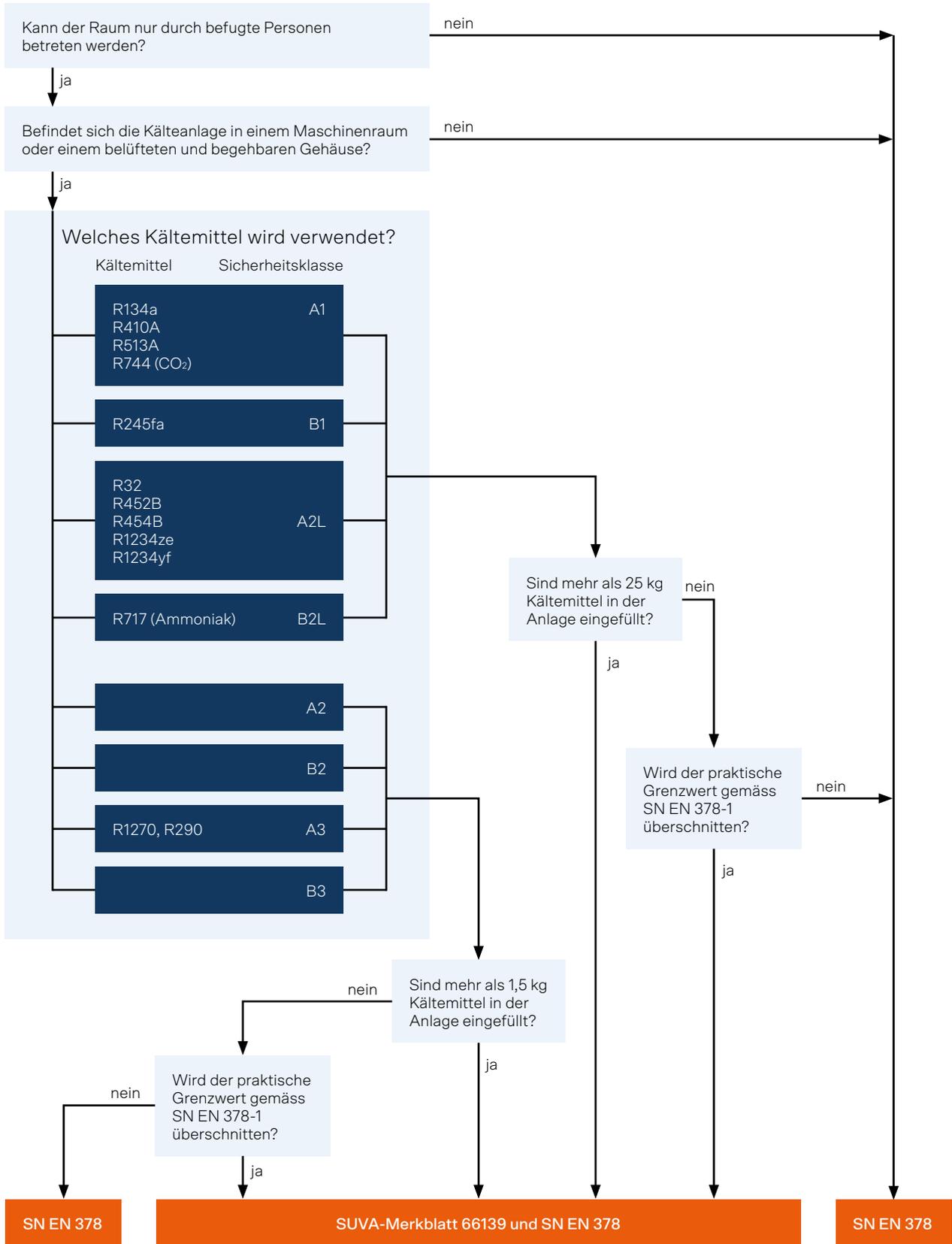
Die Druckentlastungseinrichtungen müssen aufgrund der EKAS-Richtlinien und SVTI-Vorschriften in regelmässigen Zeitabständen geprüft respektive ersetzt werden (SN EN 378-4, Anhang D.7 und SN EN 378-4, 5.3.7).

Je nach Anlagekonzept können der Ausbau und die Überprüfung der Sicherheitsventile sehr aufwendig und kostenintensiv sein. Insofern lohnt es sich, bei der Konzeption der Kälteanlage die Wartung und den Unterhalt zu beachten (z. B. Doppelsicherheitsventile mit Wechselventil vorzusehen).

⁸ Produkt aus Druck (bar) × Volumen (Liter) = barliter

Was gilt? Die SN EN 378 oder das SUVA-Merkblatt 66139?

Je nach Raumsituation und Kältemittel werden die Sicherheitsanforderungen der SN EN 378 mit Anforderungen der SUVA (Arbeitssicherheit) verschärft. Der Entscheidungsbaum ist eine Orientierung, welche Anforderungen in welchem Fall zu beachten sind.



Einige wichtige Grundsätze am Beispiel eines Maschinenraums

Für die Kältemittel der Klassen A1 und A2L sind unten die wichtigsten baulichen Massnahmen beschrieben.⁹ In den Klammern wird zudem auf die massgebenden Passagen in der SN EN 378-3 verwiesen. Es ist zu beachten, dass für die anderen Kältemittel-Klassen (A3, B2L ...) strengere Anforderungen gelten und am besten ein erfahrener Planer beigezogen wird. Zudem sind die in der SN EN 378 im nationalen Vorwort erwähnten Dokumente zu beachten (z. B. SUVA-Merkblatt 66139).

Luft und Lüftung

Der Maschinenraum muss mit mindestens einem vierfachen Luftwechsel pro Stunde mit frischer Aussenluft belüftet werden. (5.13.2)

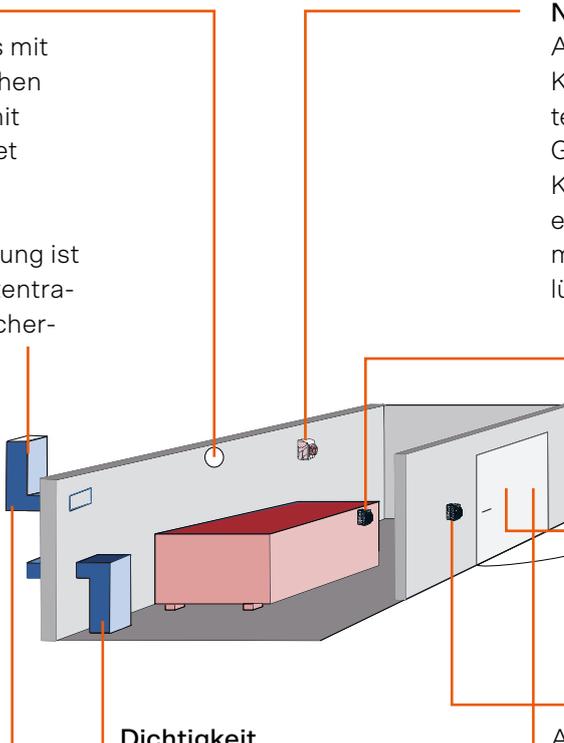
Eine mechanische Notlüftung ist notwendig, wenn die Konzentration der Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 entweder den praktischen Grenzwert oder die Toxizitätsgrenze überschreitet. (5.13)

Für Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L ist zusätzlich die untere Explosionsgrenze (LFL) zu beurteilen. (5.14)

Tritt Kältemittel aus, muss sichergestellt werden, dass dieses ins Freie abgeführt wird. (5.13.1)

Stehen andere Maschinen (Heizkessel, Druckluftkompressoren etc.) im Maschinenraum, dürfen diese keine Kältemittelgase ansaugen. Die Luft muss über ein eigenes Kanalsystem von aussen zugeführt werden. (5.3)

Hinweis zu Brandmelder
Brandmelder dürfen nicht auf Kältemittel-Nebel reagieren. Die Priorität des Einschaltbefehls der Lüftung ist mit der zuständigen Behörde oder Gebäudeversicherung zu klären.



Dichtigkeit

Alle Stellen, an denen Rohrleitungen und Lüftungskanäle durch Wände, Decken und Böden dringen, müssen abgedichtet sein. (5.8)

Maschinenräume müssen dicht sein («rauchdicht»). Kältemittel, das entweicht, darf nicht in andere Räume gelangen. (5.2)

Wände, Boden, Decke

Wände, Böden und Decken müssen so ausgeführt werden, dass sie mindestens 1 Stunde feuerbeständig sind (EI60).

Notmassnahmen

Alle Maschinenräume müssen mit Kältemittel-Detektoren ausgerüstet werden, sofern der praktische Grenzwert überschritten wird. Die Kältemittel-Detektoren müssen einen Alarm auslösen und die mechanische Lüftung (Sturm-lüftung) einschalten. (9.1)

Not-Aus-Schalter 1: Im Maschinenraum muss ein Not-Aus-Schalter vorgesehen sein. (5.6)

Ein Notausgang muss ins Freie oder in einen Notausgangskorridor führen. (5.12.2)

Not-Aus-Schalter 2: Ausserhalb des Maschinenraums – in der Nähe der Türe – ist eine Fernabschaltung vorzusehen. (5.6)

Türen

Die Türen müssen nach aussen öffnen und eine Feuerbeständigkeit von 30 Minuten (EI30) haben. (EKAS 6517 und VKF 24-15)

Übersteigt die Füllmenge der Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L den zugelassenen praktischen Grenzwert (kg/m^3), muss der Raum entweder eine Tür haben,

- die direkt ins Freie führt oder
- die in einen Vorraum mit einer selbstschliessenden dichten Tür führt. Der Vorraum wiederum muss eine Türe haben, die ins Freie führt. (nach SN EN 378 Teil 1 5.14.5)

⁹ Im Zweifelsfall kommen immer die entsprechenden Originaltexte der SN EN 378 oder SUVA 66139 zur Anwendung.

Aufstellungsort in einem Gehäuse

Bei Kälteanlagen in belüfteten Gehäusen unterscheidet man nicht begehbare und begehbare Gehäuse. Bei in einem belüfteten Gehäuse aufgestellten Kälteanlagen sind unter anderem folgende Punkte zu beachten:

- Anlagen in einem Gehäuse, mit brennbarem Kältemittel (z. B. A2L) benötigen eine Belüftung ins Freie.
- Aufstellung im Freien (siehe rechte Spalte)

Weiter ist zu beachten:

1. Nicht begehbare, belüftete Gehäuse

Beim Arbeiten ist das Gehäuse offen und das Kältemittel kann in den Raum entweichen.

- Aufstellung im Maschinenraum
 - Anforderung an die Lüftung im Maschinenraum beachten (SUVA 66139 und SN EN 378-2, Punkt 6.2.15 und 6.2.14).
- Aufstellung im Personen-Aufenthaltsbereich
 - Dürfen nur eingesetzt werden, wenn die maximal erlaubte Füllmenge nicht überschritten wird (Seite 21).
 - Anforderung an die Lüftung beachten (SUVA 66139 und SN EN 378-2, Punkt 6.2.15 und 6.2.14).

2. Begehbare, belüftete Gehäuse

Beim Arbeiten ist das Gehäuse geschlossen und das Kältemittel kann nicht in den Raum entweichen.

- Aufstellung im Maschinenraum
 - Sind wie ein Maschinenraum zu behandeln.
- Aufstellung im Personen-Aufenthaltsbereich
 - Sind wie ein Maschinenraum zu behandeln.

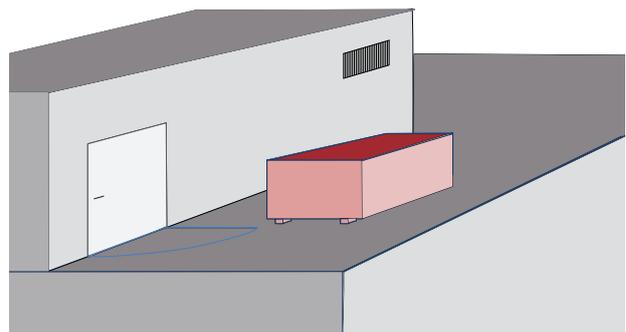
Aufstellungsort im Freien

Wird die Kälteanlage im Freien aufgestellt, sind unter anderem folgende Punkte zu beachten:

- Bei einem Leck darf das Kältemittel nicht in Bodenabläufe, Lüftungsöffnungen (z. B. Zuluftkanal), über Türen oder Dachöffnungen ins Gebäude eindringen. (4.2)
- Kann sich austretendes Kältemittel ansammeln (z. B. Aufstellung in einer begehbaren Vertiefung), sind weitere Anforderungen wie eine Belüftung, Gas-Detektoren etc. einzuhalten. (4.2)
- Bei Anlagen mit mehr als 25 kg Kältemittelfüllung (mit in der Luft stabilen Kältemitteln) sind zudem Detektoren, eine Alarmierung etc. erforderlich (BAFU-Vollzugshilfe, Abschnitt 4.4.3)

Details siehe SN EN 378-3: 4.2

Aufstellungsort im Freien



Elektrische Installationen in Räumen, in denen brennbare Kältemittel A2L eingesetzt werden

Es muss sichergestellt werden, dass bei einem Kältemittelaustritt die elektrische Installation im Raum stromlos gemacht wird. Für Anlagen, die gemäss

- SN EN 378 ausgeführt werden, gilt:
 - Sobald die Kältemittelkonzentration im Raum 25 Prozent der unteren Explosionsgrenze (LFL-Wert) überschreitet, muss der Strom abgeschaltet sein.
- dem SUVA-Merkblatt 66139 ausgeführt werden, gilt:
 - Sobald die Kältemittelkonzentration im Raum 20 Prozent der unteren Explosionsgrenze (LFL-Wert) überschreitet, muss der Strom abgeschaltet sein.

Elektrische Elemente, die spannungsführend bleiben (z. B. Notbeleuchtung oder Ventilatoren) müssen explosionsgeschützte Ausführungen sein. Zu beachten ist dies speziell auch bei der Klimatisierung von Hotelzimmern, die mit VRV-VRF-Anlagen mit brennbaren Kältemitteln direkt gekühlt werden.



Wie bestimme ich die maximal erlaubte Kältemittel-Füllmenge?

Je nach Nutzung des Gebäudes und dem Standort der kältemittelführenden Teile kann aus Sicherheitsüberlegungen (Toxizität und Brandschutz) die maximale Kältefüllmenge begrenzt sein. Die folgenden fünf Schritte zeigen den Weg zur maximalen Füllmenge.

1. Zu welcher Sicherheitsklasse gehört das Kältemittel?

Die Sicherheitsklasse (siehe Seite 5) zeigt, wie toxisch (A oder B) und wie brennbar (1, 2L, 2 oder 3) das Kältemittel ist.



2. Wer hat Zugang zum Gebäude?

Die SN EN 378-1 (Kapitel 4.2.5) unterscheidet drei verschiedene Aufstellungs- respektive Zugangsbereiche (Räume, Gebäudeteile, Gebäude).

Kategorie a) Publikumsverkehr: Hier halten sich eine unkontrollierte Anzahl Personen auf. Diese sind mit den Sicherheitsvorkehrungen nicht vertraut. Beispiele: Spitäler, Supermärkte, Schulen, Hotels, Gaststätten, Wohnungen etc.

Kategorie b) Beschränkter Personenzutritt: Hier halten sich nur eine bestimmte Anzahl Personen auf. Mindestens eine ist mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut. Beispiele: Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien etc.

Kategorie c) Kontrollierter Personenzutritt: Hier halten sich nur berechnete Personen auf. Diese sind mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut. Beispiele: Produktionsbetriebe (Nahrungsmittel, Chemie, Molkereien, Schlachthöfe), nicht öffentlicher Bereich von Supermärkten etc.



3. Wo befinden sich die kältemittelführenden Teile?

Beim Aufstellungsort der Kälteanlage respektive der kältemittelführenden Teile werden folgende vier Klassen unterschieden:

Klasse I, Alles im Personen-Aufenthaltsbereich: Die Kälteanlage oder die kältemittelführenden Teile befinden sich im Personen-Aufenthaltsbereich.

Klasse II, Alle Verdichter und Druckbehälter befinden sich **im Maschinenraum oder im Freien**. Rohrleitung, Verdampfer, Ventile können sich im Personen-Aufenthaltsbereich befinden.

Klasse III, Alles im Maschinenraum oder im Freien: Alle kältemittelführenden Teile befinden sich in einem Maschinenraum oder im Freien.

Klasse IV, Belüftetes Gehäuse: Alle kältemittelführenden Teile befinden sich in einem belüfteten Gehäuse.



4. Wie gross ist der Raum?

Das massgebende Netto-Raumvolumen wird durch den kleinsten Raum bestimmt, in dem sich kältemittelführende Teile befinden und in dem sich Personen aufhalten können. (SN EN 378-1, Kapitel 7)



5. Bestimmung der maximalen Füllmenge

Die Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge können mit den oben ermittelten Werten aus den Tabellen der SN EN 378-1 entnommen werden:

1. Basis Toxizität: vgl. Tabelle C1

2. Basis Brennbarkeit: vgl. Tabelle C2

Der kleinere der beiden Werte bestimmt die maximal erlaubte Füllmenge.

Wichtig: Die maximale Füllmenge ist eine sicherheitstechnische Vorgabe. Diese kann durch die Umweltvorgaben wie die ChemRRV noch verschärft werden.

Kältemittlersatz

Ersatz nicht mehr zugelassener Kältemittel

Anlagen mit einem Kältemittel, das nicht mehr nachgefüllt werden darf (z. B. R22), dürfen weiterbetrieben werden, sofern sie dicht sind. Bei einem Kältemittelverlust (z. B. durch ein Leck) muss das Kältemittel vollständig zurückgewonnen und durch ein erlaubtes ersetzt werden. Das Alter der Anlage sowie absehbare Reparaturen sind massgebend, ob eine Umrüstung infrage kommt oder die Anlage ersetzt wird.

Faustregel

- Bei Kaltwassersätzen, die älter als 10 Jahre sind, immer einen Anlageersatz prüfen.
- Bei Klimaanlage (unter 80 kW) immer einen Anlageersatz prüfen.

Anlageersatz

Es lohnt sich, einen absehbaren Anlageersatz frühzeitig zu planen, um einen Totalausfall und Betriebsunterbrüche zu verhindern. Dabei sorgt die Beschaffung mit der Leistungsgarantie Kälte für sichere, richtig dimensionierte und wirtschaftliche Klimakälteanlagen.

Umrüsten auf ein Ersatzkältemittel

Die Umrüstung auf ein geeignetes Ersatzkältemittel macht allenfalls Anpassungen im Kältekreis sowie den Austausch von Kältemaschinenöl und Einspritzventilen nötig. Zudem muss das Kältesystem gespült und gereinigt werden. Im schlimmsten Fall droht der Ersatz des Verdichters.

Umbau der Anlage

Wird der Verdichter ersetzt, muss immer geprüft werden, ob die umgebaute Anlage nun als Neuanlage oder als bestehende Anlage eingeteilt wird. Je nachdem gelten die Vorschriften für neu erstellte oder bestehende Kälteanlagen. Bei folgenden Veränderungen erfolgt in der Regel keine Neu- beurteilung:

- Reparaturen, inklusive des 1:1-Ersatzes von defekten bestehenden Komponenten;
- 1:1-Ersatz der ganzen Anlage als Garantieleistung;
- Verschieben einer Anlage an ihrem Standort um wenige Meter;
- Ersatz des Kältemittels durch ein anderes Kältemittel, einschliesslich des Ersatzes von Kleinteilen wie Dichtungen oder Expansionsventilen, wenn weder Verdichter, Verflüssiger noch Verdampfer der Anlage verändert werden.

Details dazu können in der BAFU-Vollzugshilfe (Abschnitt 2.3.6) nachgelesen werden.

Ausnahmen bei Umbauten zur Steigerung der Energieeffizienz

Massnahmen, mit denen die Energieeffizienz von Anlagen massgeblich gesteigert wird, führen nicht zu einer Neu- beurteilung der Kälteanlage. Speziell betrifft dies:

- den Einbau eines Verdichters mit einem Frequenzumformer
- das Nachrüsten einer Wärmenutzung im Sekundärkreislauf
- den Einbau eines Kältemittel-Unterkühlers
- den Ersatz von Verdampfer oder Verflüssiger, durch energieeffizientere Komponenten
- den Einbau eines elektronischen Expansionsventils

Achtung: Für Anlagen mit Kältemitteln mit einem GWP von mehr als 1500 (z. B. R410A oder 407C) gilt diese Regelung nicht. Details dazu können in der BAFU-Vollzugshilfe (Abschnitt 2.3.6) nachgelesen werden.

Informationen

Normen, Richtlinien, Vorschriften

- Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV), SR 814.81, Anhang 2.10
- Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen, Vollzugshilfe Kältemittel, BAFU 2020
- Ausnahmegewilligung durch das BAFU. «Gesuchsformular für eine Ausnahmegewilligung von Kälteanlagen», www.bafu.admin.ch
- Energiegesetz – Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE)en
- Richtlinie zu Lagerung und Umgang mit Ammoniak (EKAS 6507), Richtlinie Flüssiggas Nr. 6517 (EKAS)
- Instandhaltung von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen), Eidgenössische Kommission für Arbeitssicherheit (EKAS)
- Kälteanlagen und Wärmepumpen sicher betreiben (SUVA 66139)
- Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen für Kälteanlagen und Wärmepumpen, SN EN 378-1 bis 378-3, und von der SN EN 378-4 der Teil Wartung
- Verordnung über die Sicherheit von Druckgeräten (Druckgeräteverordnung DGV), SR 819.121 (1.7.2015)
- Wartung: Artikel 58 des OR (Haftung des Werkeigentümers)

Vertiefende Informationen

- Bitzer, Kältemittelrapport 20
- Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA)

Links

- Bundesamt für Umwelt BAFU: Über den Umgang mit Kältemitteln, www.bafu.admin.ch → Themen → Chemikalien → Kältemittel
- Schweizerische Meldestelle für Kälteanlagen und Wärmepumpen: www.bafu.admin.ch/meldung-kw
- Förderprogramm Klimafreundliche Kälte Stiftung KLIK: www.klik.ch/kaelte
- Effiziente Kälte:
 - Kälteanlagen optimieren
 - Kälteanlagen neu bauen
 - Planungshilfen für Kälteanlagen: www.effizientekaelte.ch



Energieeffiziente Kälteanlagen

Energie- und Kosteneffizienz

Wie können Betreiber von Kälteanlagen und Kältefachleute, mit praxistauglichen Massnahmen bestehende Kälteanlagen optimieren und neue Anlagen nachhaltig planen? Alle, die ihr Wissen und ihre Kompetenz für das Thema Energieeffizienz bei Kälteanlagen stärken wollen, finden zahlreiche Unterlagen und Informationen unter: www.effizientekaelte.ch

Kälteanlagen optimieren

Bärenstark! So einfach senken Sie Ihre Kosten fürs Kühlen:

- Leitfaden mit Massnahmen zur Optimierung von Kälteanlagen
- der jährliche Kälte-Check



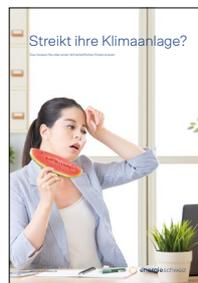
Kälteanlagen neu bauen

- Leistungsgarantie Kälteanlagen inkl. Grundlagendokument
- Planungshilfen für Kälteanlagen: www.effizientekaelte.ch



Klimaanlage ersetzen

Alles, was Bauherrschaften über einen wirtschaftlichen Ersatz ihrer Klimaanlage wissen müssen. Mit der Entscheidungshilfe, was bei einem Ausfall zu tun ist, und einer Check-Liste mit den wichtigsten Punkten für den Anlagenersatz.



Ratgeber Klimakälte: Wartung und Energie

Wie Betreiber die Betriebssicherheit stärken.



Quellen

Kältemittelrapport 18, 19 und 20, Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen
ChemRRV, Bundesamt für Umwelt, Bern, 2020
Der Kälteanlagenbauer, Karl Breidenbach, Verlag C. F. Müller, 2002
Taschenbuch der Kältetechnik, Pohlmann, VDE-Verlag, 2014
Bilder: 123rf.com

EnergieSchweiz
Bundesamt für Energie BFE
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen
Postadresse: CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444
infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch
ch.linkedin.com/company/energieschweiz

Vertrieb:
bundespublikationen.admin.ch
Artikelnummer 805.405.D