

Kampagne effiziente Kälte

KÄLTEMITTEL-FIBEL

FÜR HEIZUNGS-, LÜFTUNGS- UND
KLIMA-FACHLEUTE



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

INHALT

KÄLTEMITTEL – DIE «LEBENSADER» JEDER KÄLTEANLAGE	3
SECHS TYPISCHE KÄLTEMITTEL	4
DIE WICHTIGSTEN KÄLTEMITTEL IN DER KLIMAKÄLTE	5
ENERGIEEFFIZIENZ IN DER KLIMAKÄLTE	7
WO DARF WELCHES KÄLTEMITTEL EINGESETZT WERDEN?	9
• Komfort-Klimakälte	10
• Industrie-Klimakälte	12
• Systeme zum Heizen und Kühlen	13
• VRV-VRF-Klimasysteme	14
BAULICHE MASSNAHMEN	16
KÄLTEMITTELERSATZ	19
WEITERE INFORMATIONEN	20

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. Die Kältemittel-Fibel ersetzt nicht die bestehenden Vorschriften, Vollzugshilfen und Normen, sondern greift die Schwerpunkte auf, die 70 % 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) oder SIA 382/1 (Energie). 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 – DIE «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 hauptsächlich 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 oder giftig.

SYNTHETISCHE, IN DER LUFT STABILE KÄLTEMITTEL

Die synthetischen, in der Luft stabilen Kältemittel (HFKW¹ und FKW²) 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.

1 HFKW: teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (siehe Seite 9)

2 FKW: Fluorkohlenwasserstoffe

SYNTHETISCHE, IN DER LUFT NICHT STABILE KÄLTEMITTEL

Die neuen HFO-Kältemittel³ 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 persönliche Fachbewilligung. Unternehmen, die mit Kältemitteln arbeiten, müssen über mindestens eine verantwortliche Person mit Fachbewilligung verfügen.

MELDUNG OBLIGATORISCH

Kältemaschinen oder Wärmepumpen, die mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden, müssen der Meldestelle für Kälteanlagen gemeldet werden: www.meldestelle-kaelte.ch

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 % verändern!

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



SECHS TYPISCHE KÄLTEMITTEL

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

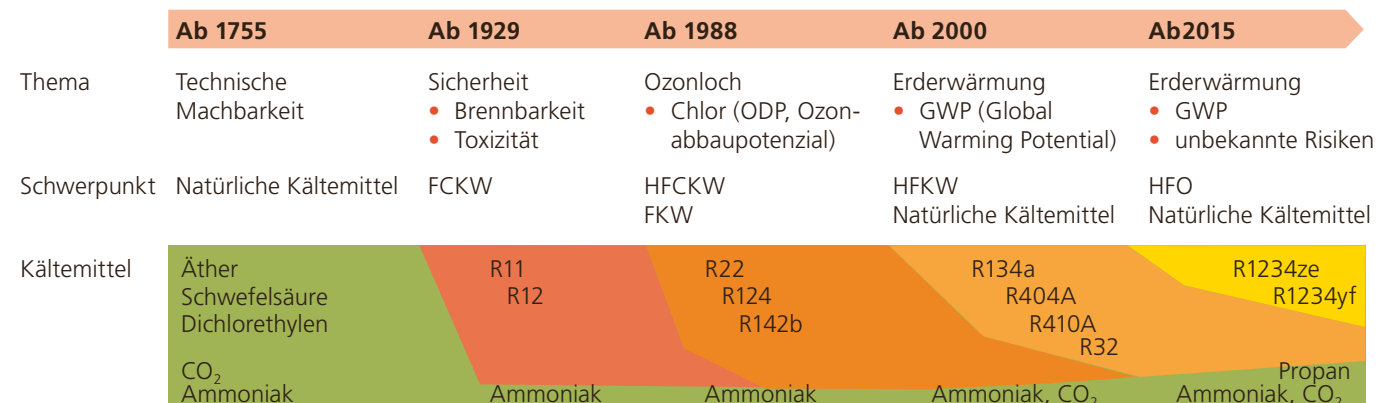
R134a	R290 (Propan)	R410A
synthetisches, in der Luft stabiles Kältemittel	natürliches Kältemittel	synthetisches, in der Luft stabiles Kältemittel
<ul style="list-style-type: none"> + erprobtes Kältemittel + nicht brennbar¹ + geringere Toxizität - hoher GWP (1430) 	<ul style="list-style-type: none"> + erprobtes Kältemittel - höhere Brennbarkeit + geringere Toxizität + tiefer GWP (3) 	<ul style="list-style-type: none"> + erprobtes Kältemittel + nicht brennbar¹ + geringere Toxizität - hoher GWP (2090) - hoher Druck (30–35 bar)
R717 (Ammoniak)	R744 (CO ₂)	R1234ze, R1234yf
natürliches Kältemittel	natürliches Kältemittel	synthetische, in der Luft nicht stabile Kältemittel
<ul style="list-style-type: none"> + erprobtes Kältemittel - geringe Brennbarkeit - höhere Toxizität + tiefer GWP (0) 	<ul style="list-style-type: none"> + erprobtes Kältemittel + nicht brennbar¹ + geringere Toxizität + tiefer GWP (1) - hoher Druck (110 bar) 	<ul style="list-style-type: none"> - noch keine Langzeiterfahrung - geringere Brennbarkeit + geringere Toxizität + tiefer GWP (4) resp. (7)

¹ Mit nicht brennbar ist der Fachausdruck «keine Flammenbildung» gemeint.

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.



DIE WICHTIGSTEN KÄLTEMITTEL IN DER KLIMAKÄLTE

Kältemittel	Ersatz (Drop-in, Retrofit)	GWP	Volumenstrom- bezogene Kälte- leistung kJ/m ³	Einsatz- bereich kW	Temperatur der Abwärme °C	Praktischer Grenzwert kg/m ³	Sicherheits- klasse (Seite 16)	Brenn- bar	Toxisch
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]		

Synthetische, in der Luft stabile Kältemittel

R32		675	5300	ab 1	35–40	0.061	A2L	ja	ja
R134a		1430	2050	ab 100	35–40	0.25	A1		ja
R407C		1770	3000	ab 10	35–40	0.31	A1		ja
R410A		2090	4600	ab 2	35–40	0.44	A1		ja
R447A	R410A	583			35–40	0.034	A2L	ja	ja
R448A	R404A	1386	2900	ab 10	35–40	0.39	A1		ja
R450A	R134a	601	1760		35–40	0.32	A1		ja
R513A	R134a	631	2050	ab 5	35–40	0.35	A1		ja

Synthetische, in der Luft nicht stabile Kältemittel

R1234ze		7	1550	ab 50	35–40	0.061	A2L	ja	ja
R1234yf		4	1900	ab 50	35–40	0.058	A2L	ja	ja

Natürliche Kältemittel

R290 (Propan)		3	2750	ab 5	40–60	0.008	A3	ja	ja
R717 (Ammoniak)		0	3650	ab 200	40–80	0.00035	B2L	ja	ja
R1270 (Propen, Propylen)		3	3350	ab 5	40–60	0.008	A3	ja	ja
R744 (CO ₂)		1	8500	ab 5	40–80	0.1	A1		ja

[1] Ersatzkältemittel bei bestehenden Anlagen, Aufzählung nicht vollständig

[2] GWP = Global Warming Potential (Treibhauspotenzial), Quelle (IPCC IV, 2007, Assessment report, www.ipccreports/ar4-wg1.htm)

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

[4] Richtwerte, eventuell gibt es bei den erlaubten Anwendungen Einschränkungen durch die ChemRRV

[5] Richtwerte der Abwärmertemperaturen, die wirtschaftliche genutzt werden können. Mit einer Enthitzung können 15 % bis 19 % der Verflüssigerleistung bei einer Vorlauftemperatur von 60°C und einer Rücklauftemperatur von 40°C genutzt werden.

[6] 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.

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



**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 %. 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. Abbildung 1 zeigt, dass das Kältemittel R410A trotz einer hohen volumenstrombezogenen Kälteleistung (ca. 6700 kJ/m³) mit einem EER (nur Verdichter) von 6.0 weniger effizient ist als dieselbe Anlage mit dem Kältemittel R134a und einem EER (Verdichter) von 6.4 (ca. 3000 kJ/m³).

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 KALTWASSESTEMPERATUR 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 % (in Abbildung 3 hell eingefärbte Bandbreite), so ermöglicht eine korrekte Auslegung (Kaltwassertemperatur 14°C statt 6°C und Kondensationstemperatur 30°C statt 45°C) eine Effizienzsteigerung von gegen 250 %.

1 Berechnungsgrundlagen: Kondensationstemperatur (t_c) 35°C, Kaltwasser-
austritt (t_{WA}) zur Verdampfungstemperatur (t_o) gleich kleiner 5K. (z. B. für die
Berechnung der Werte der Kaltwassertemperatur von 14°C wird mit einer
Verdampfungstemperatur von 9°C gerechnet).

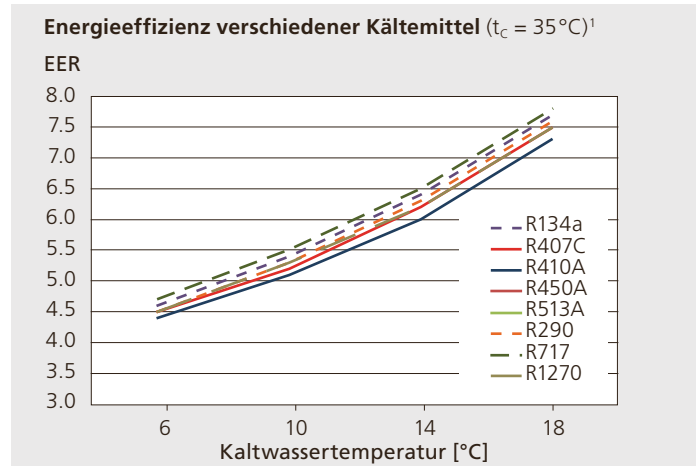


Abbildung 1: Energieeffizienz EER (nur Verdichter) mit verschiedenen Kältemitteln bei unterschiedlichen Kaltwassertemperaturen.

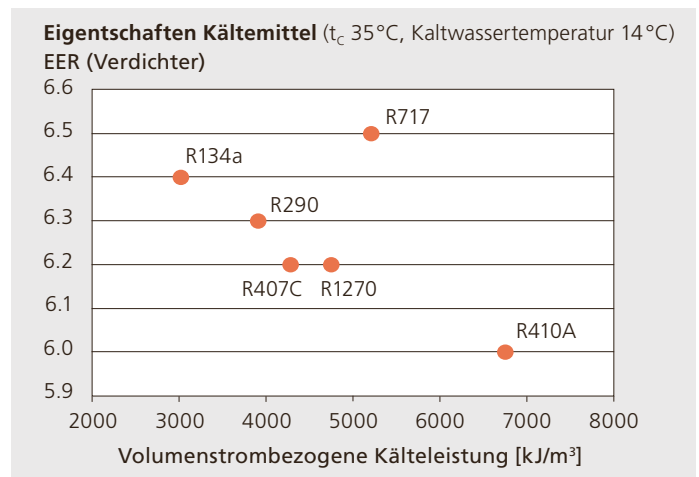


Abbildung 2: Volumenstrombezogene Kälteleistung verschiedener Kältemittel.

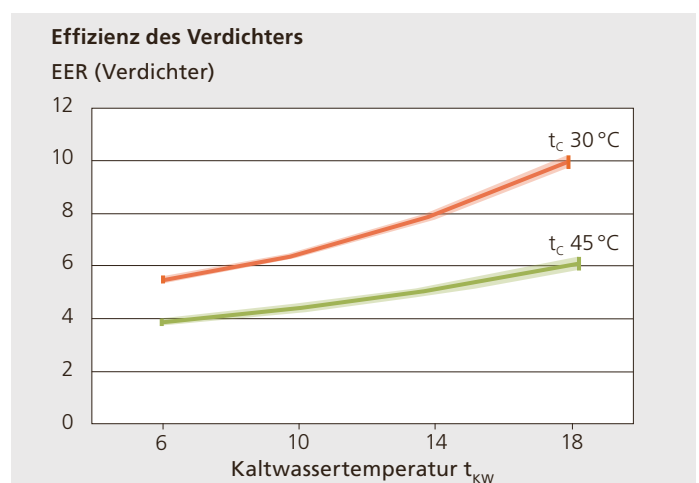


Abbildung 3: Effizienz des Verdichters (EER) bei unterschiedlichen Kaltwasser- und Kondensationstemperaturen. Je kleiner der Temperaturhub, desto effizienter die Klimakälteanlage.



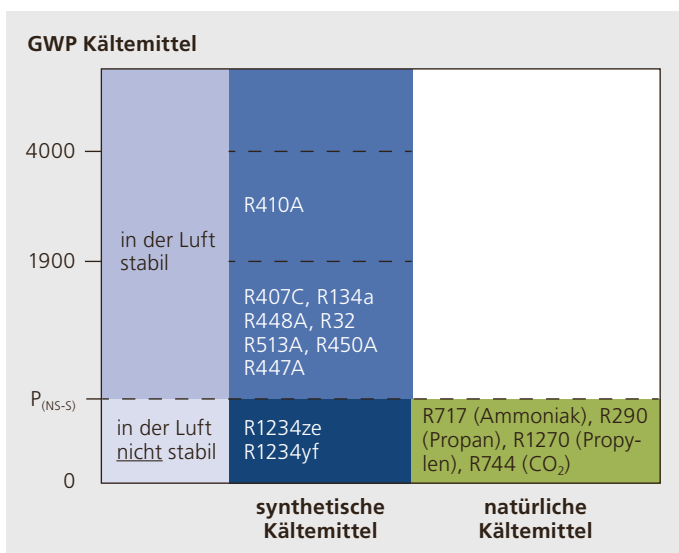
WO DARF WELCHES KÄLTEMITTEL EINGESETZT WERDEN?

Die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) legt fest, welches Kältemittel (abhängig von der Aufenthaltsdauer in der Luft und vom GWP) in welchen Anlagen (abhängig von der benötigten Kälteleistung) eingesetzt werden darf. 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 nochmals drei Gruppen. Solche mit einem GWP mit weniger als 1900, solche zwischen 1900 und 4000 und solche mit einem GWP von mehr als 4000. In diesem Dokument wird die Abgrenzung zwischen nicht stabil und stabil mit dem Punkt «P_(NS-S)» dargestellt.¹ Die untenstehende 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.

¹ Punkt «P_(NS-S)»: NS = nicht stabile, S = stabile Kältemittel



KÄLTELEISTUNG Q_o

Die in der ChemRRV aufgeführte Kälteleistung Q_o entspricht der maximalen Nutzkälteleistung der Kälteanlage. Eine Kälteanlage umfasst sämtliche Kältemaschinen und Kühlkreisläufe, welche

- dem gleichen Eigentümer gehören;
- auf ähnlichem Temperaturniveau arbeiten (≤ 4 K Differenz);
- im selben oder im benachbarten Maschinenraum liegen können;
- die Verbraucher über denselben Kälte-trägerkreislauf versorgen. Die Kälteleistung der Anlage ist definiert als die Nutzkälteleistung bei Spitzenverbrauch.

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 Ausnahmegewilligung für das Inverkehrbringen der betreffenden Anlage gewähren (siehe weitere Informationen, Seite 20).

NATÜRLICHE KÄLTEMITTEL DÜRFEN IMMER EINGESETZT WERDEN, WENN DIE SICHERHEITSVORSCHRIFTEN EINGEHALTEN WERDEN.

EINIGE KURZZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN

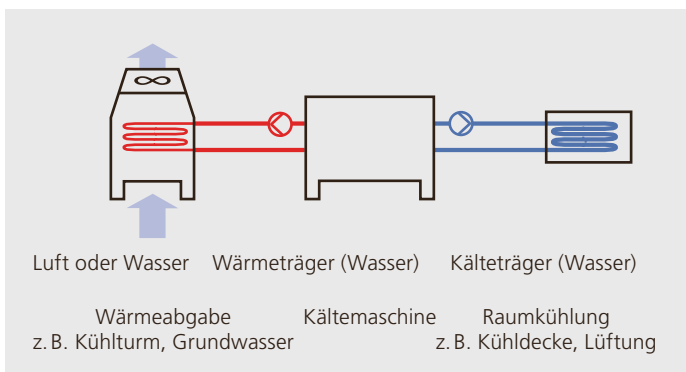
- R410A** R steht für Refrigerant – (englisch Kältemittel), 410A für die chemische Zusammensetzung des Kältemittels
- F-Gase** F-Gase sind fluorierte Treibhausgase mit hoher Klimawirksamkeit. Zu den F-Gasen zählen HFKW und PFKW
- GWP** Global Warming Potential (Treibhauspotenzial)
- HFKW** Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe enthalten kein Chlor, sind jedoch klimawirksam (GWP)
- PFKW** Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
- HFO** Hydro-Fluor-Olefine, auch Low-GWP-Kältemittel genannt

ERLAUBTE KÄLTEMITTEL IN DER KOMFORT-KLIMAKÄLTE

Komfort-Klimakälte-Anlagen dienen der saisonalen Klimatisierung von Gebäuden für die Behaglichkeit von Personen (z. B. Verkaufs- oder Bürogebäude, Verwaltungsgebäude, Schulen, Gebäude mit Versammlungsräumen, Hotels usw.). Als saisonale Klimatisierung gilt eine Betriebszeit der Kältemaschine von max. 8 Monaten pro Jahr.

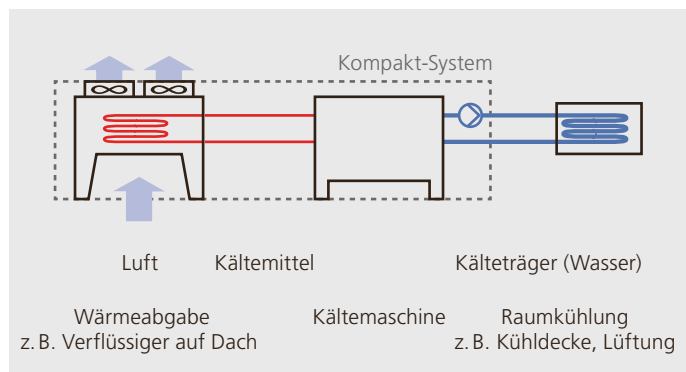
WASSERGEKÜHLTE KÄLTEANLAGEN

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



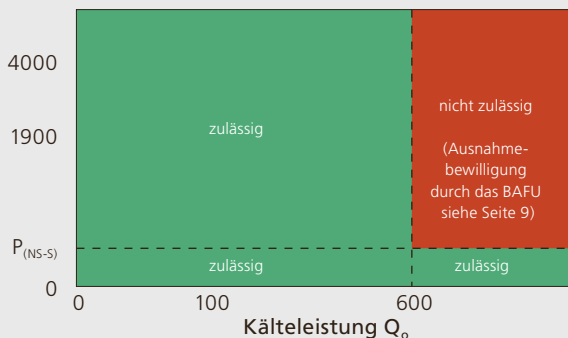
LUFTGEKÜHLTE KÄLTEANLAGEN

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



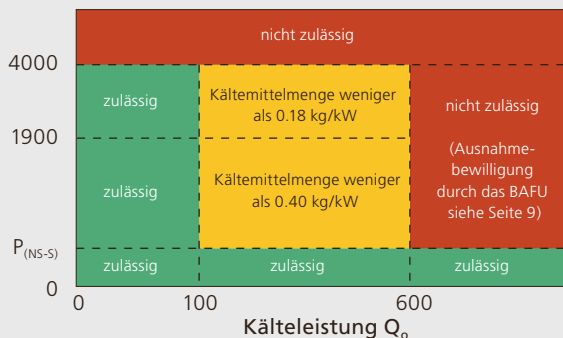
Ohne Abwärmenutzung

GWP Kältemittel



Ohne Abwärmenutzung

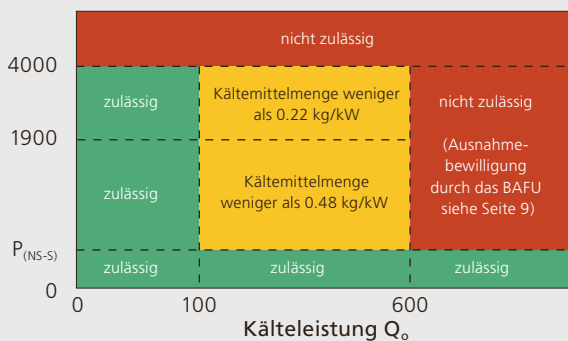
GWP Kältemittel



Mit Abwärmenutzung

Luftwärmetauscher für Entfeuchtung oder Nachheizung. Bei Anlagen mit einer Abwärmenutzung wird ein Teil der Abwärme für Heizung, Warmwasser oder Prozesse genutzt.

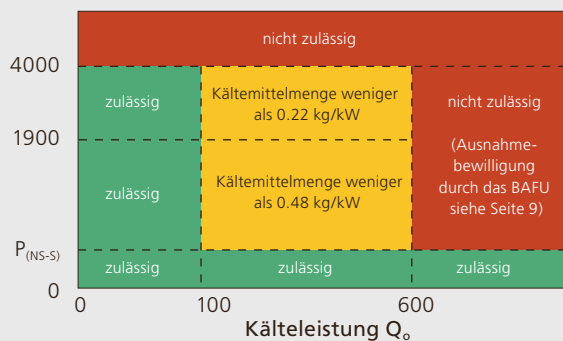
GWP Kältemittel



Mit Abwärmenutzung

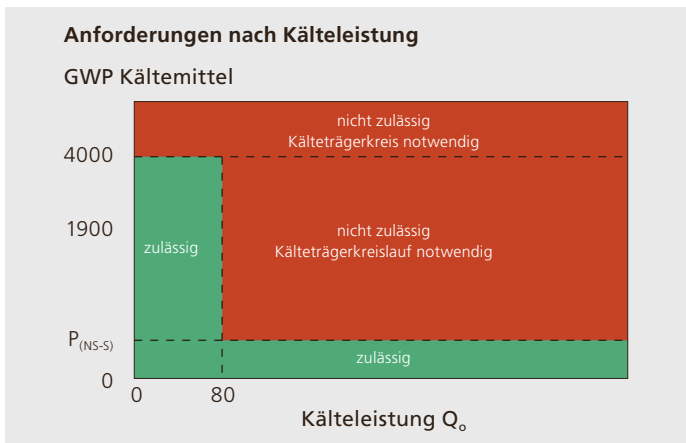
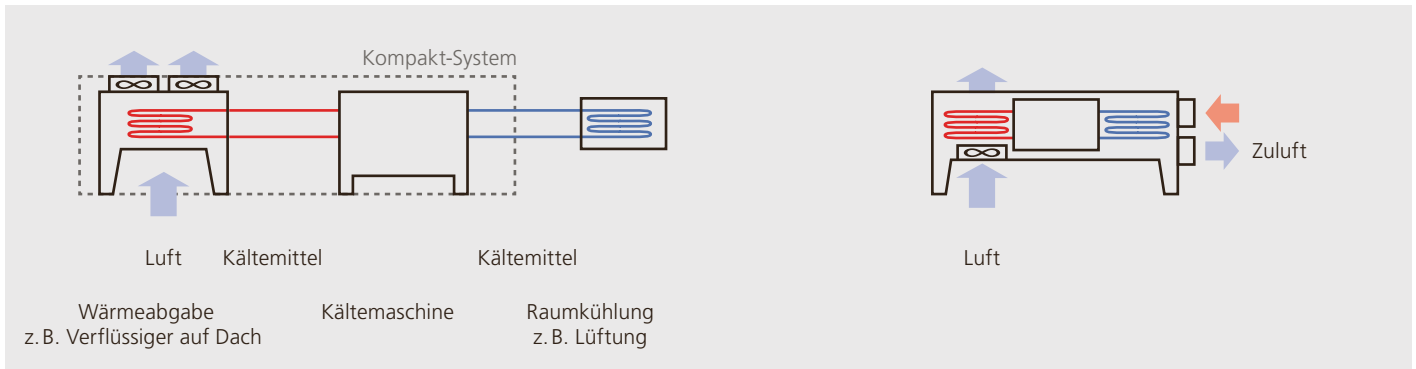
Bei Anlagen mit einer Abwärmenutzung über Flüssigkeitswärmetauscher wird ein Teil der Abwärme für Heizung, Warmwasser oder Prozesse genutzt.

GWP Kältemittel

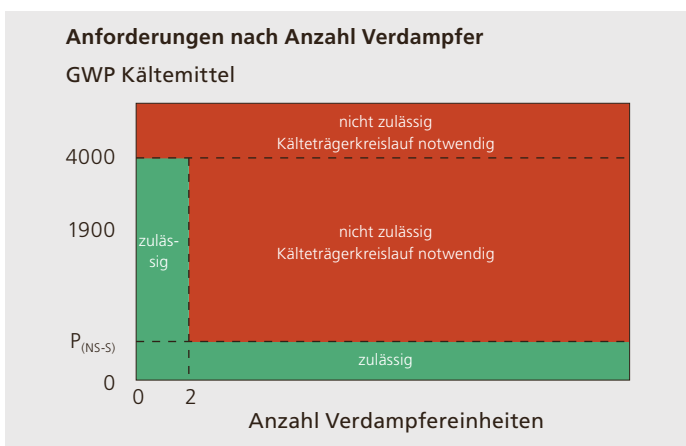


DIREKTVERDAMPFUNGSKÄLTEANLAGEN

Direktverdampfungs-Kälteanlagen haben keinen Kälte­träger­kreis­lauf. Dies gilt un­ab­hän­gig davon, ob die Ab­wärme an die Aus­sen­luft oder an einen Wär­me­träger über­ge­ben wird. In der Praxis trifft man oft kom­pak­te Sys­te­me an.



DIREKTVERDAMPFUNGSKÄLTEANLAGEN SIND ZULÄSSIG, WENN DIE KÄLTELEISTUNG MAXIMAL 80 KW BETRÄGT ODER WENN DIE ANLAGE MAXIMAL ZWEI VERDAMPFEREINHEITEN (LUFTKÜHLER) ENTHÄLT.

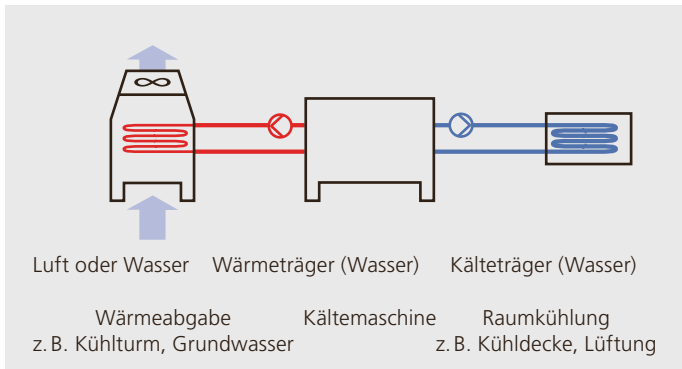


ERLAUBTE KÄLTEMITTEL IN DER INDUSTRIE-KLIMAKÄLTE

Zur Industrie-Klimakälte werden Anlagen zur Raumkonditionierung in der Industrie (z. B. Produktionsräume oder Labor) und im produzierenden Gewerbe, aber auch in Rechenzentren und in Spitälern gerechnet.

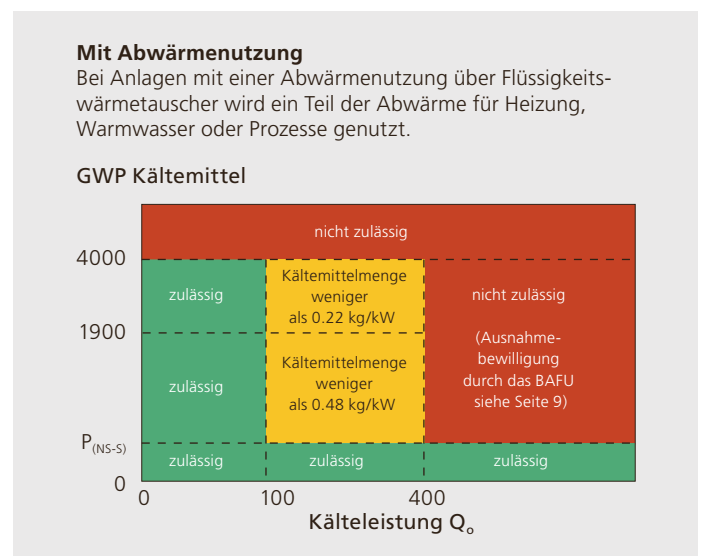
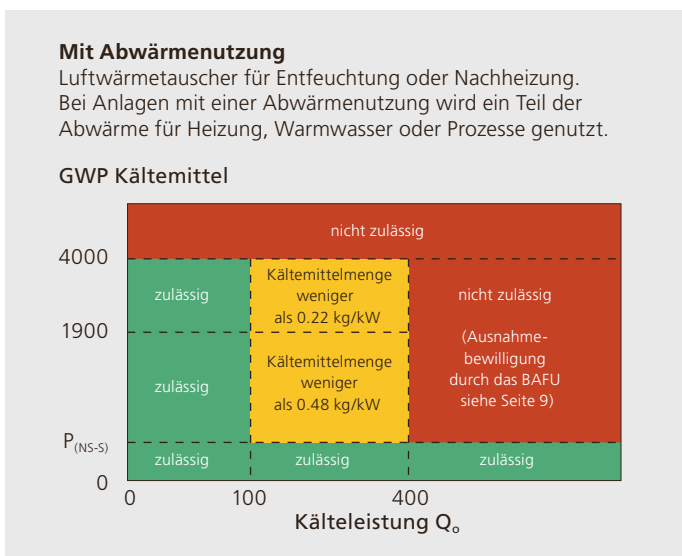
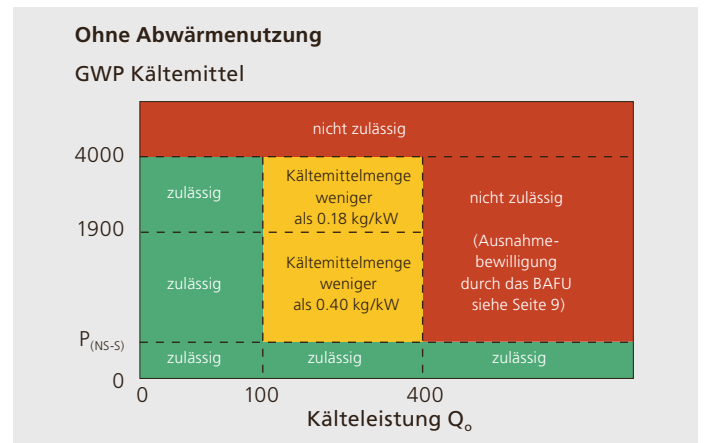
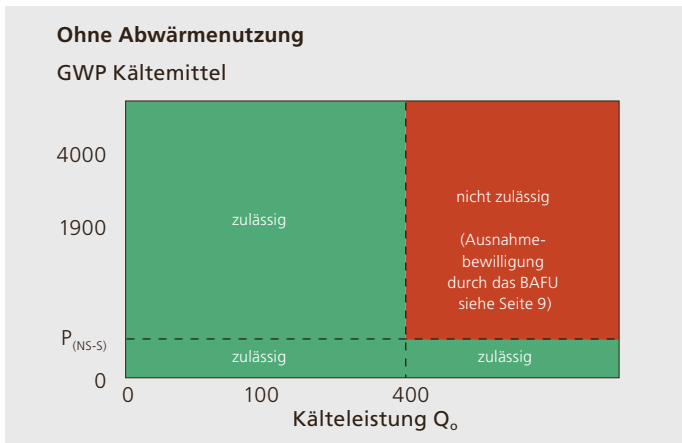
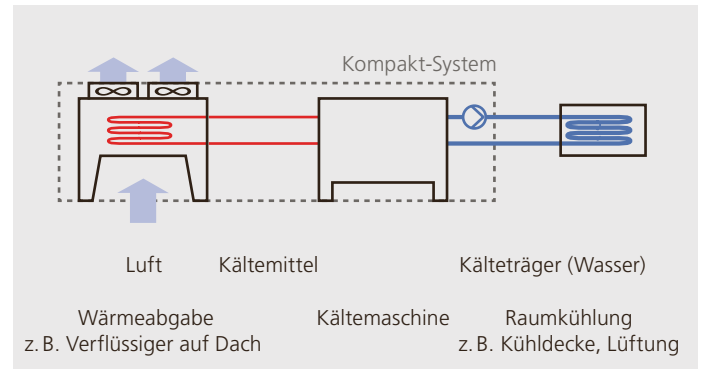
WASSERGEKÜHLTE KÄLTEANLAGEN

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



LUFTGEKÜHLTE KÄLTEANLAGEN

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

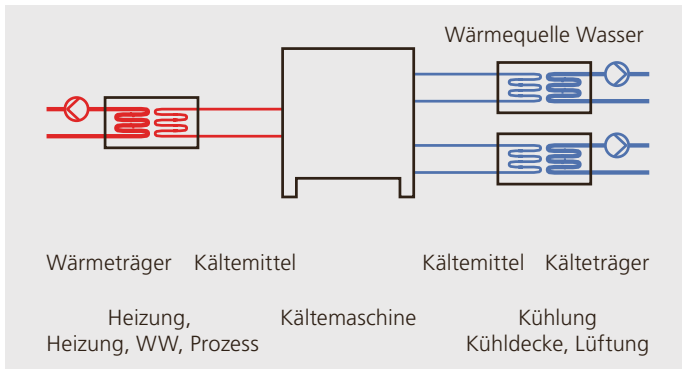


ERLAUBTE KÄLTEMITTEL BEI SYSTEMEN ZUM HEIZEN UND KÜHLEN

Systeme, die heizen und kühlen (polyvalente Systeme), produzieren Kaltwasser zur Klimatisierung und Warmwasser zum Heizen. Kann die Abwärme aus dem Kühlbetrieb nicht verwendet werden, dann wird diese über einen luftgekühlten Verflüssiger an die Aussenluft oder über einen wassergekühlten Verflüssiger ans Grundwasser abgegeben.

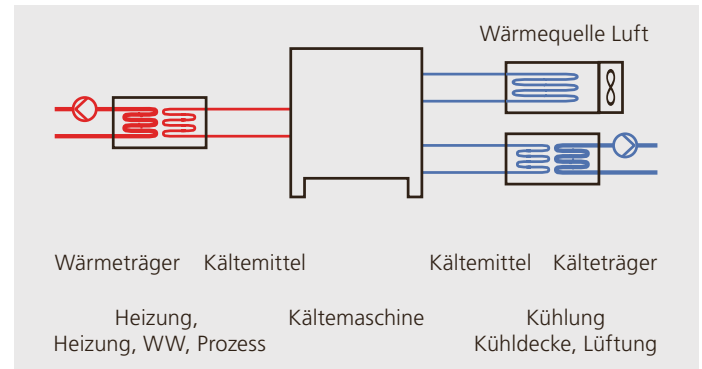
POLYVALENTE SYSTEME: WÄRMEQUELLE WASSER

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



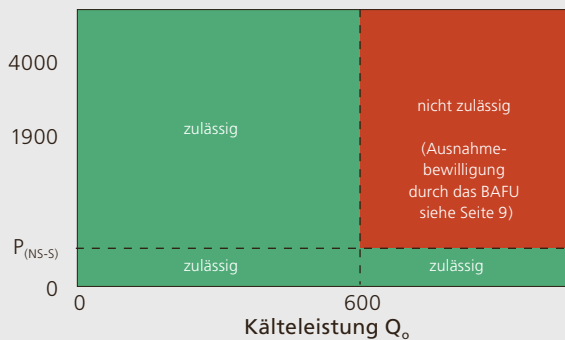
POLYVALENTE SYSTEME: WÄRMEQUELLE LUFT

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



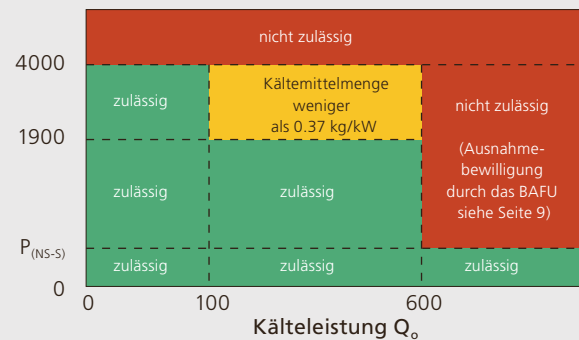
Nur Wasser bei Komfort-Klimaanlagen

GWP Kältemittel



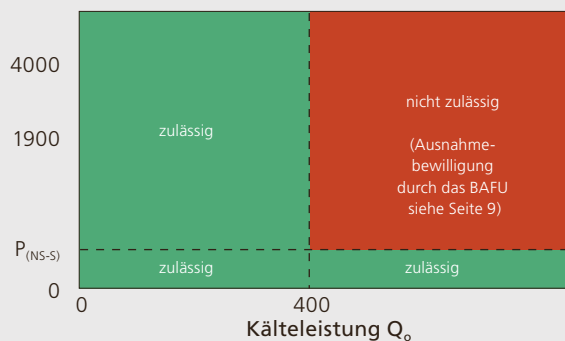
Mit 1 Luftwärmetauscher

GWP Kältemittel



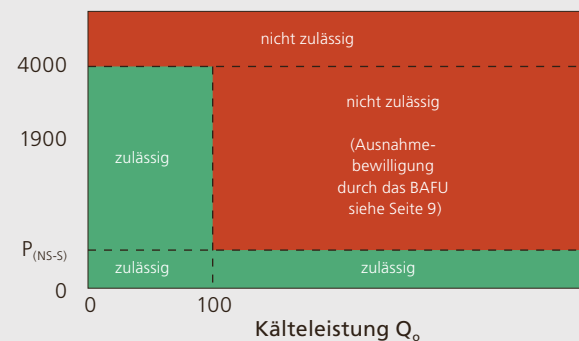
Nur Wasser bei Industrie-Anlagen

GWP Kältemittel



Mit 2 oder mehr Luftwärmetauschern

GWP Kältemittel



ERLAUBTE KÄLTEMITTEL IN VRV-VRF-KLIMASYSTEMEN

Mit VRV-VRF-Klimasystemen können innerhalb desselben Gebäudes die verschiedenen Gebäudezonen nach Bedarf beheizt, gekühlt und die 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- resp. Kälteflüsse.

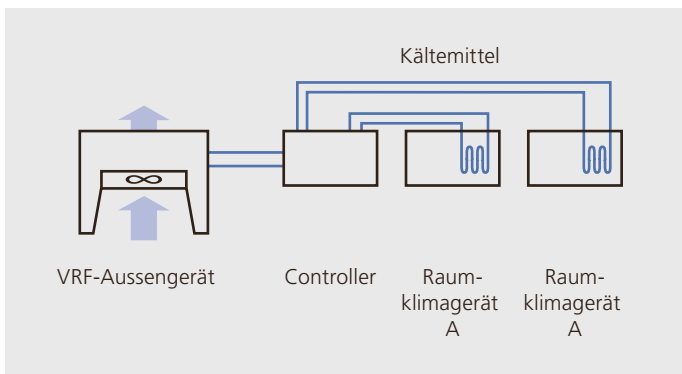
KLIMASYSTEME VRV-VRF

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

VRV: Variable Refrigerant Flow
= variabler Kältemittelmassenstrom

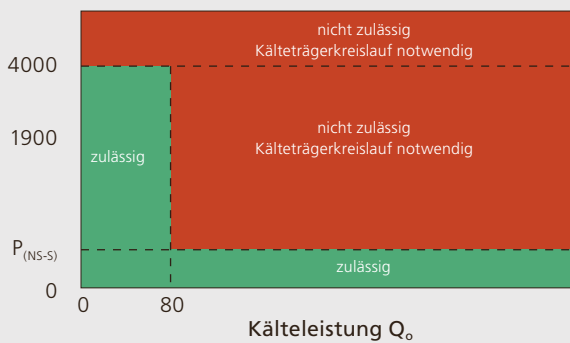
VRV: Variable Refrigerant Volume
= variables Kältemittelvolumen

BEI VRV-VRF-KLIMASYSTEMEN MIT MEHR ALS 40 VERDAMPFEREINHEITEN ODER EINER KÄLTELEISTUNG VON MEHR ALS 80 KW MUSS DIE KÄLTE ÜBER EINEN KÄLTETRÄGERKREISLAUF VERTEILT WERDEN.

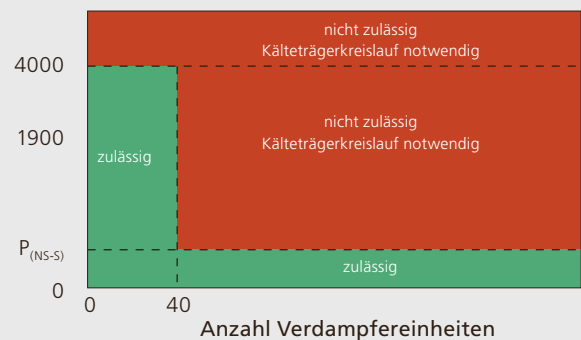


Die Anforderungen nach Kälteleistung Q_o und nach Anzahl Verdampfer müssen erfüllt werden

GWP Kältemittel



GWP Kältemittel



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 Überwachung der Toxizität im Personenzugang erforderlich

KOMBI-SPLIT-SYSTEM (KALTWASSER/WARMWASSER)

Bei diesem System wird die Energie über ein Kältemittel vom Aussengerät in eine Box (Controller) geführt. Die Box kann simultan kühlen und heizen und so auch die anfallende Abwärme nutzen. 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

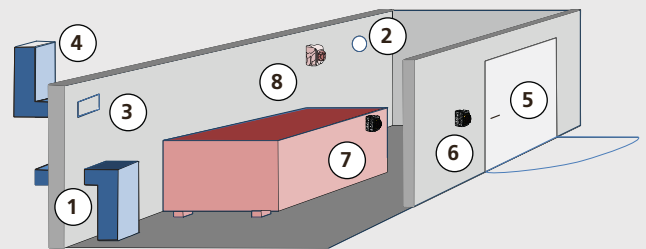


BAULICHE MASSNAHMEN

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

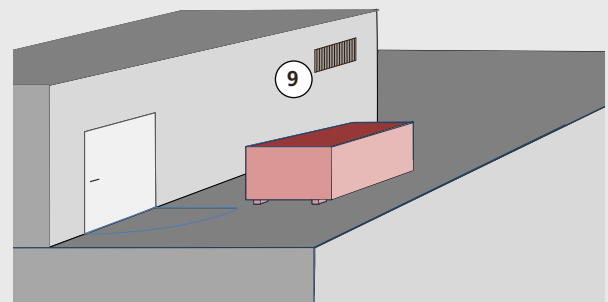
Im Folgenden werden die baulichen Massnahmen für Kältemittel der Sicherheitsklassen A1 und A2L vereinfacht beschrieben – im Sinne einer ersten Hilfestellung. (Im Zweifelsfall kommen immer die entsprechenden Originaltexte der SN EN 378 zur Anwendung.) Anlagen der Sicherheitsklassen A1 und A2L haben bei der Klimakälte einen Marktanteil von mehr als 80 %. Für die anderen in der Klimakälte eingesetzten Kältemittel – Propan (A3), Propen/Propylen (A3) und Ammoniak (B2L) – gelten erhöhte Sicherheitsanforderungen. Für diese Fälle muss die SN EN 378 beigezogen werden.

Aufstellungsort: Maschinenraum



Dicht geschlossene Gehäuse, die belüftet werden, können wie Maschinenräume betrachtet werden (SN EN 378-3, Punkt 4.6).

Aufstellungsort: im Freien



GEBÄUDENUTZUNGEN

Die SN EN 378-3 (Kapitel 5.1.1) unterscheidet drei verschiedene Nutzungstypen der Gebäude (Aufstellungsbereiche).

Gebäude mit Publikumsverkehr (a)

In diesen Gebäuden halten sich eine unkontrollierte Anzahl Personen auf. Diese sind mit den Sicherheitsvorkehrungen nicht vertraut.

Beispiele: Spitäler, Supermärkte, Schulen, Hotels, Gaststätten, Wohnungen, Restaurants etc.

Gebäude mit beschränktem Personenzutritt (b)

In diesen Gebäuden halten sich nur eine bestimmte Anzahl Personen auf. Mindestens eine ist mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut.

Beispiele: Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien etc.

Gebäude mit kontrolliertem Personenzutritt (c)

In diesen Gebäuden halten sich nur berechnete Personen auf. Diese sind mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut.

Beispiele: Produktionsbetriebe (Nahrungsmittel, Chemie, Molkeereien, Schlachthöfe), nicht öffentlicher Bereich von Supermärkten.

EINIGE WICHTIGE GRUNDSÄTZE FÜR DIE KÄLTEMITTEL A1 UND A2L

(Details in der SN EN 378-3) Punkt

Dichtigkeit

	Maschinenräume müssen dicht sein. Kältemittel, das entweicht, darf nicht in andere Räume gelangen.	5.2
①	Alle Stellen, an denen Rohrleitungen und Lüftungskanäle durch Wände, Decken und Böden dringen, müssen abgedichtet sein.	5.8

Luft und Lüftung

②	Der Maschinenraum muss mit ausreichend frischer Aussenluft versorgt werden.	5.13.1
③	Tritt Kältemittel aus, muss sichergestellt werden, dass dieses ins Freie abgeführt wird.	5.13.1
	Eine mechanische Notlüftung ist notwendig, wenn die Konzentration der Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 entweder den praktischen Grenzwert oder die Toxizitätsgrenze überschreitet.	5.13
④	Für Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L ist zusätzlich die untere Explosionsgrenze (LFL) zu beurteilen.	5.14
	Stehen andere Maschinen (Heizkessel, Druckluftkompressoren etc.) im selben Maschinenraum, dürfen diese keine Kältemittelgase ansaugen. Die Luft muss über ein eigenes Kanalsystem von aussen zugeführt werden.	5.3

Notmassnahmen

⑤	Ein Notausgang muss ins Freie oder in einen Notausgangskorridor führen.	5.12.2
⑥	Notaus-Schalter 1: Ausserhalb des Maschinenraums – in der Nähe der Türe – ist eine Fernabschaltung vorzusehen.	5.6
⑦	Notaus-Schalter 2: Im Maschinenraum muss ein Notaus-Schalter vorgesehen sein.	5.6
⑧	Alle Maschinenräume müssen mit Kältemittel-Detektoren ausgerüstet werden, sofern der praktische Grenzwert überschritten wird. Die Kältemittel-Detektoren müssen einen Alarm auslösen, die mechanische Lüftung (Sturmlüftung) einschalten.	9.1

Türen

	Für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 müssen die Türen nach aussen öffnen und eine Feuerbeständigkeit von 1h haben.	5.12.1
	Übersteigt die Füllmenge der Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L den zugelassenen praktischen Grenzwert (kg/m^3), muss der Raum entweder eine Tür haben, <ul style="list-style-type: none">• 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.	5.14.1

Anlagen im Freien

⑨	Bei einem Leck darf das Kältemittel nicht in Lüftungsöffnungen (z. B. Zuluftkanal), über Türen oder Dachöffnungen ins Gebäude eindringen.	4.2
---	---	-----

Hinweis zur Wahl der Brandmelder: Brandmeldern dürfen nicht auf Kältemittel-Nebel reagieren. Die Priorität des Einschaltbefehls der Lüftung ist mit der zuständigen Behörde oder Gebäudeversicherung zu klären (siehe ⑧).

Sofern restriktivere nationale oder regionale Bestimmungen vorhanden sind, haben diese vor den Anforderungen der Norm Vorrang.

AUFSTELLUNGSRORTE UND MAXIMALE FÜLLMENGE

Das eingesetzte Kältemittel, der Aufstellungsort der kältemittelführenden Teile und die Gebäudenutzung (siehe Seite 16) bestimmen die maximal erlaubte Kältemittelfüllmenge. Beim Aufstellungsort der Kälteanlage resp. der kältemittelführenden Teile werden folgende vier Klassen unterschieden:

- KLASSE I** 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** Alle kältemittelführenden Teile befinden sich in einem Maschinenraum oder im Freien.
- KLASSE IV** Alle kältemittelführenden Teile befinden sich in einem belüfteten Gehäuse.

Maximale Füllmenge für Kältemittel Klasse A1

Aufstellungsort	Anforderungen an die Füllmenge
Klasse III	Keine Begrenzung der Füllmenge
Klasse I Klasse II Klasse IV	Anforderungen an den praktischen Grenzwert und die Toxizität prüfen. Der höhere Wert ist massgebend (SN EN 387-1, Tabelle C1)

Maximale Füllmenge für Kältemittel Klasse A2L

Aufstellungsort	Anforderungen an die Füllmenge
Klasse III	Keine Begrenzung der Füllmenge
Klasse I Klasse II Klasse IV	Anforderungen an den Grenzwert der Brennbarkeit prüfen (SN EN 387-1, Tabelle C2)

DIE MAXIMALE FÜLLMENGE IST EINE SICHERHEITSTECHNISCHE VORGABE. DIESE KANN DURCH UMWELTVORGABEN NOCH VERSCHÄRFT WERDEN.

ELEKTRISCHE INSTALLATIONEN IN RÄUMEN, IN DENEN DAS KÄLTEMITTEL A2L EINGESETZT WIRD

Es muss sichergestellt werden, dass bei einem Kältemittelaustritt – sobald die Kältemittelkonzentration im Raum 25 % der unteren Explosionsgrenze (LFL-Wert) überschreitet – die elektrische Installation im Raum stromlos gemacht wird. Elektrische Elemente, die spannungsführend bleiben (z. B. Notbeleuchtung oder Ventilatoren) müssen explosionsgeschützte Ausführungen sein (zu beachten beispielsweise bei Klimatisierung von Hotelzimmern, die mit VRF-VRV-Anlagen mit HFO-Kältemitteln direkt gekühlt werden).



KÄLTEMITTELERSATZ

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.

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.

Achtung: Wird der Verdichter umgebaut, 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. Da bei einem Umbau einer bestehenden Kälteanlage ganz verschiedene Punkte die Einteilung beeinflussen (Veränderung bei der Kälteleistung, Tiefe des Eingriffes, wurden Wärmeübertrager ersetzt...) muss diese situativ mit der BAFU-Vollzugshilfe vorgenommen werden (Vollzugshilfe siehe Seite 20).

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.

WEITERE INFORMATIONEN

NORMEN, RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN

- Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV), SR 814.81, Anhang 2.10
- BAFU-Vollzugshilfe Kälteanlagen (2017)
- Ausnahmebewilligung durch das BAFU. «Gesuchsformular für eine Ausnahmebewilligung von Kälteanlagen», www.bafu.admin.ch
- Energiegesetz – Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE)
- Richtlinie zu Lagerung und Umgang mit Ammoniak, Eidgenössische Kommission für Arbeitssicherheit (EKAS)
- Instandhaltung von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen), Eidgenössische Kommission für Arbeitssicherheit (EKAS)
- 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 (Druckgeräterverordnung), SR 819.121 (1.7.2015)
- Wartung: Artikel 58 des OR (Haftung des Werkeigentümers)

VERTIEFENDE INFORMATIONEN

- Bitzer, Kältemittelrapport 19
- Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA)

LINKS

- Bundesamt für Umwelt BAFU: Über den Umgang mit Kältemitteln, www.bafu.admin.ch/chemikalien/01415/01426
- Schweizerische Meldestelle für Kälteanlagen und Wärmepumpen: www.meldestelle-kaelte.ch
- Förderprogramm Klimafreundliche Kälte Stiftung KLIK: www.kaelteanlagen.klik.ch
- Kampagne effiziente Kälte: www.effizientekaelte.ch

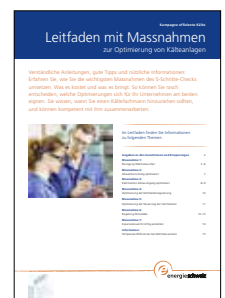
ENERGIE- UND KOSTENEFFIZIENZ

Die Kampagne effiziente Kälte zeigt den Betreibern von Kälteanlagen und den Kältefachleuten, wie sie mit praxistauglichen Massnahmen bestehende Kälteanlagen optimieren und neue Anlagen nachhaltig planen können. Gleichzeitig sensibilisiert die Kampagne die Installateure und Planer von Kälteanlagen für das Thema Energieeffizienz und stärkt ihre Kompetenzen in diesem Bereich: www.effizientekaelte.ch.

KÄLTEANLAGEN OPTIMIEREN

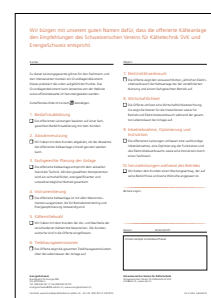
Bärenstark! So einfach senken Sie Ihre Kosten fürs Kühlen

- Der jährliche Kälte-Check
- Angenehmes Raumklima: 5 Tipps für den Sommer
- Leitfaden mit Massnahmen zur Optimierung von Kälteanlagen



KÄLTEANLAGEN NEU BAUEN

Leistungsgarantie Kälteanlagen inkl. Grundlegendokument



Quellen

Kältemittelrapport 18 und 19, Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen, 2015
ChemRRV, Bundesamt für Umwelt, Bern, 2015
Der Kälteanlagenbauer, Karl Breidenbach, Verlag C. F. Müller, 2002
Taschenbuch der Kältetechnik, Pohlmann, VDE-Verlag, 2013
Bilder: 123rf.com

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Vertrieb: www.bundespublikationen.admin.ch
Bestellnummer 805.405.D