

Kältemittelsituation in der Schweiz und Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung

GSK Management Tagung, Kloten 15.08.2024



Referatsinhalt

- ▶ Der SVK
- ▶ Kältemittelsituation Europa - Schweiz
- ▶ Kältemittel und Sicherheit am Aufstellungsort nach SN EN 378
- ▶ brennbare Kältemitteln am Beispiel Propan
- ▶ Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung

Zur Person Rolf Löhner

- ▶ gelernter Kältezeichner und dipl. Ing. HTL/FH
- ▶ ehemaliger Geschäftsleiter & Inhaber, seit 2022 Projektleiter, bei der Scheco AG in Winterthur
- ▶ Vorsitzender der technischen Kommission und Vorstandsmitglied des SVK



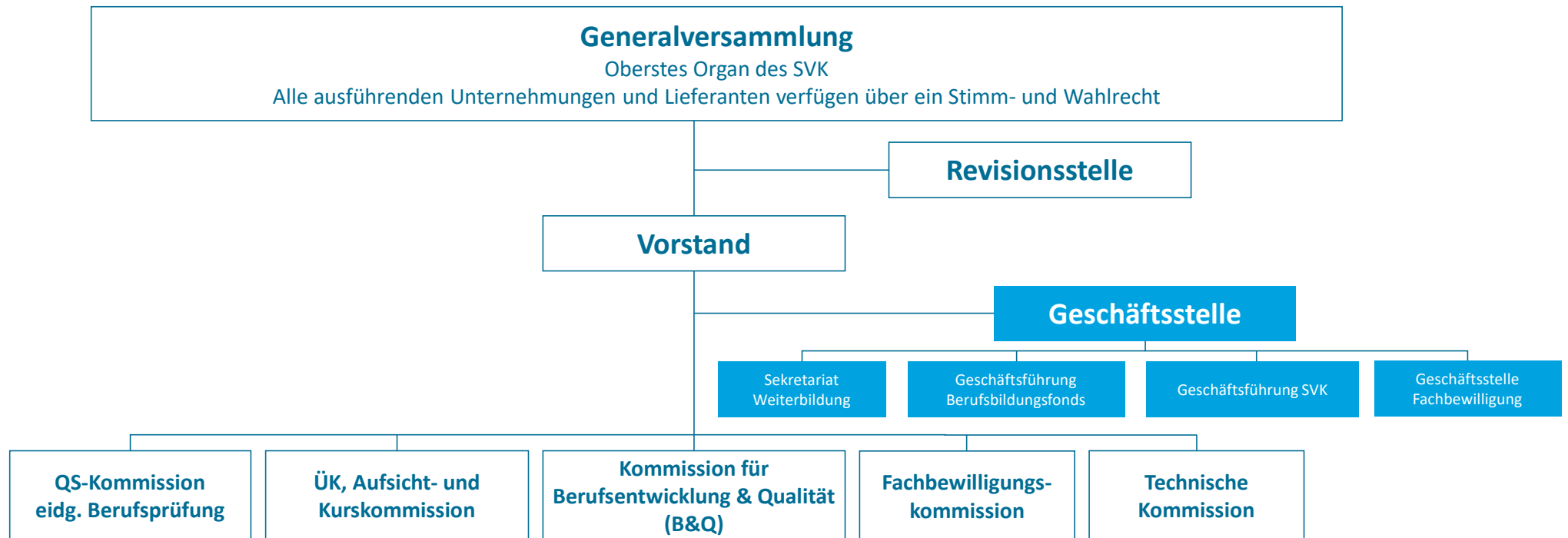
Der SVK

«facts and figures»

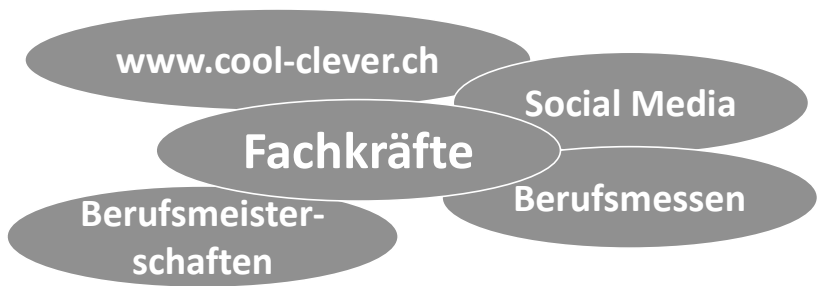
Gründungsjahr	1955
Rechtsform	Verein
2 Sektionen, Romandie und Tessin	SVK / ASF / ATF
Wirkungskreis	National
Mitglieder	> 320
Aktivmitglieder	ca. 70 %
Lieferanten-/Partnermitglieder (Industrie, Handel)	ca. 15 %
Einzelmitglieder	ca. 15 %

Ø Betriebsgrösse (nur Fachpersonal Kältebranche)	ca. 8 Pers.
Organisationsgrad (Marktvolumen)	ca. 70 %
Total im Verband organisierte Personen (nur Fachpersonal Kältebranche)	ca. 2'500 Pers
Total in der Branche beschäftigte Personen (nur Fachpersonal Kältebranche)	ca. 3'500 Pers.
Lehrplätze Grundausbildung EFZ/EBA (ganze Schweiz)	> 300

Organisation



Arbeitsschwerpunkte





Kältemittelsituation Europa - Schweiz

Treiber

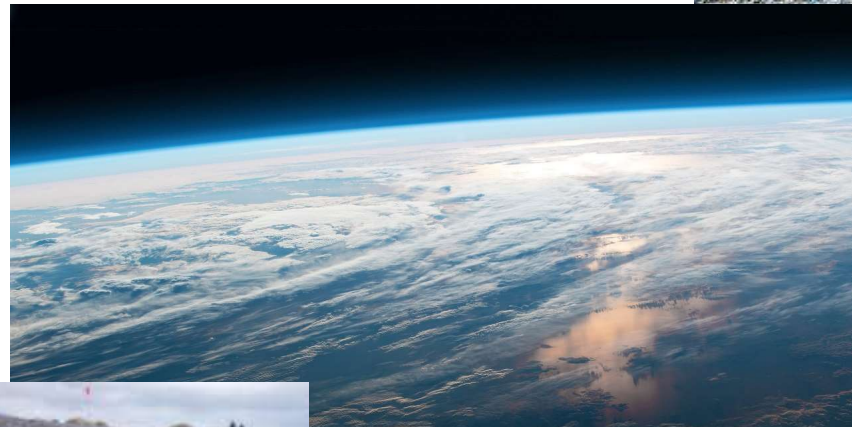
- ▶ Klimawandel, Treibhausgase
- ▶ Umweltverschmutzung
- ▶ Gesundheit

Regelwerke Europa

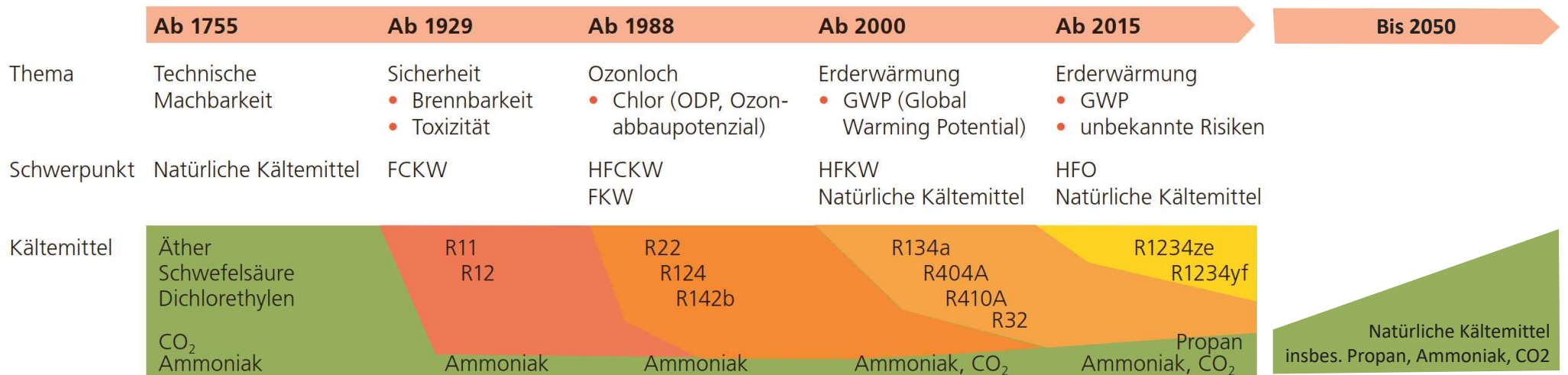
- ▶ F-Gase-Verordnung
- ▶ REACH-Verordnung

Regelwerke Schweiz

- ▶ Chemikaliengesetz
- ▶ ChemRRV



Historie der Kältemittel

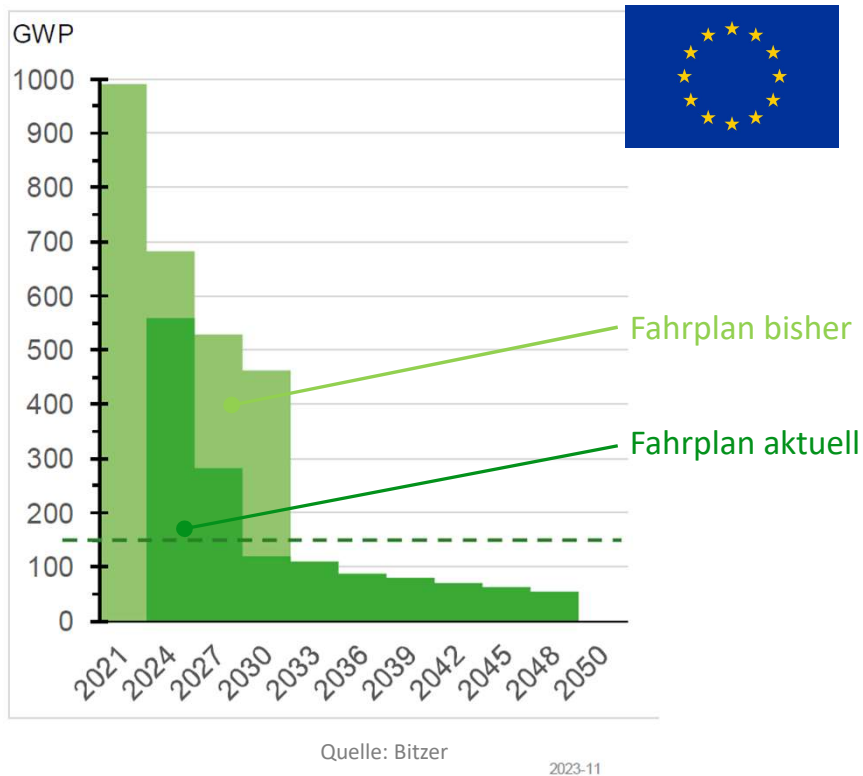


Quelle: Kältemittel-Fibel 2020, energieschweiz

[Link zu „Übersicht über die wichtigsten Kältemittel“ Bundesamt für Umwelt BAFU](#)

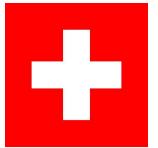
Europa (F-Gase Verordnung, Stand Vereinbarung 05.10.2023)

- Verordnung wurde 2023 revidiert. Ende der Verhandlungen Oktober 2023.

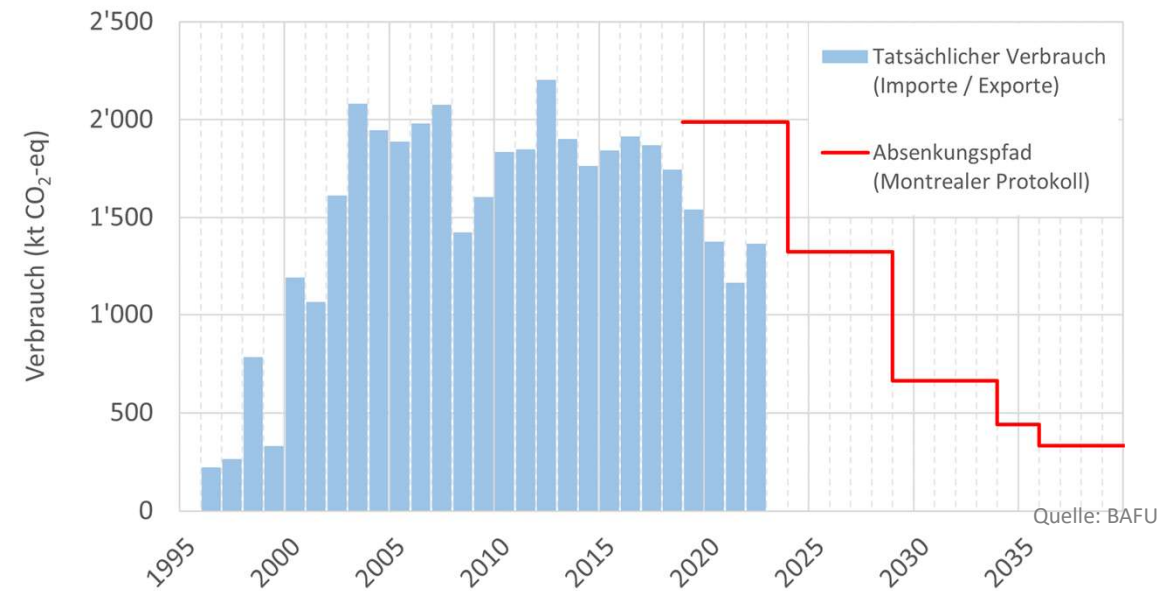


Schweiz (Chemikalien Risiko Reduktions Verordnung / ChemRRV)

- ChemRRV 2023 revidiert. Nur geringfügige Veränderungen. Aufgrund Verzögerungen bei EU war Abgleich CH-EU noch nicht möglich.
- 2024 Start erneute Revision ChemRRV: Ziel → Angleichung an Vorgaben EU.



HFKW Verbrauch in der Schweiz

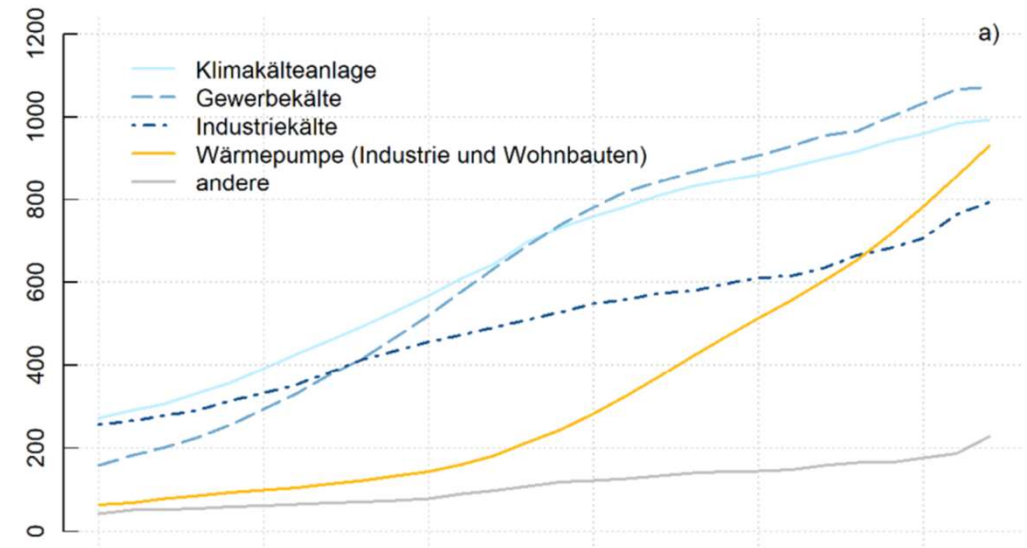
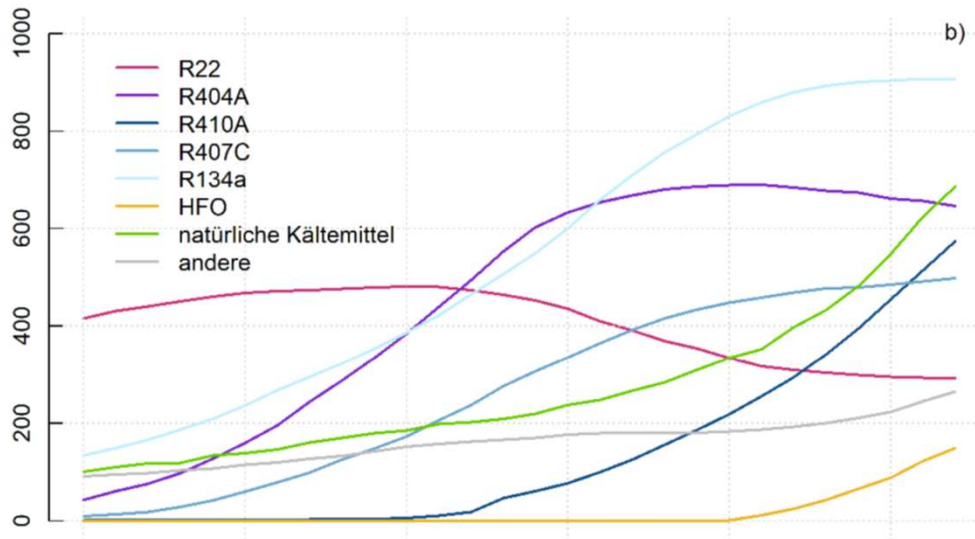


Auswertung von Kälteanlagen und Wärmepumpen

Auszug aus «Statistik der Anlagen mit Kältemitteln in der Schweiz: 1995–2022»

- ▶ mengenmässig deutliche Zunahme von natürlichen Kältemittel
- ▶ tendenziell grössere Anlagen (Industrie und Gewerbe) mit natürlichen Kältemitteln

Füllmenge in Tonnen



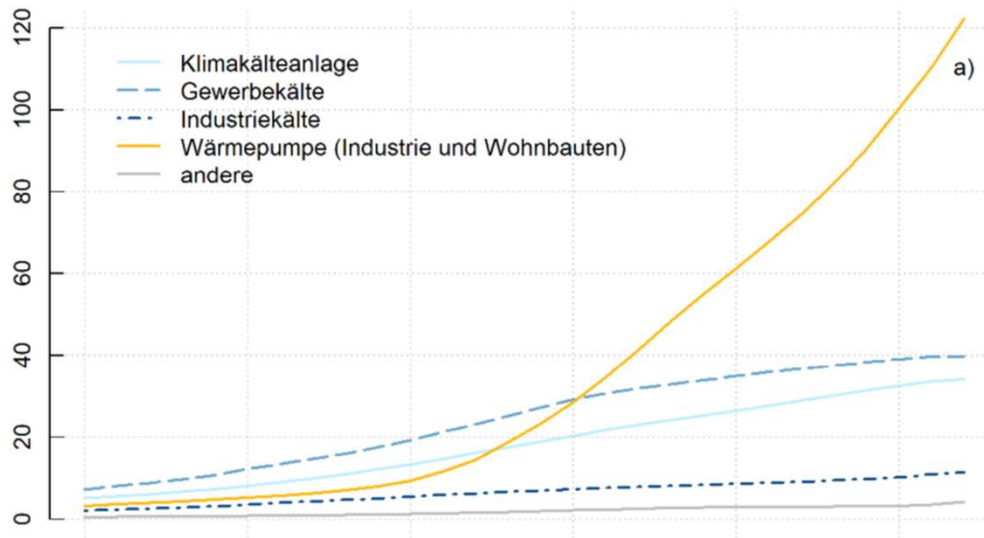
Quelle: BAFU, Statistik zu Anlagen mit Kältemittel (Internet-Pub 2024)

Auswertung von Kälteanlagen und Wärmepumpen

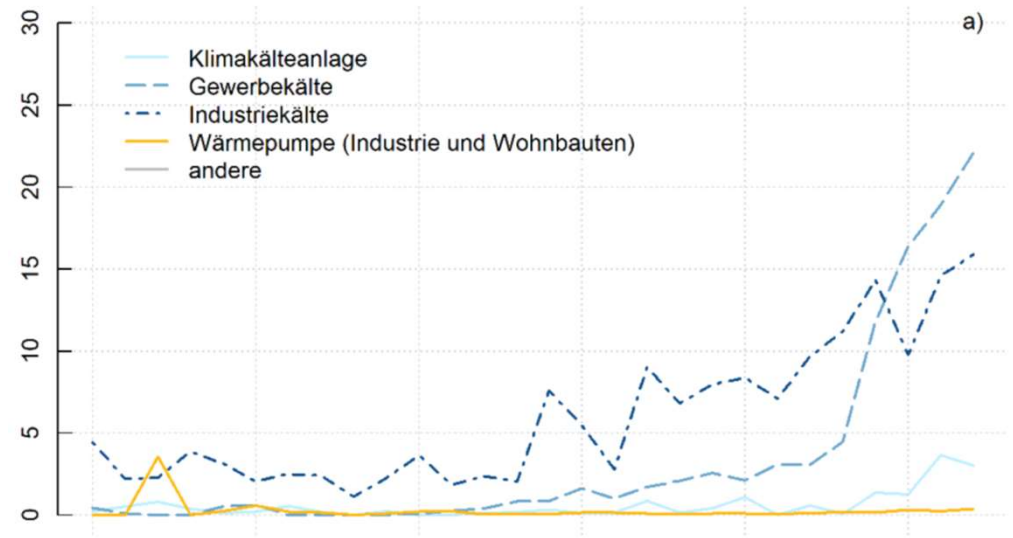
Auszug aus «Statistik der Anlagen mit Kältemitteln in der Schweiz: 1995–2022»

- ▶ starke Zunahme von Wärmepumpen
- ▶ kaum Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln

Anzahl Anlagen in 1'000 Stück



Anteil natürliche Kältemittel in %



Quelle: BAFU, Statistik zu Anlagen mit Kältemittel (Internet-Pub 2024)

F-Gase Verordnung, aktueller Fahrplan

	GWP ...	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
		steckerfertige Geräte											
Haushaltskühlschränke und Tiefkühler	< 150			no F-Gas*									
gewerbliche Kühlschränke und Tiefkühler, in sich geschlossen	< 150												
Geräte zur Raumkühlung	< 150									no F-Gas**			
Geräte zur Raumheizung					< 150					no F-Gas**			
Kühlung ohne Kälte Trägerkreislauf													
in sich geschlossen	< 2500		< 150*										
nicht in sich geschlossen	< 2500							< 150*					
Kühlung mit Kälte Trägerkreislauf													
Kälteleistung ≤ 12 kW					< 150*					no F-Gas*			
Kälteleistung, > 12 kW					< 750*								
Monoblock Klimakühlung und in sich geschlossene WP													
Kälteleistung ≤ 12 kW					< 150**					no F-Gas**			
Kälteleistung > 12 kW, < 50 kW					< 150**								
Kälteleistung > 50 kW								< 150**					
Splitanlagen (Klimakühlung und Wärmepumpe)													
Mono-Split < 3 kg			< 750										
Split Luft/Wasser ≤ 12 kW					< 150*								no F-Gas*
Split Luft/Luft ≤ 12 kW								< 150*					no F-Gas*
Split > 12 kW								< 750*			< 150*		

* Ausnahme, wenn Sicherheitsanforderungen nicht eingehalten werden können

** Ausnahme, wenn Sicherheitsanforderungen nicht eingehalten werden können und der GWP < 750 eingehalten wird.

ChemRRV Änderungen ab 01.01.2025

- ▶ Nachfüllverbot für Kältemittel mit GWP > 2500
 - ab 2025 dürfen nur noch rezyklierte Kältemittel mit GWP > 2500 nachgefüllt werden
 - ab 2030 generelles Nachfüllverbot für Kältemittel mit GWP > 2500
 - betrifft u.a. R404A, R507A
- ▶ Kältemittel gelten als Sonderabfall
 - Kältemittel, welche einem Gerät oder einer Anlage entnommen werden und nicht mehr nachgefüllt werden dürfen, gelten als Sonderabfall
- ▶ GWP-Grenze ≤ 750 für
 - Monosplit Wärmepumpen und Klimageräte mit einer Füllmenge < 3 kg
- ▶ GWP-Grenze ≤ 150 für
 - werksgefertigte, in sich geschlossene Klima- und Prozesskühler ohne Kälte-trägerkreislauf
 - werksgefertigte, in sich geschlossene Kälteanlagen für Lebensmittel und verderbliche Waren

ChemRRV relevanteste, vorgesehene Änderungen ab 01.01.2027 resp. Folgejahre

- ▶ Abgleich der Verbote und GWP-Grenzen mit der F-Gase-Verordnung
- ▶ Wärmepumpen zusätzlich
 - max. Kälteleistung für in der Luft stabile Stoffe 200 kW (bisher 600 kW)
- ▶ Kälteanlagen für Klima- und Prozesskühlung zusätzlich
 - max. Kälteleistung für in der Luft stabile Stoffe 200 kW (bisher 400 kW)
- ▶ Lebensmittelkühlung
 - Pluskühlung GWP-Grenze 750 (bisher 1500)
max. Kälteleistung 10 kW (bisher 40 kW)
 - Minuskühlung GWP-Grenze 750 evtl. 1500 (bisher 1500)
max. Kälteleistung 8 kW evtl. 5 kW (bisher 30 kW)
 - Tiefkühlung GWP-Grenze 1500
max. Kälteleistung 8 kW (bisher 30 kW)
- ▶ luftgekühlte Verflüssiger (alle Anwendungen)
 - max. Kälteleistung 50 kW (bisher 100 kW), wenn GWP > 750 (bisher 1900)



PFAS, TFA, REACH-Verordnung

▶ PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)

- ewige Chemikalien, d.h. äussert langlebig und schwer abbaubar
- wasser-, fett- und schmutzabweisend
- chemisch und thermisch stabil
- Einsatz in fast allen Bereichen des täglichen Lebens, Beispiele sind Dichtungen, Beschichtungen, Gleitlager, elektrische Isolationen, Kältemittel, funktionale Textilien, Kosmetika, Skiwachs, etc.

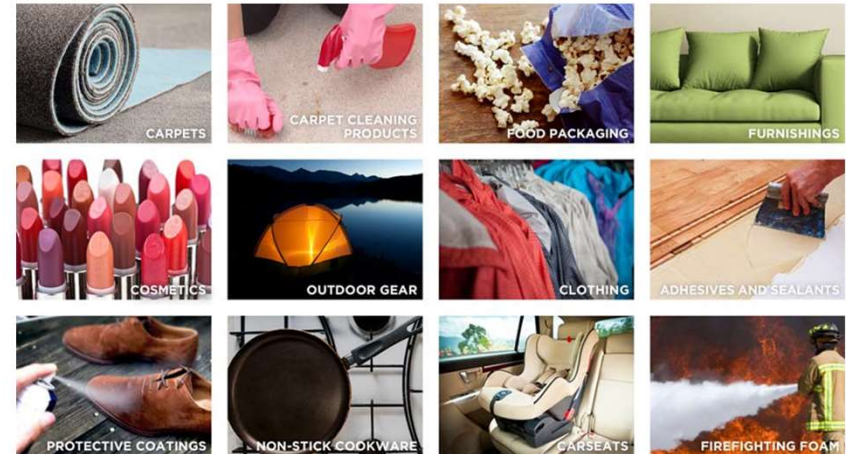
▶ TFA (Trifluoressigsäure)

- wasserlöslich und beständig, d.h. schwer abbaubar
- Abbauprodukt von synthetischen Kältemittel, speziell HFO wie R1234yf, R1234ze, etc.

▶ REACH-Verordnung (EU)

- regelt die Registrierung, Zulassung, Beschränkung und Bewertung chemischer Stoffe

Schweiz gleicht Gesetzgebung jeweils mit EU ab





Kältemittel und Sicherheit am Aufstellungsort nach SN EN 378

SN EN 378 Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

Wesentlich bezüglich Aufstellung

- ▶ Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien
- ▶ Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen

- ▶ Tipp: elektronische Planungshilfe zur SN EN 378 verwenden, (Demoversion siehe www.svk.ch)

Hauptsächlich für Hersteller und Instandhaltung

- ▶ Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation
- ▶ Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung

SN EN 378

Sicherheitsklassen

Toxizitätsklasse	
A1	B1
A2L	B2L
A2	B2
A3	B3

Kategorien der Zugangsbereiche

- Allgemeiner Zugangsbereich
- Überwachter Zugangsbereich
- Zugangsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben

Klassifikation der Aufstellungsorte von Kälteanlagen

- Klasse IV — Belüftetes Gehäuse
- Klasse III — Maschinenraum oder im Freien
- Klasse II — Verdichter im Maschinenraum oder im Freien
- Klasse I — Mechanische Geräte im Personen-Aufenthaltsbereich

Weitere Punkte für die Beurteilung / Zuteilung

- ▶ Menschlicher Komfort oder andere Anwendung
- ▶ Unterirdisch oder Oberirdisch
- ▶ spezifische Personenbelegung

Kältemittel mit Sicherheitsklasse A3, z.B. Propan (R290)

Beispiel aus der elektronischen Planungshilfe zur SN EN 378 des SVK

Toxizitätsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV
A	a	Füllmenge zulässig	Füllmenge zulässig		
	b	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Füllmenge zulässig		
		Andere	Keine Begrenzung der Füllmenge	Keine Begrenzung der Füllmenge	Keine Begrenzung der Füllmenge
	c	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Füllmenge zulässig		
Andere		Keine Begrenzung der Füllmenge			

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV
3	a	Menschlicher Komfort	Füllmenge nach SN EN 378-1, C.2 nicht zulässig		
		Andere Anwendung	Untertisch	Füllmenge nicht zulässig	Füllmenge zulässig Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten
			Obertisch	Füllmenge nicht zulässig	
	b	Menschlicher Komfort	Füllmenge nach SN EN 378-1, C.2 nicht zulässig		
		Andere Anwendung	Untertisch	Füllmenge nicht zulässig	Füllmenge zulässig Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten
			Obertisch	Füllmenge nicht zulässig	
c	Menschlicher Komfort	Füllmenge nach SN EN 378-1, C.2 nicht zulässig			
	Andere Anwendung	Untertisch	Füllmenge nicht zulässig	Keine Begrenzung der Füllmenge Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten	
		Obertisch	Füllmenge nicht zulässig	Füllmenge nicht zulässig	

Planungshilfe zur SN EN 378 | Projektdetails und erstellte Berechnungen

Berechnung

Berechnungsdatum: 16.01.2024
Erstelldatum/-Zeit: Dienstag, 16.01.2024 08:12:49

Projekt

Projektname:
Anlage: Wärmepumpe R290 (Beispiel)
Speicherpfad für Report:
[Projekt auswählen](#)

Grundparameter

Nur wesentliche Kältemittel

Kältemittel: R 290

Geplante Füllmenge [kg]: 8
Raumhöhe [m]: 10
Raumbauvolumen [m³]: 2.4
Brutto-Raumvolumen [m³]: 24
Umrechnungsfaktor Brutto-Netto-Raumvolumen: .85
Netto-Raumvolumen [m³]: 20.4

Zusatzparameter

Volumen belüftetes Gehäuse [m³]: 1.5
Höherfaktor Gehäus:
Aufstellung am Boden:
Tiefstes Geschoss:
Tiefstes Geschoss im UG:

Bewertung Luftwechsel

Maschinenraum
Wenn Sie Aufstellungsort II, III oder (IV in III) wählen, können Sie hier Eingaben machen und es werden Daten angezeigt

Netto-Raumvolumen Maschinenraum [m³]:
Maschinenraum mit Personenaufenthalt?
15-facher Luftwechsel pro Stunde (SN EN 378-3, 5.13.4) [m³/h]:
Erforderlicher Luftstrom für die mechanische Notlüftung (SN EN 378-3, 5.13.4) [m³/h]:

Belüftetes Gehäuse
Wenn Sie Aufstellungsort IV wählen, werden hier Daten angezeigt

Mindest-Volumenstrom der Gehäuselüftung (SN EN 378-2, 6.2.15) [m³/h]: 26.7

Bewertung
Die Gehäuselüftung muss nach einem der Betriebsmodi in SN EN 378-2, 6.2.15 betrieben werden. Der mindest-Volumenstrom der Gehäuselüftung übersteigt 15 Luftwechsel pro Stunde im Gehäuse. Es können 15 Luftwechsel pro Stunde verwendet werden (22.5 m³/h).

Bewertung

Bewertung max. Kältemittelfüllmenge
Füllmenge zulässig

Detektoren
Detektoren nach SN EN 378-3, 9.2 - 9.4 notwendig. Der Aufstellungsort von Gehäuse (I oder II) muss ebenfalls berücksichtigt werden. Wird das belüftete Gehäuse im Freien aufgestellt, genügt die Detektion im belüfteten Gehäuse. Bei Aufstellung im Maschinenraum sind das belüftete Gehäuse sowie der Maschinenraum zu überwachen.
Bei bestimmten Kältemitteln müssen zusätzlich Detektoren

LFL Hilfestellung

Max. mögliche Kältemittelkonz. im Raum [g/m³]: 0.39216
LFL ausgewähltes Kältemittel [g/m³]: 0.38
20% LFL [g/m³]: 0.076
LFL überschritten

Legende zu den hinterlegten Farben:
Grau: Das Resultat kann nicht berechnet werden - ergänzen Sie die Grundparameter, Zusatzparameter oder Auswahl. Grün: Die Kombination ist zulässig. Orange: Die Kombination ist unter Auflagen zulässig. Rot: Die Kombination ist nicht zulässig.

Speziell zu beachten bei brennbaren Kältemitteln

SUVA

- ▶ Factsheet: 66139 Kälteanlagen und Wärmepumpen sicher betreiben
- ▶ 2153: Explosionsschutz (Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen)
- ▶ 33030: Brennbare Flüssigkeiten und Gasflaschen auf Baustellen
- ▶ 44025: Propan und Butan (Schutzmassnahmen bei Gasaustritt im Freien)
- ▶ 66122: Gasflaschen
- ▶ 67132: Checkliste Explosionsschutz

EKAS

- ▶ 1825 Richtlinie Brennbare Flüssigkeiten (Lagern und Umgang)
- ▶ 6517 Richtlinie Flüssiggas (Lagerung und Nutzung)

Speziell zu beachten bei brennbaren Kältemitteln

VKF

- ▶ Brandschutzrichtlinie Wärmetechnische Anlagen

Diverse

- ▶ SN EN IEC 60335-2-40 und -89
- ▶ SES Merkblatt GWA - Gasdetektion in Kälteanlagen und Wärmepumpen

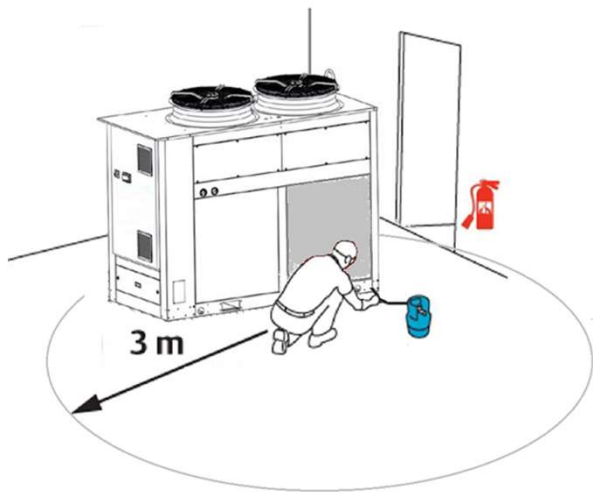
Suissetec / SVK / FWS (in Arbeit)

Umgang mit brennbaren, nicht-toxischen Kältemitteln der Sicherheitsklassen A3 und A2L in werksgefertigten, in sich geschlossenen Wärmepumpen und Kälteanlagen (Monoblockgeräte)

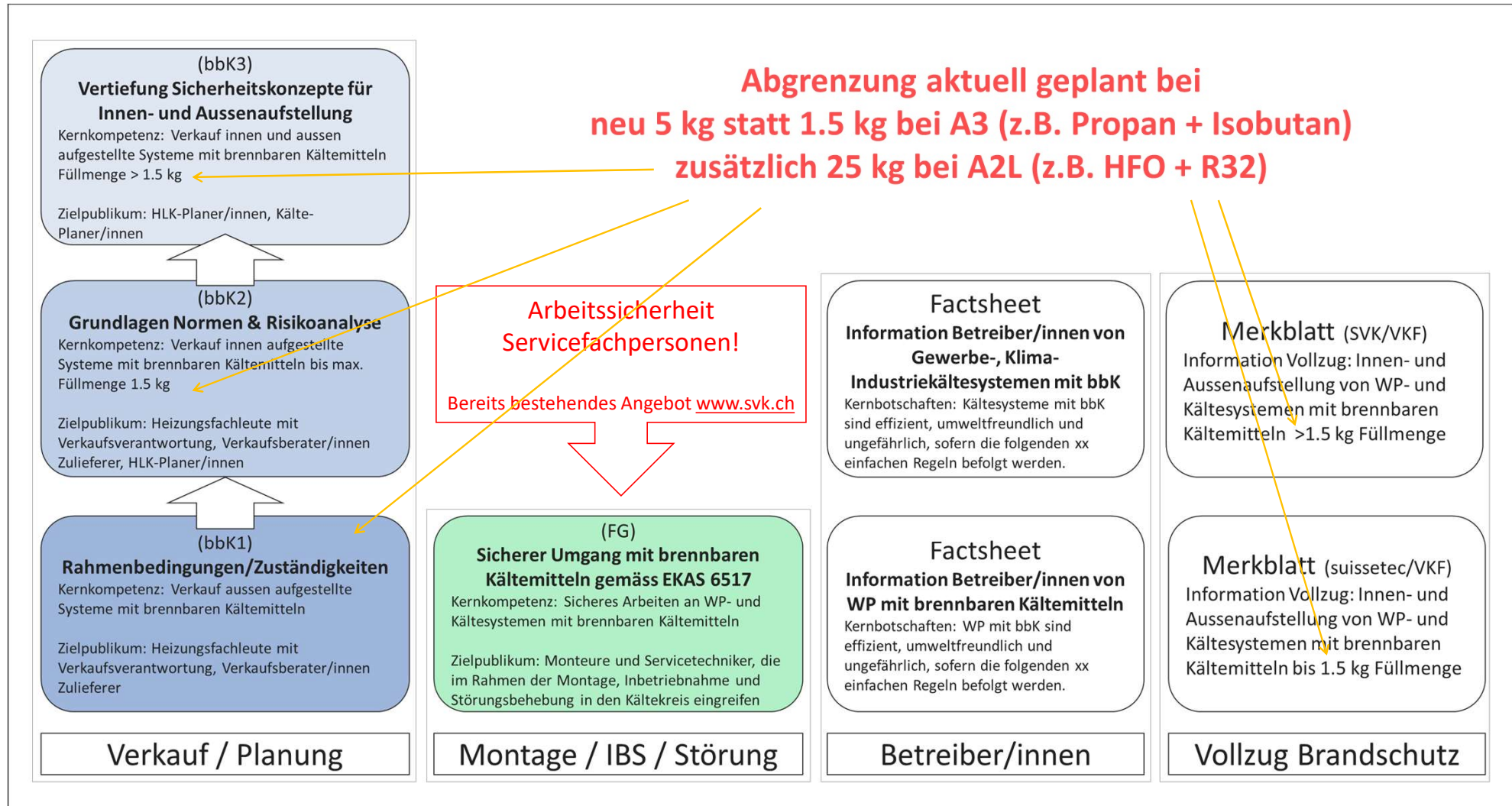
- ▶ 1. Teil: Füllmengen bis 5 kg wird ca. im 4. Quartal 2024 vorliegen.
- ▶ Ziele:
 - Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung (Standardlösung mit Checklisten)
 - zeitlich begrenzte Zwischenlagerung im UG (Lieferung bis Inbetriebnahme)
 - Wann ist der Einsatz von qualifiziertem und/oder eingewiesenem Personal notwendig

Arbeitssicherheit im Umgang mit brennbaren Kältemitteln

- ▶ auf mögliche Zündquellen in Maschinennähe achten
- ▶ nur zugelassenes Werkzeug verwenden
- ▶ Arbeiten am Kältekreislauf nur durch qualifiziertes Personal



Schulungsangebot (in Arbeit, gemeinsam mit suissetec, FWS, GKS SVK)





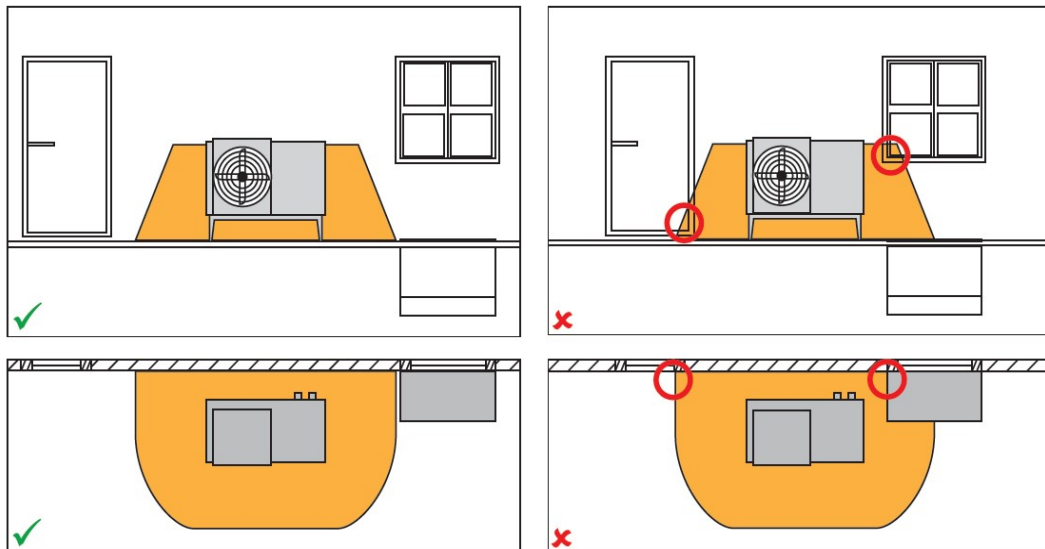
brennbare Kältemitteln am Beispiel Propan

Luft/Wasser-Wärmepumpe (Beispiel Aussenaufstellung, EFH)

Wichtig

Bei allen Wärmepumpen muss gewährleistet sein, dass im Falle einer Undichtigkeit **kein** Kältemittel ins Gebäude gelangen kann.

Im öffentlichen Zugangsbereich und Grundstücksgrenzen sind zusätzliche Auflagen möglich!



Risiken beachten

- ▶ Gebäudeöffnungen wie Fenster, Türen, Lichtschächte, Flachdachfenster, Lüftungsanschlüsse, etc.
- ▶ Grundstücksgrenzen, Geh- und Fahrwege, Senkungen oder Bodenvertiefungen, Pumpenschächte, Einläufe in Kanalisation, Abwasserschächte etc.
- ▶ Anordnung der Abblasleitung von Sicherheitsventilen, wenn vorhanden

Kältemaschine für Aussenaufstellung (Herstellerbeispiel Standardausführung)

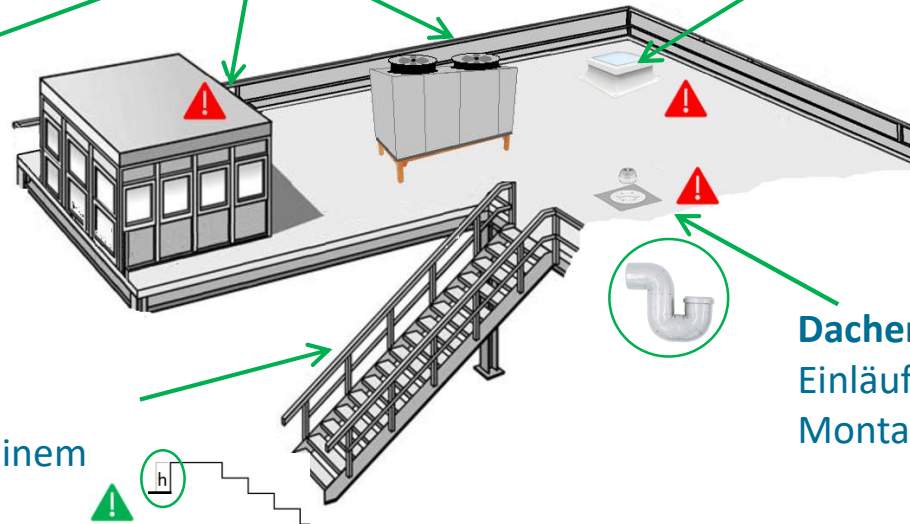


Wände

Abstand min. 2m, zu öffnende Fenster 5 Meter
Brüstungen: Abstand (bis 1m Brüstungshöhe) 1,5m

Flachdachfenster

Abstand 5 m



Treppenabgänge

Abstand 5m, ggf. mit einem Absatz

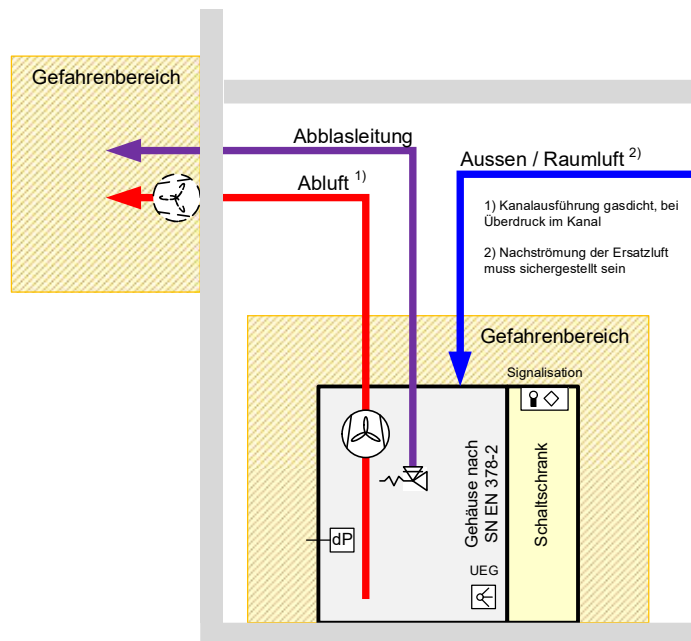
Dachentwässerungen

Einläufe verschliessen oder umplanen. Bei Montage im Bestand, Siphons nachrüsten

Kältemaschine / Wärmepumpe für Innenaufstellung mit belüftetem Gehäuse nach SN EN 378-2

Wichtig

Aufstellungsraum muss ein mindestens 10-mal grösseres Volumen als das belüftete Gehäuse haben



Sicherheitseinrichtungen inkl. Anschlüsse, Abstände etc. gemäss Herstellerangaben, u.a.

- ▶ Gehäuselüfter mit EX-Zulassung im Gehäuse oder extern im Lüftungskanal. Dauerbetrieb mit Differenzdruckwächter oder Einschaltung über Gassensor.
- ▶ Gassensor (Kältemittelüberwachung) und/oder Differenzdruckwächter Gehäusedruck zu Umgebungsdruck
- ▶ Abblasleitung ab Sicherheitsventil Kältemittel- und allenfalls Sekundärkreisläufe (Heizung, Sole, etc.)
- ▶ Entgasung Sekundärkreisläufe inner- oder ausserhalb des Gehäuses
- ▶ Signalisation optisch und akustisch
- ▶ etc.

Sicherheit in Sekundärnetzen

Gefahren

- ▶ Eindringen von Kältemittel in Sekundärsysteme über Leckagen an Wärmeübertragern
- ▶ Verteilung des Kältemittels über die Sekundärnetze (Wasser, Luft, etc.)

Massnahmen

- ▶ Überwachung der Sekundärnetze und Einleitung von Massnahmen bei Kontaminierung mit Kältemittel
- ▶ Sicherheitskonzept mit Gefahren und Risikobeurteilung interdisziplinär vor Baubeginn klären

Weitere Informationen

- ▶ Montage- und Betriebsanleitung der WP- und Kälteanlagen-Hersteller
- ▶ SWKI-Richtlinie HE300-01 « Sicherheitstechnische Einrichtungen für Heizungsanlagen»
- ▶ SVK-Merkblatt «Sicherheit und Hygiene in Verbindung mit Sekundärkreisläufen»



Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung

Dekarbonisierung startet beim Energiebedarf

Wo geht Energie «verloren»

- ▶ Verluste über Transmission, Lüftung, etc.
- ▶ keine zweckmässige Nutzung
- ▶ unnötig «sichere» Einstellwerte (u.a. Sollwerte für Temperatur, Feuchte, Volumenströme, etc.)

Energie effizient erzeugen

- ▶ effiziente, zweckmässige Systeme wählen
- ▶ Systemverluste vermeiden

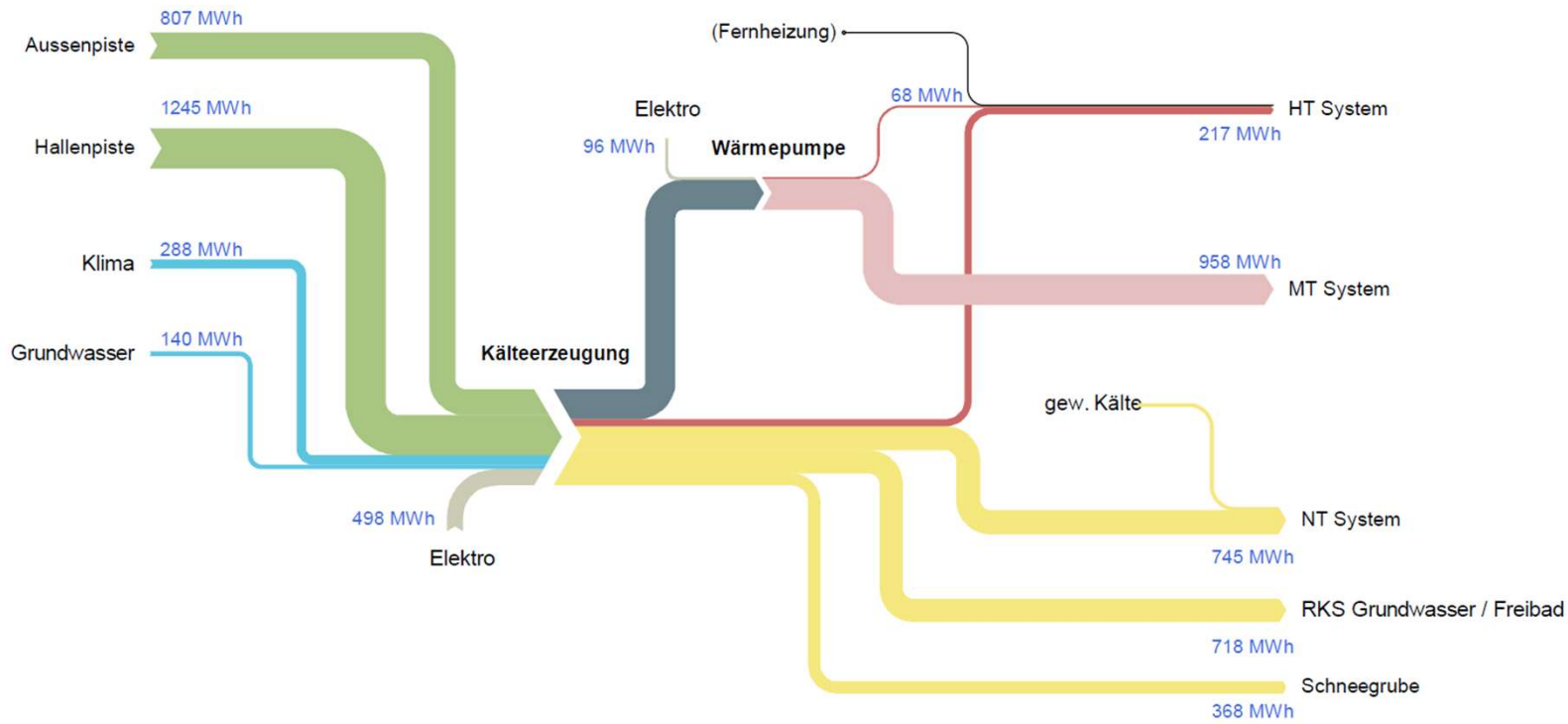
«Abfall» Energie über Synergien anderweitig nutzen

- ▶ Möglichkeiten Gewerk übergreifend suchen und umsetzen
- ▶ Gebäude – Areal - Quartier

Ziel ist immer nur so viel Energie wie nötig zu- resp. abzuführen



Energieflüsse koordinieren (Beispiel KEB Weyermannshaus, Bern)



Quelle: Leplan AG (Matthias Brügger), www.leplan.ch

Die Wärmepumpe als Ersatz von fossilen Wärmeerzeugern

Anwendungen bis 65°C

- ▶ Lösungen seit Jahrzehnten vorhanden und bewährt
- ▶ Stand der Technik

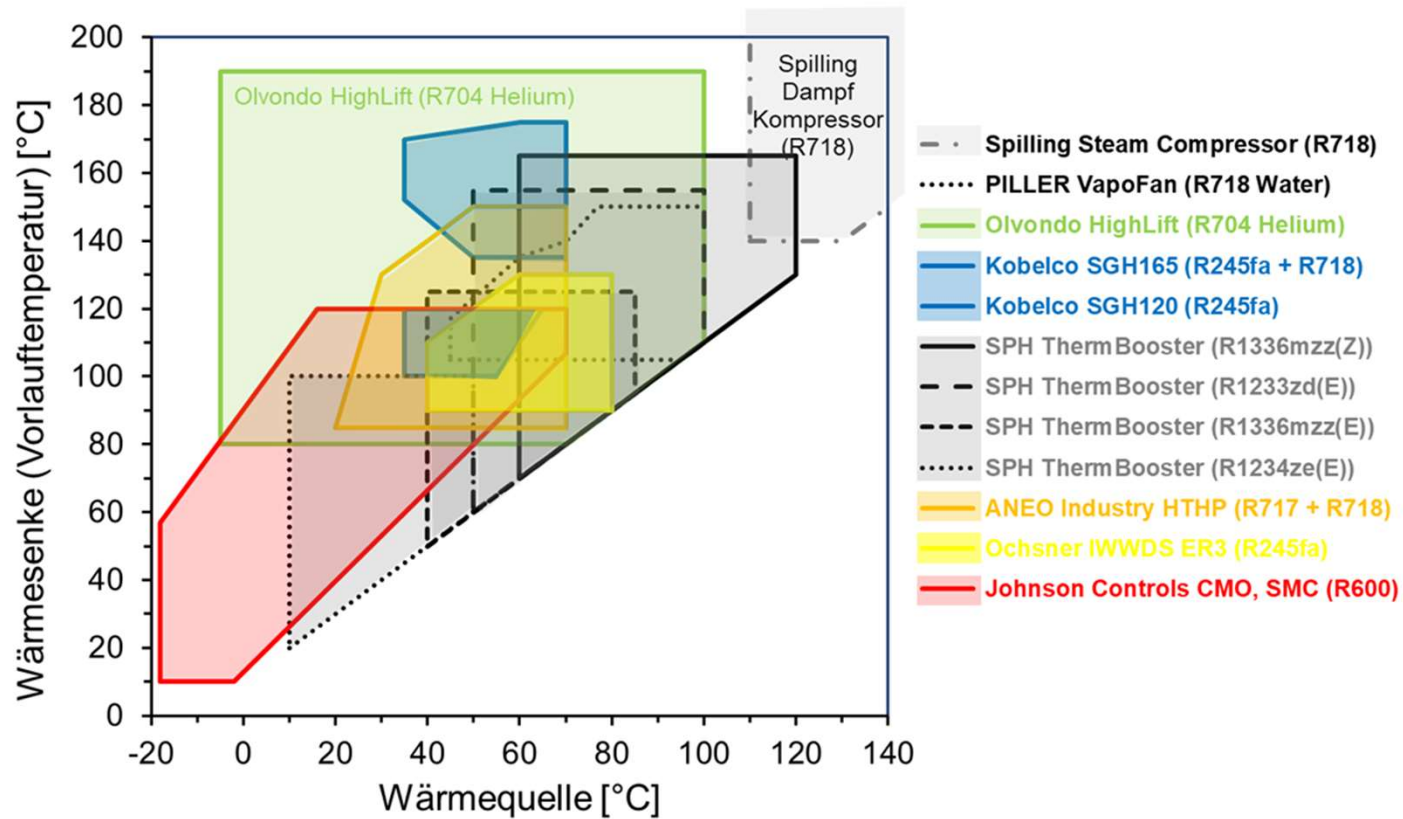
Anwendungen von 65°C bis 95°C

- ▶ Lösungen seit Jahren vorhanden
- ▶ Weiterentwicklungen kurz vor breiter Markteinführung

Anwendungen über 95°C

- ▶ Lösungen vorhanden
- ▶ Entwicklung geht sehr schnell voran, hauptsächlich durch die Industrie getrieben

Betriebskennfelder einiger Hochtemperatur-Wärmepumpen



Quelle: OST IES (Cordin Arpagaus), www.ost.ch/ies

Erneuerung Gewerbekälte mit Kältemittel R744 (CO₂)

Können Anlageteile weiterverwendet werden?

- ▶ Auf Grund der Anlagentechnik muss im Normalfall die Gesamtanlage ersetzt werden

Ist die R744-Kälteanlage effizienter als herkömmliche HFKW-Kälteanlage?

- ▶ Bei einem 1:1 Ersatz wird die Effizienz im Normalfall schlechter sein
- ▶ Mit einer guten Einbindung der Abwärmenutzung und einer zweckmässigen Rückkühlung kann die Gesamteffizienz deutlich besser sein

Was muss speziell bei R744 beachtet werden?

- ▶ Eine Havarielüftung kann schon bei relativ kleinen Kälteleistungen notwendig werden
- ▶ kritische Räume sind mit einer Gaswarnanlage (Kältemittelüberwachung) auszustatten
- ▶ Der Regelung ist mehr Beachtung zu schenken

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

