

BESCHREIBUNG FÜR PROJEKTE ZUR EMISSIONSVERMINDERUNG IN DER SCHWEIZ

Programm klimafreundliche Kälte, Programmmodul 3: Förderung von CO₂-Verbundkälteanlagen für kleine Verkaufsformate	
Dokumentversion	3.1
Datum	11.04.2016

INHALT

1. Angaben zur Projektorganisation
2. Technische Angaben zum Projekt
3. Abgrenzung zu weiteren klima- und energiepolitischen Instrumenten
4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderung
5. Nachweis der Zusätzlichkeit
6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

ANHANG

- A1. Anmeldeformular für Einzelprojekte im Rahmen des Programmes
- A2. Unterlagen zum Mustervorhaben
- A3. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen
- A4. Angaben zu Referenzszenario / Wirtschaftlichkeitsanalyse
- A5. Weitere Nachweisdokumente / Auszüge aus Studien

1. Angaben zur Projektorganisation

Projekttitel	Programm klimafreundliche Kälte, Programmmodul 3: Förderung von CO ₂ -Verbundkälteanlagen für kleine Verkaufsformate
Kurztitel	CO ₂ -Kälteanlagen für kleine Verkaufsformate
Version des Dokuments	3.1
Datum	11.04.2016

Gesuchsteller	Stiftung Klimaschutz und CO ₂ -Kompensation KLIK Freiestrasse 167 8032 Zürich
Kontakt	Mischa Classen +41 44 224 60 05 mischa.classen@klik.ch Beauftragter Projektentwickler: Christoph Leumann SIMULTEC AG, Hardturmstr. 261, CH-8005 Zürich 044 563 86 23 cl@simultec.ch
Einverständnis zur Veröffentlichung	<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach der Registrierung des Projekts durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden. <input checked="" type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach der Registrierung des Projekts durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ und die Daten im Feld „Kontakt“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden.

Zeitplan	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	22.06.2015	Ausführungsentscheid Mustervorhaben
Wirkungsbeginn		bei Realisierung des ersten Vorhabens

2. Technische Angaben zum Projekt

2.1. Allgemeine Informationen	
Projektstandorte	<i>Ganze Schweiz</i>
Projekttyp	<input type="checkbox"/> Abwärmenutzung <input type="checkbox"/> Abwärmevermeidung <input type="checkbox"/> Effizientere Nutzung von Prozesswärme <input type="checkbox"/> Energieeffizienz Gebäude <input type="checkbox"/> Produktion von Biogas (landwirtschaftlich, industriell) <input type="checkbox"/> Wärmeerzeugung durch Verbrennen von Biomasse <input type="checkbox"/> Nutzung von Umweltwärme <input type="checkbox"/> Nutzung von Solarenergie <input type="checkbox"/> Brennstoffwechsel für Prozesswärme <input type="checkbox"/> Effizienzverbesserung Personentransport / Güterverkehr <input type="checkbox"/> Einsatz von Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen <input type="checkbox"/> Abfackelung / Energetische Nutzung von Methan <input checked="" type="checkbox"/> Vermeidung und Substitution synthetischer Gase <input type="checkbox"/> Vermeidung und Substitution von Lachgas (N ₂ O) <input type="checkbox"/> Biologische Sequestrierung: Holzprodukte <input type="checkbox"/> andere: <i>Nähere Bezeichnung</i>
Technologie	Kälteanlagen mit dem natürlichen Kältemittel CO ₂

2.2 Art des Projekts		
<input type="checkbox"/> Einzelnes Projekt	<input type="checkbox"/> Projektbündel	<input checked="" type="checkbox"/> Programm
Treibhausgas(e)	<input type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> CH ₄ <input type="checkbox"/> N ₂ O <input checked="" type="checkbox"/> HFC <input type="checkbox"/> PFC <input type="checkbox"/> SF ₆ <input type="checkbox"/> NF ₃	

2.3 Beschreibung des Programmes

Ausgangslage:

Kältemittel aus teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) sind hochwirksame Treibhausgase (THG), die einen wesentlichen Beitrag zur Klimabilanz in der Schweiz liefern. Gemäss nationalem Inventar umfassten die Kältemittlemissionen 2013 rund 1.4 Mio Tonnen CO₂eq, wobei 765'000 Tonnen aus stationären industriellen oder gewerblichen Kälteanlagen stammten ([9], S. 236).

In Supermärkten und anderen Verkaufslökalen wurden bis vor wenigen Jahren fast ausschliesslich Kälteanlagen mit den Kältemitteln R404A (GWP 3'920) und R134a (GWP 1'430) gebaut. Mit der per 01.12.2013 in Kraft gesetzten Revision der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) wird der Einsatz von HFKW-Kältemitteln für Neuanlagen ab einer bestimmten Kälteleistung verboten, und es werden stattdessen üblicherweise Kälteanlagen mit dem natürlichen Kältemittel CO₂ (R744) gebaut. Für kleinere Verkaufsformate, z.B. Tankstellenshops oder Discounter sind aber CO₂-Anlagen weder vorgeschrieben noch wirtschaftlich. Diese Verkaufsformate setzen ohne Förderprogramm deshalb weiterhin überwiegend auf die klimaschädlichen HFKW-Kältemittel.

Programmziel:

Mit dem Programm sollen die Treibhausgasemissionen aus gewerblichen Kälteanlagen vermindert werden, indem CO₂-Anlagen unterhalb der Leistungsgrenze der ChemRRV gefördert werden. Dadurch werden die Treibhausgasemissionen während der Lebenszeit der Anlagen entscheidend vermindert. Die erzielten Emissionsreduktionen (ER) werden nach Art. 5 der CO₂-Verordnung bescheinigt.

Technologie:

In der Schweiz bestand von 2004 bis 2013 eine Bewilligungspflicht für HFKW-Kälteanlagen, wobei die Bewilligung an die Erfüllung des Standes der Technik gebunden war. Die seither in der Schweiz gebauten Supermarktkälteanlagen sind überwiegend Direktverdampfungsanlagen mit HFKW. Während vor ca. 2007 sowohl für die Tiefkühlung als auch für die Normalkühlung vorwiegend R404A eingesetzt wurde, haben sich seither separate Kühlkreisläufe mit R134a für die Normalkühlung weitgehend durchgesetzt. Für Verbundkälteanlagen, wie sie in kleineren Verkaufsformaten (Discounter, Tankstellenshops, Convenience-Shops, Lebensmittel-Einzelhandelsgeschäften) eingesetzt werden, ist dies nach wie vor Standard. Tiefkühlkreisläufe im Leistungsbereich von 3 bis 8 kW enthalten zwischen 10 und 25 kg R404A, Normalkühlkreisläufe im Leistungsbereich von 20 bis 60 kW zwischen 40 und 120 kg R134a.

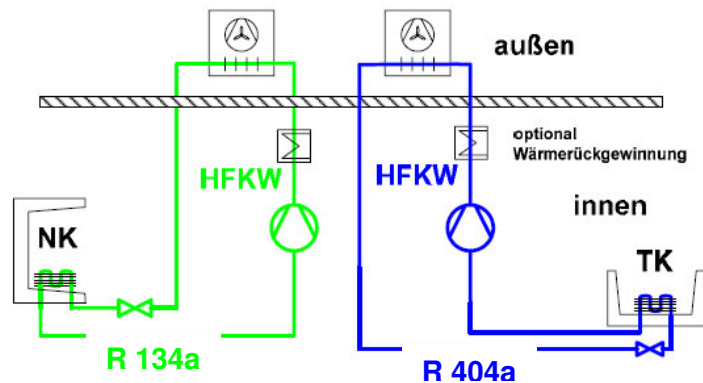


Abbildung 1: Typische HFKW-Gewerbekälteanlage mit separaten Kühlkreisläufen für NK und TK (Quelle [16])

Für grössere Supermärkte sind schon seit etwa 2007 R744-Anlagen weit verbreitet, besonders bei den Grossverteilern Migros und Coop. Üblich sind meist sogenannte Booster-Anlagen mit Direktverdampfung und zweistufiger Expansion (siehe Abbildung 2). Daneben existieren auch Hybridanlagen (subkritische Kaskadensysteme), die nur in der Tiefkühlung CO₂ einsetzen, in der Normalkühlung dagegen R134a. Technologisch unterscheiden sich CO₂-Anlagen massgebend von herkömmlichen, auf Kaltdampfprozessen basierenden Systemen, denn je nach Wärmeträgertemperatur wird der transkritische Bereich erreicht, in dem mit sehr hohen Betriebsdrücken von über 100 bar gefahren werden muss. Um bei diesen Betriebsbedingungen einen sicheren und energieeffizienten Betrieb zu erreichen, sind anspruchsvollere technische Lösungen erforderlich.

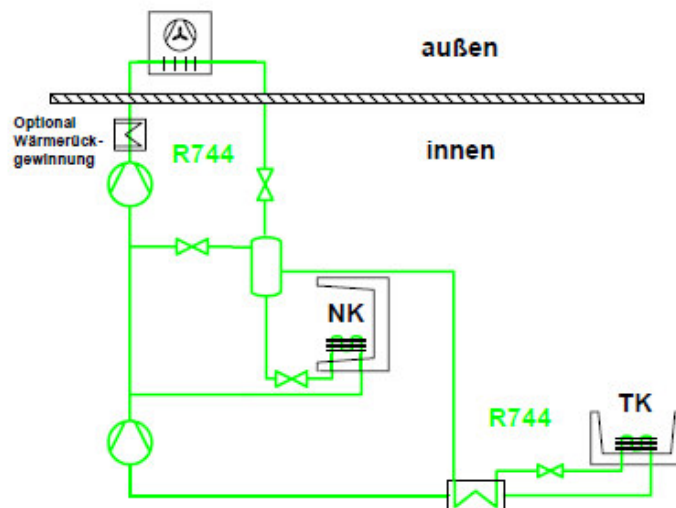


Abbildung 2: transkritische CO₂-Anlage mit Direktverdampfung und zweistufiger Expansion (Quelle [16])

Dieser technische Aufwand wirkt sich auch auf die Wirtschaftlichkeit aus: Je kleiner die benötigte Kälteleistung, desto höher sind die Preisunterschiede zwischen konventioneller HFKW-Technologie und CO₂-Technologie. Für kleinere Verkaufskälteanlagen, also im Einsatzbereich des vorliegenden Programmes, werden heute CO₂-Anlagen nur von wenigen Herstellern überhaupt angeboten, und sie sind noch kaum verbreitet (vgl. dazu auch Kapitel 5: Praxisanalyse).

<p><i>Referenzszenario:</i></p> <p>Zum Projektszenario, in dem dank Förderung aus dem Programm CO₂-Anlagen gebaut werden, sind grundsätzlich 2 Alternativszenarien denkbar, die im Folgenden ausgeführt und kommentiert werden:</p>			
	Szenario	Wahrscheinlichkeit	Kommentar
A0 (=R)	<i>Es werden stattdessen HFKW-Kälteanlagen gemäss dem Stand der Technik gebaut (Normalkühlung R134a, Tiefkühlung R404A)</i>	<i>sehr hoch</i>	<i>Entspricht der üblichen Praxis.</i>
A1	<i>Es werden auch ohne Beiträge CO₂-Anlagen gebaut.</i>	<i>klein</i>	<i>CO₂-Anlagen sind im Anwendungsbereich des Programmes nicht vorgeschrieben, nicht wirtschaftlich (vgl. Kapitel 5) und bis heute nicht üblich.</i>
A2	<i>Es wird stattdessen eine andere technische Lösung realisiert, die weniger Treibhausgasemissionen bewirkt als die Referenzanlage.</i>	<i>klein</i>	<p><i>Theoretisch kämen insbesondere die folgenden Alternativen in Frage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- steckerfertige Kühlgeräte anstelle einer Verbundkälteanlage (Nachteil. Abwärme bleibt im Raum)</i> <i>- Verbundkälteanlage mit HFKW-Kältemitteln mit tieferem GWP</i> <i>- Kombination CO₂/R134a (Kaskade)</i> <p><i>Diese Alternativen erfüllen entweder die üblicherweise an die Kälteanlage gestellten Grundanforderungen nicht, oder sie sind weniger wirtschaftlich als A0. Keine dieser Alternativen ist deshalb bis heute in den entsprechenden Verkaufslökalen verbreitet (weitere Angaben dazu: Kapitel 5 und Anhang A4).</i></p>
<p>Fazit: Referenzszenario ist Szenario A0 (HFKW-Kälteanlagen gemäss dem Stand der Technik). Dieses Szenario ist ohne Klimaschutzmassnahmen für den Betreiber der Anlage aus betrieblicher und wirtschaftlicher Sicht am vorteilhaftesten, und es entspricht der üblichen Praxis.</p> <p>Dass ohne Programm nicht damit gerechnet werden kann, dass im Einsatzbereich des Programmes in nennenswertem Umfang CO₂-Anlagen gebaut werden, wird im Kapitel 5 (Wirtschaftlichkeitsanalyse, übliche Praxis) näher erläutert.</p>			
<p><i>Laufzeit des Programmes (in Jahren):</i></p> <p>Gemäss BAFU-Mitteilung [2] werden Emissionsverminderungen von Vorhaben während der gesamten Lebensdauer von 12 Jahren bescheinigt, längstens aber zehn Jahre nach Ablauf der Kreditierungsperiode des Programmes. Weiter dauert die Kreditierungsperiode geknüpft an die Geltungsdauer des Entscheides über die Eignung des Programmes (Art. 8 der CO₂-Verordnung) sieben Jahre ab Umsetzungsbeginn des Programms. Die Programmdauer erstreckt sich entsprechend maximal bis zum Ablauf der Lebensdauer des letzten aufgenommenen Vorhabens, längstens aber zehn Jahre nach Ende der Kreditierungsperiode des Programms. Wird von einer Erneuerung der Kreditierungsperiode abgesehen, so würde die</p>			

Programmdauer maximal 17 Jahren entsprechen.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen wird der Gesuchsteller voraussichtlich Vorhaben nur bis zum 31.12.2018 aufnehmen, womit sich die Laufzeit des Programms längstens bis zum 31.12.2030 erstrecken würde.

Kriterien für die Aufnahme von einzelnen Vorhaben

1. Das Vorhaben beinhaltet den Bau einer Kälteanlage im Anwendungsbereich¹ Gewerbekälte / Supermarktkälte mit dem Kältemittel R744 (CO₂).
2. Aufgrund der Kälteleistung wäre gemäss ChemRRV der Bau einer HFKW-Kälteanlage als Alternative zulässig.
3. Das Vorhaben entspricht einem der folgenden Typen:
 - Typ 1 (Standardfall):

CO₂-Kälteanlage für kleine Verkaufsformate:

 - Verbundkälteanlage in Convenience-Shop, Tankstellenshop oder Discounter-Verkaufslokal für Lebensmittel mit folgenden Kennzahlen:
 - transkritische R744-Booster-Anlage (einziges Kältemittel: CO₂).
 - maximal 30 Laufmeter Kühlmöbel
 - Kälteleistung Tiefkühlung ≤ 8 kW
 - Typ 2 (Spezialfall):

Andere CO₂-Kälteanlage unter der Leistungsgrenze der ChemRRV (Abweichung von Typ 1 in einem oder mehreren Kriterien).
Folgende Kriterien müssen dabei erfüllt sein:

 - Die Anlage setzt CO₂ als Kältemittel ein (allenfalls in Kombination mit HFKW)
 - Es existieren Planungsgrundlagen für den Bau einer HFKW-Anlage als Alternative (Referenzszenario).
 - Auf der Grundlage dieser Planungsgrundlagen wird dargelegt, dass diese Alternativanlage die wirtschaftlichste Lösung wäre (projektspezifischer Nachweis der Zusätzlichkeit, vgl. Kapitel 5).
 - In den Planungsgrundlagen wird ausserdem aufgezeigt und plausibel gemacht, welche Kältemittel und Füllmengen im Referenzfall angewendet würden.
4. Die durch die Massnahme erzielten Treibhausgasreduktionen werden nicht anderweitig zertifiziert und verkauft.
5. Die Anmeldung beim Programm erfolgt vor der Erteilung eines Auftrags zur Realisierung.

¹ Gemäss KliK-Vorgabe „Zuordnung des Anlagentyps“ [24]

Für die Zuordnung der Vorhaben zu Typ 1 resp. Typ 2 wird generell wie folgt vorgegangen:
 Vorhaben des Typs 1 (Standardfälle) haben die oben umschriebenen, eng gefassten Aufnahme-kriterien zu erfüllen. Da alle diese Anlagen bezüglich Bauart, Funktion und Grösse sehr ähnlich sind, kann als Referenz eine Standardanlage mit einer festgesetzten Menge an R134a für die Normalkühlung und einer festgesetzten Menge an R404A für die Tiefkühlung angenommen werden. Weiter wird für diese Anlagen mit einer allgemeinen Wirtschaftlichkeitsanalyse gezeigt, dass derartige Vorhaben ohne Beiträge aus dem Programm immer unwirtschaftlich sind, so dass auf eine Wirtschaftlichkeitsanalyse auf der Stufe des Einzelvorhabens verzichtet werden kann.

Als Typ 2 (Spezialfälle) werden Vorhaben bezeichnet, welche nicht alle Auswahlkriterien für Typ 1 erfüllen. Darunter könnten beispielsweise Kälteanlagen mit anderem Verwendungszweck (z.B. Gastronomie statt Verkaufslokale) fallen, oder auch Anlagen, die nur in der Tiefkühlung CO₂ verwenden, in einem separaten Normalkühl-Kreislauf aber R134a (subkritische Kaskade). Für diese Vorhaben wird die Referenzanlage projektspezifisch ermittelt, und es muss im Einzelfall geklärt werden, ob sie additionell sind.

3. Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten

Ist das Projekt zur Inanspruchnahme von *staatlichen* Finanzhilfen berechtigt?

Ja

Nein

Ausser dem KliK-Programm "klimafreundliche Kälte" gibt es in der Schweiz kein anderes Förderprogramm mit dem Ziel einer Reduktion der HFKW-Emissionen aus Kälteanlagen.

Es existieren lediglich Massnahmen zur Förderung der Energieeffizienz, welche auf die Kälteerzeugung und -nutzung abzielen oder diese miteinschliessen. Beispielsweise ist ein Pro-Kilowatt-Programm in Ausarbeitung, welches in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Verein für Kälte SVK unter dem Namen ProFrio lanciert wird. Daneben können auch in kantonalen Förderprogrammen Energieeffizienzmassnahmen im Zusammenhang mit Kälte gefördert werden. In gewissen Fällen ist es durchaus möglich, dass mit dem Bau einer durch das vorliegende Programm geförderten CO₂-Kälteanlage gleichzeitig Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz unter Beanspruchung anderer Fördermittel realisiert werden. Eine typische Massnahme, die z.B. zusammen mit dem Bau einer CO₂-Kälteanlage realisiert werden kann, ist beispielsweise der Einbau besonders energieeffizienter Kühlmöbel mit Schranktüren (Verminderung des Stromverbrauchs), eine andere der Einbau einer Wärmerückgewinnung zur Warmwassererzeugung (Substitution fossiler Brennstoffe). Solche Massnahmen sind aber nicht direkt mit der Wahl des Kältemittels verbunden, d.h. sie lassen sich gleichermassen im Referenzfall realisieren wie im Projektfall. Sie sind klar abgrenzbar von den Massnahmen des vorliegenden Programms.

Weist das Projekt Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO₂-Abgabe befreit sind?

Ja

Nein

Gemäss gängiger Praxis sind die Kältemittlemissionen nicht Gegenstand von Zielvereinbarungen im Sinne von Art. 66 bis Art. 79 CO₂V, sondern diese beschränken sich wie die im vorherigen Abschnitt aufgeführten Förderprogramme auf die energetische Wirkung im Zusammenhang mit der Kälteerzeugung und -nutzung. Zum Erreichen dieser energetischen Ziele ist es den Unternehmen innerhalb der gesetzlichen Vorgaben freigestellt, welche Kältemittel eingesetzt werden. Auch Unternehmen, die von der CO₂-Abgabe befreit sind, können deshalb Programmvorhaben durchführen.

4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen

4.1. Systemgrenze

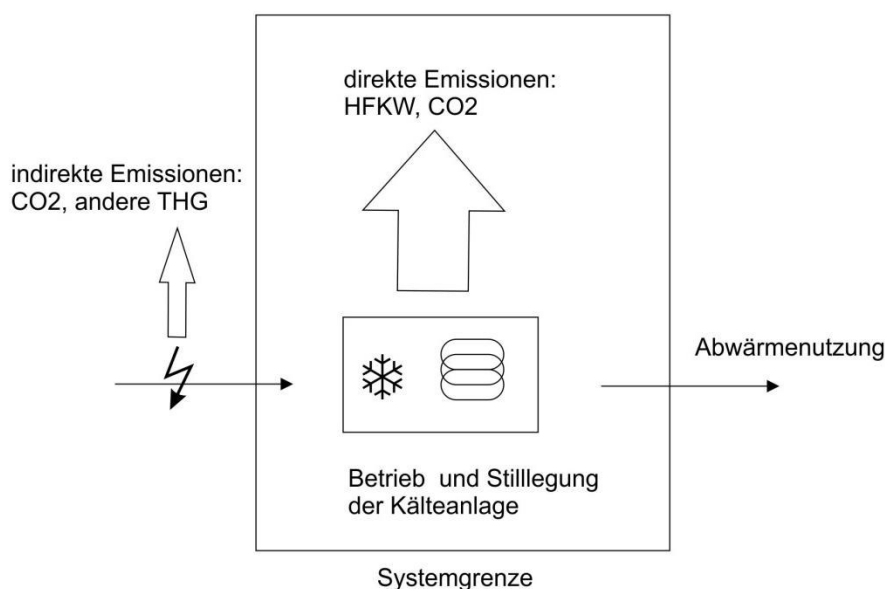


Abbildung 3: Systemgrenzen

Beschreibung:

Im System eingeschlossen sind nur die direkten Emissionen (Kältemittelverluste) bei Betrieb und Stilllegung der Kälteanlagen.

Nicht in das System eingeschlossen sind die indirekten Emissionen durch den Stromverbrauch. Unter Schweizer Bedingungen (niedriger Emissionsfaktor von Strom von 24.2 g CO₂/kW) machen diese Emissionen nur wenige Prozent der direkten Emissionen im Referenzfall aus. Ausserdem sind sie im Projektszenario tendenziell eher niedriger als im Referenzszenario, da davon ausgegangen werden kann, dass die CO₂-Anlagen bezüglich Energieeffizienz mindestens gleichwertig oder besser sind als die Referenzanlagen.

Ebenfalls nicht einbezogen wird die Nutzung der Abwärme der Kälteanlage, die grundsätzlich zur Substitution von fossilen Brennstoffen führen kann. Auch hier kann davon ausge-

gangen werden, dass im Projektfall mehr nutzbare Wärme zur Verfügung steht als im Referenzfall, da die Abwärme bei CO₂-Anlagen mit einer höheren Nutztemperatur anfällt. Nicht dem Programm angerechnet wird dieser Effekt, weil die Wärmenutzung je nach Vorhaben sehr unterschiedlich ausfällt, so dass ein entsprechendes Monitoring zu aufwändig wäre. Ausserdem werden so Doppelzählungen verhindert, falls bei einem Betrieb energetische Massnahmen durch andere Förderprogramme abgedeckt werden.

Nicht einbezogen werden ferner die indirekten Emissionen im Zusammenhang mit der Herstellung der Anlagen und der Kältemittel. Auch diese sind klein gegenüber den direkten Emissionen und ausserdem im Referenz- und Projektszenario vergleichbar.

4.2 Direkte und indirekte Emissionsquellen

	Quelle	Gas	enthalten	Begründung / Beschreibung
Projekt-emissionen	Indirekte Emissionen durch Stromverbrauch	CO ₂ und andere THG	nein	Weggelassen aus Gründen der Konservativität und Praktikabilität
	Direkte Emissionen der Kältemittel	CO ₂	ja	Emissionsquelle im Projektfall.
Referenz-entwicklung	Indirekte Emissionen durch Stromverbrauch	CO ₂ und andere THG	nein	Weggelassen aus Gründen der Konservativität und Praktikabilität
	Direkte Emissionen der Kältemittel	HFKW	ja	Hauptemissionsquelle im Referenzszenario

Leakage

Leakage-Effekte im Sinne einer Verlagerung von Emissionen über die Systemgrenze hinaus sind nicht zu erwarten. Da es bei der Projekt und der Referenz grundsätzlich um die Bereitstellung derselben Funktion geht, ergeben sich durch den Betrieb keine Leakage-Effekte. Potentiell steht dem Projektszenario mehr nutzbare Abwärme für Raumheizung zur Verfügung, womit allenfalls fossile Brennstoffe eingespart und somit Emissionen vermindert werden.

Einflussfaktoren

Rechtliche Einflussfaktoren

Der wichtigste rechtliche Einflussfaktor betrifft die baulichen Vorschriften für den Bau der Kälteanlagen in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, SR 814.81) [5]. Gemäss Anhang 2.10, Ziffer 2.1, Absatz 3, Buchstabe b ChemRRV (revidierte Fassung, in Kraft ab 01.09.2015) sind Gewerbekälteanlagen, die mit in der Luft stabilen Kältemitteln betrieben werden, ab nachfolgenden Leistungsgrenzen verboten:

1. Minuskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 30 kW,
2. Pluskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 40 kW,
3. Minuskühlung mit einer Kälteleistung von mehr als 8 kW, wenn die Minuskühlung mit einer Pluskühlung kombinierbar ist.

Im vorliegenden Fall werden nur Kälteanlagen gefördert, die unterhalb dieser Leistungsgrenzen liegen und die damit vom Verbot nicht betroffen sind.

Verboten werden ab 01.09.2015 ausserdem Kältemittel mit GWP > 2500 für die Pluskühlung von Gewerbekälteanlagen. Bereits vor Einführung dieser Bestimmung wurde gemäss dem Stand der Technik in der Schweiz allerdings überwiegend das Kältemittel R134a (GWP 1824) für die Pluskühlung eingesetzt, so dass diese Bestimmung keine grossen Änderungen bewirken dürfte.

Wirtschaftliche Einflussfaktoren

Für die Wirtschaftlichkeit entscheidende Faktoren sind neben den Investitionskosten und den Wartungskosten die Strompreise, welche die Energiekosten bestimmen. Alle Einflussfaktoren werden in Kapitel 5 aufgeführt und diskutiert.

Technische Einflussfaktoren:

TEWI-Formel als Grundlage für die Berechnung der THG-Emissionen von Kälteanlagen

Direkte Emissionen von Kältemitteln entstehen durch Lecks oder Undichtigkeiten während des Betriebs, durch Verluste beim Füllen resp. Nachfüllen der Anlagen sowie durch Verluste bei der Stilllegung. Indirekte Emissionen entstehen durch den Stromverbrauch.

Die wichtigste international anerkannte Methodik zur Ermittlung der THG-Emissionen von Kälteanlagen ist die Berechnung des „Total Equivalent Warming Impact TEWI“ (in tCO₂eq):

$$TEWI = \underbrace{\frac{GWP_k}{1000} \times m_{k,i} \times \lambda_i \times t_{b,i}}_{\text{direkte Emissionen}} + \underbrace{\frac{GWP_k}{1000} \times m_{k,i} \times (1 - \alpha_{rec,i}) + e_{l,i,y} \times EF_{el} \times t_{b,i}}_{\text{indirekte Emissionen}} \quad (1)$$

mit

GWP_k	Treibhauspotential des Kältemittels k [tCO ₂ eq/t Kältemittel]
$m_{k,i}$	Kältemittel-Füllmenge der Kälteanlage i [kg] mit dem Kältemittel k
λ_i	mittlerer spezifischer Kältemittelverlust der Kälteanlage i während dem Betrieb [Anteil pro Jahr] (oft auch "Leckrate" genannt)
$t_{b,i}$	Betriebsdauer der Anlage [Jahre]
$\alpha_{rec,i}$	Recyclingfaktor bei Stilllegung der Anlage i [-]
$e_{l,i,y}$	Stromverbrauch der Kälteanlage i pro Jahr [kWh]
EF_{el}	Emissionsfaktor Strom [tCO ₂ /kWh]

Mit der Methode werden die aus Kältemitteln stammenden direkten THG-Emissionen und die aus der Energienutzung stammenden indirekten Emissionen errechnet und über die ganze Lebenszeit der Anlage summiert. Den grössten Beitrag zu den Klimaauswirkungen leisten die direkten Emissionen. Deshalb sind GWP_k (Treibhauspotential des Kältemittels), λ_i (spezifischer Kältemittelverlust), α_{rec} (Recyclingfaktor bei der Stilllegung), m_k (Füllmenge) und t_b (Betriebsdauer), die Einflussfaktoren mit der grössten Bedeutung.

Emissionen aus dem Strom im vorliegenden Fall nicht relevant

Die indirekten Emissionen machen unter Schweizer Verhältnissen wegen dem hohen Anteil an erneuerbarer Energie bei der Stromproduktion nur wenige Prozent der gesamten Klimaauswirkungen einer Kälteanlage aus. Wie bereits bei den Systemgrenzen besprochen, werden sie deshalb bei der Emissionsberechnung aus Gründen der Praktikabilität weggelassen.

Dies ist konservativ, denn wie bereits erwähnt sind tendenziell die indirekten Emissionen im Projektszenario niedriger als im Referenzszenario.

Eingesetzte Kältemittel und Füllmenge

Der Migros-Genossenschaftsbund, Zürich (MGB) führt das Umweltmonitoring für verschiedene Betriebe des Migroskonzerns durch. Er verfügt deshalb auch über empirische Zahlen zu den eingesetzten Füllmengen und Kältemitteln in kleinen Verkaufsformaten [20]. Gemäss den Daten zu sieben typischen Discounter-Kälteanlagen (Kälteleistung jeweils 30 kW NK / 2.4 kW TK) enthalten diese jeweils 10 kg des Kältemittels R404A und 55 bis 60 kg des Kältemittels R134a. An die Verbundanlage angeschlossen sind jeweils 16.25 bis 18.75 Laufmeter Kühlmöbel im Normalkühlbereich und 3.9 Laufmeter Tiefkühlmöbel. Dies ergibt eine durchschnittliche spezifische Füllmenge von 2.56 kg R404A pro Laufmeter Tiefkühlmöbel und 3.29 kg R134a pro Laufmeter Kühlmöbel im Normalkühlbereich.

Auch wenn diese Werte streng genommen nur für die obigen Standardanlagen mit 20 bis 24 Laufmetern an Kühlmöbeln gelten, sind sie im Sinne eines Standardwerts auch auf Verkaufskälteanlagen mit weniger oder mehr Kühlmöbeln und somit auf alle Projekte Typ 1 übertragbar. Der Standardwert führt dabei zu einer realistischen, eher konservativen Abschätzung der Referenz-Füllmenge. Für allgemeine Supermarktkälteanlagen mit einer Kombination von R404A/R134a werden in einer Vergleichsstudie des deutschen Umweltbundesamtes [16] spezifische Füllmengen pro Laufmeter Kühlmöbel von 0.8 kg R404a und 2.4 kg R134a angegeben, wobei nicht zwischen Normal- und Tiefkühlmöbeln unterschieden wird (Quelle [16]), Tabelle 10, S.173, wiedergegeben in Anhang A5 dieser Programmbeschreibung). Würden anstelle der oben ermittelten spezifischen Füllmengen diese Werte angewendet, ergäbe dies um rund 70% höhere Füllmengen mit R404A, aber leicht geringere Füllmengen an R134a, wobei die Klimawirkung für übliche Kälteanlagen um 5% bis 20% höher eingeschätzt würde.²

Für CO₂-Anlagen gibt die UBA-Studie [16] eine spezifische Füllmenge von 2 kg/Laufmeter Kühlmöbel für Discounter-Anlagen und eine von 3 kg/Laufmeter für Anlagen in üblichen Verbrauchermärkten an (Quelle [16], Tabelle 8, S.168 und Tabelle 10, S. 173, wiedergegeben in Anhang A5 dieser Programmbeschreibung). Der Einfluss dieses Parameters auf die Berechnung der Emissionsreduktionen ist wegen des kleinen GWP von CO₂ im Vergleich mit den HFKW verschwindend klein. Anstelle einer aufwändigen Ermittlung der konkreten Verhältnisse in der Schweiz wird deshalb der konservativere Wert von 3 kg/Laufmeter Kühlmöbel in die Berechnungen aufgenommen.

Spezifischer Kältemittelverlust λ_i ("Leckrate")

Im vorliegenden Programm wird der mittlere spezifische Kältemittelverlust r angewendet,

² Beispielrechnung: Standardanlage mit 17.5 Lm NK und 3.9Lm TK.

Berechnung gemäss Programmmethodik: Füllmenge Referenzanlage 58 kg R134a und 10 kg R404a.

Jährliche THG-Emissionen: 14.6 tCO_e.

Berechnung mit UBA-Kennzahlen: Füllmenge Referenzanlage 51 kg R134a und 17 kg R404a.

Jährliche THG-Emissionen: 16.9 tCO_e (16% höher).

wie er vom National Inventory Report der Schweiz im Jahr 2014 für die Kategorie „Commercial and Industrial Refrigeration“ angegeben wird³. Unter dieser Kategorie werden sämtliche Anlagentypen zusammengefasst von steckerfertigen Elementen bis zu Zentralanlagen und Industriekälte. Das Ergebnis ist ein Mischwert für die Modellrechnung, der von 12% bis 1995 linear absinkt auf 5% für Anlagen, die 2020 gebaut wurden.

Emissionen aus der Stilllegung

Die zentrale Grösse für die Berechnung der Stilllegungs-Emissionen ist der Recyclingfaktor, welcher festhält, welcher Prozentsatz des Kältemittels zurückgewonnen und entsorgt resp. kontrolliert wiederverwendet wird. Der National Inventory Report der Schweiz im Jahr 2014 verwendet einen Wert von 5% Verluste bei einem fachgerechten Entsorgungsvorgang. Die Emissionen aus der Stilllegung werden im letzten Jahr der Projektlaufzeit angerechnet.

Nutzungsdauer von Kälteanlagen

Ein weiterer für die Emissionsberechnung und für die Wirtschaftlichkeit bedeutsamer Aspekt ist ausserdem die Nutzungsdauer der Kälteanlagen. Die Standard-Nutzungsdauer einer gewerblichen Kälteanlage wird im vorliegenden Projekt auf 12 Jahre begrenzt. Diese Limite entspricht der Annahme der Lebensdauer von Supermarkt-Kälteanlagen gemäss dem TEWI-Tool aus der Kampagne effiziente Kälte, erarbeitet unter Mitarbeit des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik (SVK), des BFE und des BAFU [7]. Unter Bezugnahme auf die Schweizer Norm SIA 480:2004 [13] könnte für kältetechnische Anlagen auch eine längere Nutzungsdauer von 25 Jahren angenommen werden. Die Kühlmöbel haben aber eine wesentlich kürzere Nutzungszeit, und spätestens nach 12 Jahren muss zumindest mit einem massiven Umbau der Verbundkälteanlage gerechnet werden. Aufgrund der raschen technischen Entwicklung wären nach einem solchen Umbau die Annahmen des Referenzszenarios zu den eingesetzten Kältemitteln und Füllmengen nicht mehr gültig. Eine Projektdauer über 12 Jahre hinaus wäre damit mit dem Grundsatz einer konservativen Abschätzung der Emissionsreduktionen nicht zu vereinbaren. Für die ex-post Emissionsberechnung ist der Wert von 12 Jahren als Maximalwert zu verstehen. Zusätzlich werden nur Emissionsreduktionen geltend gemacht, wenn die entsprechenden Anlagen nachweislich noch in Betrieb sind.

Energieeffizienz von Verkaufskälteanlagen

Die Energieeffizienz der Anlagen ist ein Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit, denn die Energiekosten machen meist über 75% der jährlichen Betriebskosten aus. Für Verkaufskälteanlagen wird die Energieeffizienz üblicherweise als sogenannte Kältevergleichszahl (KVZ, auch spezifischer Stromverbrauch genannt) angegeben, welche den jährlichen Stromverbrauch bezogen auf einen Laufmeter Kühlmöbel repräsentiert (NK und TK zusammengefasst). Aus empirischen Daten zum Stromverbrauch von 22 neueren HFKW-Kälteanlagen einer Discounter-Kette wurde eine mittlere Kältevergleichszahl von 3'400 kWh/(m*a) ermittelt [20]. Für energietechnisch optimierte CO₂-Anlagen wird demgegenüber mit einer KVZ von 2'500 kWh / (m*a) gerechnet, was einer Verbesserung der Energieeffizienz von 26.4% entspricht.

³ Swiss Greenhouse Gas Inventory 1990-2012, Submission of 15 April 2014, Table 4-29 on page 218
<http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/14577/15524/index.html?lang=en>

Eine derart hohe Stromeinsparung muss allerdings als konservative Maximalschätzung gelten, die nur in seltenen Fällen tatsächlich erreicht werden kann. Bezüglich der Kälteerzeugung mittels CO₂-Boosteranlagen im Vergleich zu HFKW-Anlagen gilt: Bei tiefen Aussentemperaturen (< ca. 12°C) arbeiten CO₂-Anlagen effizienter, bei hohen Temperaturen sind dagegen HFKW-Anlagen im Vorteil. Verschiedene Studien [16, 17, 18] kommen zum Schluss, dass unter mitteleuropäischen Temperaturbedingungen (mittlere Jahrestemperatur 10°-15°C) die Energieeffizienz von CO₂-Anlagen gegenüber derjenigen von R404A/R134a-Anlagen mindestens ebenbürtig bis leicht besser ist, doch sind sich die Studien einig, dass die Energieeffizienz dadurch nur in seltenen Fällen um mehr als 20% verbessert werden kann.

Ferner gilt es zu bedenken, dass die Technologie zur Kälteerzeugung nur einer von verschiedenen Faktoren, der den Stromverbrauch einer Verkaufskälteanlage bestimmt. Noch bedeutsamer sind zum Beispiel Bauart der Kühlmöbel und Umsatz der Kühlgüter. Beispielsweise lässt sich gemäss verschiedenen Vergleichsstudien [16, 18] mindestens 40% der Kühlenergie einsparen, wenn anstelle von offenen Kühlmöbeln Kühlregale mit Glastüren und Tiefkühltruhen mit Deckeln verwendet werden. Alle diese Faktoren sind hier nicht zu berücksichtigen, da sie im Referenz- und im Projektszenario grundsätzlich gleich angenommen werden sollen.

4.3 Berechnung der Projektemissionen

Im Projektszenario werden die jährlichen Emissionen der neuen Kälteanlage wie folgt berechnet:

$$PE_y = \sum \frac{GWP_k}{1000} \times m_k \times \lambda_i \quad (2)$$

mit

PE_y	Projektemissionen im Jahr y [tCO ₂ eq]
GWP_k	Treibhauspotential des Kältemittels k [kgCO ₂ eq/kg Kältemittel, Fixparameter]
m_k	Füllmenge der Kälteanlage mit dem Kältemittel k [kg, berechnet]
λ_i	mittlerer spezifischer Kältemittelverlust der Kälteanlage i [% pro Jahr, Fixparameter] (Falls mehrere Kältemittel zum Einsatz kommen: Summe über alle Kältemittel. Für Projekte Typ 1 ist das einzige eingesetzte Kältemittel CO ₂)

Im letzten Jahr der Nutzungsdauer kommen zu den Emissionen aus dem jährlichen Betrieb noch diejenigen aus der Stilllegung der Anlage dazu, die wie folgt berechnet werden:

$$PE_S = \sum \frac{GWP_k}{1000} \times m_k \times (1 - \alpha_{rec,i}) \quad (3)$$

mit

PE_S	Stilllegungsemissionen im Projektfall [tCO ₂ eq]
GWP_k	Treibhauspotential des Kältemittels k [kgCO ₂ eq/kg Kältemittel, Fixparameter]
m_k	Füllmenge der Kälteanlage mit dem Kältemittel k [kg, berechnet]
$\alpha_{rec,i}$	Recyclingfaktor aus Stilllegung der Anlage i [Fixparameter (Standardwert)] (Falls mehrere Kältemittel zum Einsatz kommen: Summe über alle Kältemittel. Für Projekte Typ 1 ist das einzige eingesetzte Kältemittel CO ₂)

Bei Standardanlagen (Typ 1) ist die Füllmenge der Anlage direkt korreliert mit der Grösse der Verbundanlage. Die Füllmenge der Anlage kann deshalb aus der spezifischen Füllmenge und den Laufmetern Kühlmöbel wie folgt abgeschätzt werden:

$$m_{CO_2} = m_{spez,CO_2} \times LM_i \quad (4)$$

mit

m_{spez,CO_2}	spezifische Füllmenge einer Standard Verkaufskälteanlage mit dem Kältemittel CO ₂ pro Laufmeter Kühlmöbel [kg/m, Fixparameter]
m_{CO_2}	Standard-Füllmenge der Kälteanlage i mit dem Kältemittel CO ₂ [kg, berechnet]
LM_i	Laufmeter Kühlmöbel, die an die Verbundanlage i angeschlossen sind (Möbel zur Normkühlung und zur Tiefkühlung zusammengezählt)

Im Falle anderer Kälteanlagen (Typ 2) kommt diese Formel nicht zur Anwendung, sondern m_k wird projektspezifisch ermittelt. Die Ermittlung der Parameter ist in Abschnitt 6.2. beschrieben.

4.4 Berechnung der Referenzemissionen

Im Referenzszenario werden die Kälteanlagen über die ganze Nutzungsdauer mit HFKW-Kältemitteln betrieben. Die Berechnungsformel für die Referenzemissionen einer Anlage in einem bestimmten Jahr y der Projektlaufzeit lautet:

$$RE_y = \sum \frac{GWP_{k'}}{1000} \times m_{k'} \times \lambda_i \quad (5)$$

mit

RE_y	Referenzemissionen im Jahr y [tCO ₂ eq]
$GWP_{k'}$	Treibhauspotential des Referenz-Kältemittels k' [kgCO ₂ eq/kg Kältemittel, Fixparameter]
$m_{k'}$	Standard-Füllmenge der Kälteanlage mit dem Referenz-Kältemittel k' [kg, Monitoring-Parameter]
λ_i	mittlerer spezifischer Kältemittelverlust der Kälteanlage i [% pro Jahr, Fixparameter] (Summe über alle Kältemittel, die in der Referenzanlage vorkommen. Für Projekte Typ 1 sind dies R134a und R404A).

Im letzten Jahr der Nutzungsdauer kommen zu den Emissionen aus dem jährlichen Betrieb noch diejenigen aus der Stilllegung der Anlage dazu, die wie folgt berechnet werden:

$$RE_S = \sum \frac{GWP_{k'}}{1000} \times m_{k'} \times 0.87 \times (1 - \alpha_{rec,i}) \quad (6)$$

mit

RE_S	Stilllegungsemissionen im Referenzfall [tCO ₂ eq]
$GWP_{k'}$	Treibhauspotential des Referenz-Kältemittels k' [kgCO ₂ eq/kg Kältemittel, Fixparameter]
$m_{k'}$	Standard-Füllmenge der Kälteanlage mit dem Referenz-Kältemittel k' [kg, erhoben oder berechnet]
$\alpha_{rec,i}$	Recyclingfaktor aus Stilllegung der Anlage i [Fixparameter (Standardwert)] (Summe über alle Kältemittel, die in der Referenzanlage vorkommen. Für Projekte Typ 1 sind dies R134a und R404A)

Der Faktor 0.87 berücksichtigt, dass am Ende der Laufzeit nur noch ein Teil der Füllung in der Anlage vorhanden sein dürfte. Im Fall von Anlagen des Typs 1 (Standardfälle) wird wie bei den Projektemissionen die Füllmenge der Referenzanlage aus Standardwerten zur spezifischen Füllmenge pro Laufmeter Kühlmöbel errechnet:

$$m_{R134a} = m_{spez,134a} \times LM_{NK} \quad (7)$$

$$m_{R404A} = m_{spez,R404a} \times LM_{TK} \quad (8)$$

mit	
$m_{spez,R134a}$	<i>spezifische Füllmenge einer Standard-Verkaufskälteanlage mit dem Referenz-Kältemittel k' pro Laufmeter Kühlmöbel [kg/m, Fixparameter]</i>
$m_{spez,R404A}$	<i>spezifische Füllmenge einer Standard-Verkaufskälteanlage mit dem Referenz-Kältemittel k' pro Laufmeter Kühlmöbel [kg/m, Fixparameter]</i>
m_{R134a} , m_{404A}	<i>Füllmenge der Kälteanlage mit dem entsprechenden Referenz-Kältemittel [kg, berechnet]</i>
LM_{NK}	<i>Laufmeter Normal-Kühlmöbel, die an die Verbundanlage i angeschlossen sind.</i>
LM_{TK}	<i>Laufmeter Tiefkühlmöbel, die an die Verbundanlage i angeschlossen sind.</i>
<p>Im Falle anderer Kälteanlagen (Typ 2) kommt diese Formel nicht zur Anwendung, sondern $m_{k'}$ wird projektspezifisch ermittelt.</p> <p>Die Ermittlung der Parameter ist in Abschnitt 6.2. beschrieben.</p>	

4.5 Erwartete Emissionsverminderungen

Die Herleitung der erwarteten Emissionsminderungen ist in Anhang A3 zu finden.

Jahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Projekt-emissionen (in t CO ₂ eq)	Schätzung der Leakage (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
2015	35	0.0		35
2016	175	0.2		175
2017	385	0.5		385
2018	595	0.8		594
2019	595	0.8		594
2020	595	0.8		594
2021	595	0.8		594
2022	595	0.8		594
2023	595	0.8		594
2024	595	0.8		594
2025	595	0.8		594
2026	595	0.8		594
2027	591	0.7		591
2028	545	0.6		544
2029	398	0.4		397
2030	188	0.1		187
Über Kreditierungsperiode (2015 bis 2020)	2'380	3.0		2'377
Über die Wirkungs-dauer (2015 - 2030)	7'671	9.4		7'662

Wirkungsaufteilung

Die Programmleitung informiert sich stets über alle Förderprogramme, welche Beiträge an den Bau von Kälteanlagen ausrichten, und klärt ab, ob diese zu einer Doppelzählung führen können. Bei den in Kapitel 3 erwähnten heute existierenden Förderprogrammen (z.B. ProKilowatt, kantonale Förderung im Energiebereich) lässt sich die Wirkung gegenüber derjenigen des Programmes klar abgrenzen:

1. Durch das Programm gefördert wird nur der Bau von Kälteanlagen mit dem Kältemittel CO₂, und dem Programm angerechnet wird nur die damit verbundene Vermeidung der direkten HFKW-Emissionen.
2. Andere Fördermassnahmen bezwecken dagegen eine Verbesserung der Energieeffizienz, und sie beanspruchen jeweils auch nur die mit der Stromeinsparung oder der Wärmenutzung einhergehende CO₂-Reduktion.

Doppelzählungen sind damit bereits durch die Programmmethodik ausgeschlossen. Falls eine derartige Abgrenzung der Wirkung zwischen unterschiedlichen Fördermechanismen überhaupt als Wirkungsaufteilung gilt, handelt es sich um Methode 1 gemäss BAFU-Mitteilung, wobei diese auf der Stufe des Gesamtprogrammes ansetzt.

Eine Wirkungsaufteilung auf der Stufe der einzelnen Vorhaben müsste nur vorgenommen werden, falls in Zukunft Fördermassnahmen ins Leben gerufen werden, welche wie das vorliegende Programm die Reduktion von HFKW-Emissionen abgelten. In diesem Fall würde für Projekte, welche beide Förderungen in Anspruch nehmen wollen, eine Wirkungsaufteilung gemäss Methode 2 der BAFU-Mitteilung vorgenommen.

5. Nachweis der Zusätzlichkeit

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt mittels eines Vergleichs der Investitionsalternativen (Option 2 gemäss BAFU-Mitteilung). Massgebende Kennzahl ist der Nettobarwert der Mehrkosten für das Vorhaben im Vergleich zur Referenzanlage. Ist dieser positiv, wird das Vorhaben als wirtschaftlich beurteilt. Da mit dem Betrieb einer Kälteanlage mit Ausnahme der Abgeltung der Emissionsreduktionen keine Erlöse erwirtschaftet werden, sind dabei nur die Investitions- und Betriebskosten zu berücksichtigen.

Bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse wird folgendes Vorgehen gewählt:

1. Bei Vorhaben des Typs 1 (Standardfälle) wird mit einer allgemeinen Wirtschaftlichkeitsanalyse gezeigt, dass derartige Vorhaben ohne Beiträge aus dem Programm immer unwirtschaftlich sind. Weiter wird gezeigt, dass für diese Vorhaben die Programmbeiträge einen entscheidenden finanziellen Anreiz für deren Umsetzung schaffen können. Für diese Vorhaben ist deshalb keine Wirtschaftlichkeitsanalyse auf der Stufe des Einzelvorhabens mehr vorgesehen.
2. Für Vorhaben des Typs 2 (Spezialfälle) muss im Einzelfall geklärt werden, ob sie additionally sind. Dazu wird ein Tool zur Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Verfügung gestellt.

Wirtschaftlichkeitsanalyse für Vorhaben des Typs 1:

Im Falle von CO₂-Kälteanlagen für kleine Verkaufsformate (Projekte Typ 1) sind die Investitionskosten im Allgemeinen um rund CHF [REDACTED] resp. um [REDACTED] höher als für HFKW-Anlagen [20]. Ebenfalls höher ist der Wartungsaufwand wegen der aufwändigeren Technologie und der auftretenden hohen Drücke im Kühlkreislauf. Trotzdem können für CO₂-Anlagen die gesamten Betriebskosten gegenüber HFKW-Anlagen leicht verringert sein, da meist die Energiekosten verringert werden können. Eine Verminderung des Stromverbrauchs von durchschnittlich 3'400 kWh auf 2'500 kWh pro Laufmeter Kühlmöbel (Verbesserung der Energieeffizienz um 26%) ist zwar nur unter optimalen Bedingungen erzielbar, im Sinne einer konservativen Betrachtung wird eine solche aber in der Wirtschaftlichkeitsanalyse generell angenommen.

Die weiteren Prämissen zu den grundlegenden wirtschaftlichen Einflussfaktoren sind in der folgenden Tabelle angeben.

Wirtschaftliche Einflussfaktoren:	
Amortisationszeit	12 Jahre (= anrechenbare Nutzungsdauer)
Kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Investitionskosten	HFKW-Anlagen: CHF [REDACTED] bis [REDACTED] CO ₂ -Anlagen: CHF [REDACTED] bis [REDACTED] Mehrkosten für CO ₂ -Anlagen CHF [REDACTED] bis CHF [REDACTED] Jeweils abhängig von Anlagengrösse und Ortsverhältnissen.
Wartungskosten pro Jahr	HFKW-Anlagen: CHF [REDACTED] CO ₂ -Anlagen: CHF [REDACTED]
spezifischer Stromverbrauch (KVZ)	HFKW-Anlagen: 3'400 kWh/a*m CO ₂ -Anlagen: 2'500 kWh/a*m
Strompreis	CHF 0.18 pro kWh (konservativer Erfahrungswert)
Kältemittelpreise	Gemäss Lieferantenangaben

Die Prämissen basieren auf Erfahrungswerten des Migroskonzerns zu Bau und Betrieb entsprechender Kälteanlagen [20].



Abbildung 4: Resultat der Wirtschaftlichkeitsanalyse für Projekte Typ 1, ohne Programmbeiträge.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse für Vorhaben des Typs 1 ist in Anhang A4 vollständig wiedergegeben. Das in Abbildung 4 dargestellte Resultat zeigt, dass selbst mit optimistischen Annahmen bezüglich der Reduktion der Energiekosten während der Standardnutzungsdauer von 12 Jahren kein pay-back der Mehrinvestitionen erfolgt. Im Falle des Musterprojekts verbleibt der Nettobarwert der Investition weit im negativen Bereich (■■■■ CHF), d.h. die Mehrinvestitionen von CHF ■■■■ werden nur zu ■■■ durch Kosteneinsparungen kompensiert.

Bezüglich der Mehrinvestitionen für das Vorhaben gegenüber der Referenz liegt der break even bei Mehrkosten von ca. CHF ■■■■ resp. ■■■ der Investition in eine Referenzanlage. Selbst wenn der Bau der CO₂-Anlagen anstelle von ■■■ lediglich ■■■ teurer wäre als derjenige von HFKW-Anlagen, was unter den heutigen Bedingungen völlig unrealistisch wäre, würde die Wirtschaftlichkeit also noch nicht erreicht.

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung des Nettobarwerts mit dem Erlös aus Bescheinigungen. Über die Projektlaufzeit von 12 Jahren können die Mehrinvestitionen zwar auch dann nicht kompensiert werden. Sie werden über die Nutzungszeit aber immerhin zu rund 2/3 durch die Kosteneinsparungen und die Erlöse abgegolten. Dies zeigt, dass die Beiträge immerhin einen gewissen Anreiz zur Realisierung entsprechender Vorhaben bilden.

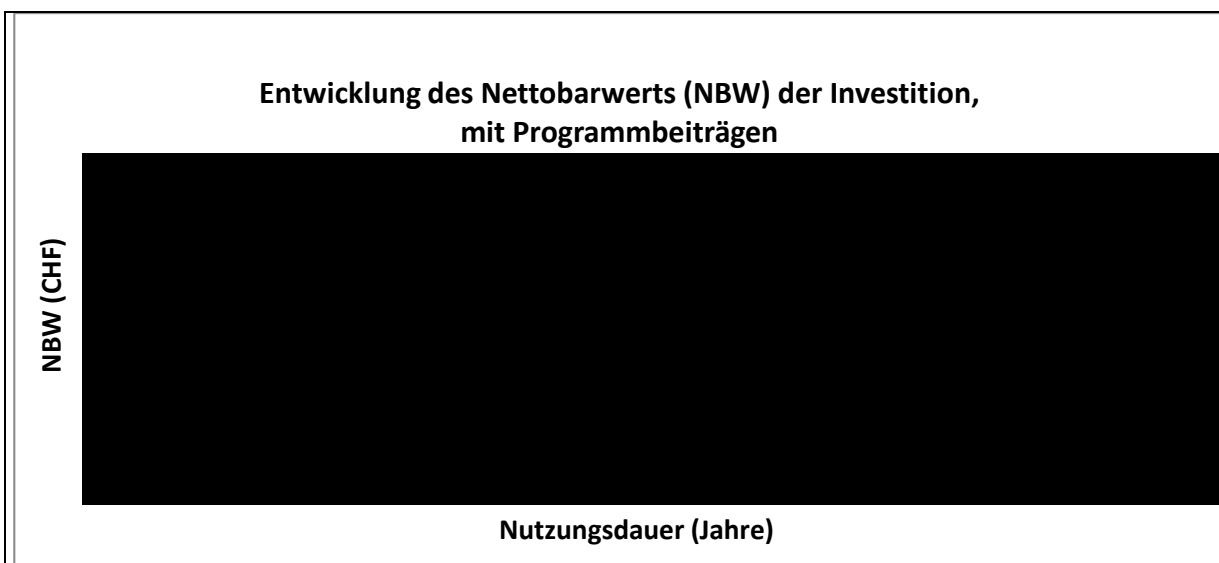


Abbildung 5: Resultat der Wirtschaftlichkeitsanalyse für Projekte Typ 1, mit Programmbeiträgen

Wirtschaftlichkeitsanalyse für Vorhaben des Typs 2:

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse für Vorhaben des Typs 2 erfolgt grundsätzlich mit dem gleichen Berechnungstool, aber mit projektspezifischen Eingabedaten zu:

- Investitionskosten für die Projekt- und für die Referenzanlage
- Wartungskosten für die Projekt- und für die Referenzanlage
- Stromverbrauch der Projekt- und der Referenzanlage

Soweit anwendbar gelten die gleichen Prämissen wie für Vorhaben des Typs 1. Für alle jeweils neu aufgenommenen Vorhaben des Typs 2 werden die projektspezifischen Wirtschaftlichkeitsanalysen dem Monitoringbericht als Beilage beigefügt und während der Verifizierung geprüft.

Sensitivitätsanalyse

Die nachfolgend abgebildete Sensitivitätsanalyse für Vorhaben des Typs 1 zeigt, dass selbst bei einer Variation der Schlüsselparameter um ■■■ nach oben und nach unten der Nettobarwert der Investition ohne Beiträge aus dem Erlös der Bescheinigungen negativ bleibt.

Für Vorhaben des Typs 2 wird projektspezifisch eine Sensitivitätsanalyse vorgenommen, wobei der Nachweis der Additionalität als erbracht gilt, wenn bei Variation aller Schlüsselparameter um ■■■ der Nettobarwert der Investition negativ bleibt.

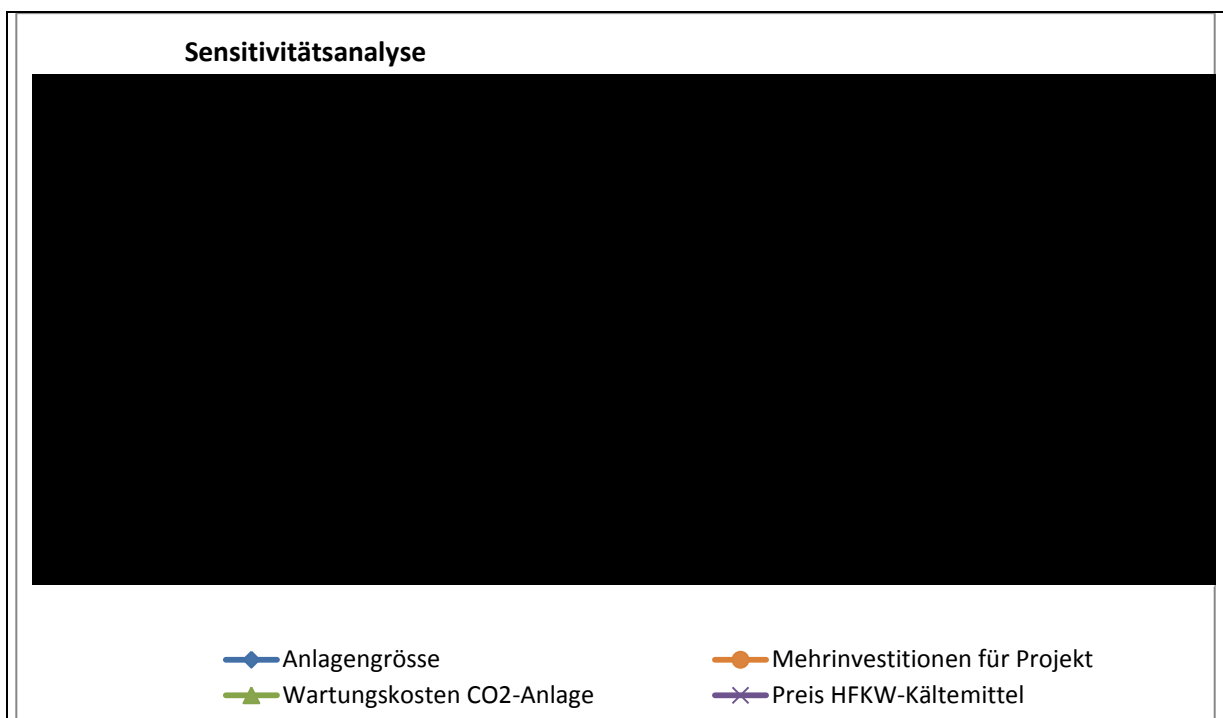


Abbildung 6: Sensitivität der Wirtschaftlichkeitsanalyse auf die Variation zentraler Parameter.

Erläuterungen zu anderen Hemmnissen

Die Zusätzlichkeit der Vorhaben wird anhand der Wirtschaftlichkeitsanalyse gezeigt, so dass sich eine Analyse allfälliger anderer Hemmnisse erübrigt. Es kann zwar Fälle geben, in denen der Bau einer CO₂-Anlage durch andere Hemmnisse verhindert wird, z.B. wenn ein Anlagenbetreiber grundsätzlich auf altbewährte statt auf neue Technologie setzt. In gewissen Fällen dürfte es wohl auch gelingen, solche Hemmnisse durch das Programm zu beseitigen, wenn gute Erfahrungen mit CO₂-Anlagen gemacht werden. Spezielle Massnahmen sind dafür aber nicht vorgesehen, sondern das Programm beschränkt sich darauf, durch Fördermittel die finanziellen Hemmnisse zu verringern.

Übliche Praxis

Drei wichtige Schweizer Betreiber von Ladenketten im Anwendungsbereich des Programmes wurden angefragt, welche Kältesysteme aktuell vor allem gebaut werden. Es handelt sich dabei um eine Discounter-Kette, einen Betreiber von Tankstellen- und anderen Convenience-Shops und einen reinen Tankstellenshop-Betreiber.

Die entsprechenden Unternehmen haben angegeben, in den letzten drei Jahren (2011 - 2014) folgende Verkaufskälteanlagen gebaut zu haben:

- 103 Verbundkälteanlagen mit R134a NK / R404A TK (Anteil 97.2%)
- 2 CO₂-Kälteanlagen (Anteil 1.8%)
- 1 Kälteverbund nur NK mit R134a, TK steckerfertig (Anteil 0.9%)

Alle drei Unternehmen geben an, dass primär wirtschaftliche Überlegungen dafür verantwortlich sind, dass in erster Linie HFKW-Anlagen gebaut werden. Keines der Unternehmen beabsichtigt deshalb, in nächster Zeit auf CO₂-Anlagen umzusteigen. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass auch in den nächsten Jahren der Marktanteil von CO₂-Anlagen im entsprechenden Marktsegment ohne Fördermittel aus dem vorliegenden Programm deutlich unter 5% liegen würde.

6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

6.1 Beschreibung der gewählten Monitoringmethode

Das Monitoring basiert auf einer Projektdokumentation (Anmeldeformular mit Nachweisdokumenten), welche von der zuständigen Fachperson für Kälteanlagen erstellt und der Programmleitung eingereicht wird. Dies geschieht in zwei Stufen:

1. Stufe: Projektantrag vor Realisierung des Vorhabens
2. Stufe: Projektdokumentation nach Realisierung des Vorhabens

Die Angaben werden von der Programmleitung auf ihre Plausibilität geprüft.

Mit der Projektdokumentation sind sämtliche Parameter zur Berechnung der Emissionsreduktionen während der ganzen Wirkungsperiode des Vorhabens vorhanden. In der nachfolgenden Periode muss lediglich noch geprüft werden, ob die Anlage in den jeweiligen Monitoringperioden tatsächlich noch in Betrieb steht, oder ob sie aus irgendwelchen Gründen ausser Betrieb genommen wurde. Mit dem Nachweis der Inbetriebnahme wird jeweils davon ausgegangen, dass die Anlage zumindest für die ersten fünf Jahre in Betrieb bleibt, denn die Erstellung einer neuen Kälteanlage, die kurz darauf bereits wieder stillgelegt würde, wäre extrem unwirtschaftlich. Ab dem sechsten Jahr nach Inbetriebnahme werden dagegen nur noch Beiträge an den Anlagenbetreiber ausgerichtet, wenn eine Bestätigung vorliegt, dass die Anlage noch in Betrieb ist.

Im Übrigen besteht das jährliche Monitoring aus der korrekten Berechnung der Emissionsreduktionen für jede noch in Betrieb stehende Anlage des Programmes.

Zusätzlich wird im Monitoringbericht aufgeführt, ob die Gefahr von Doppelzählungen im Zusammenhang mit anderen existierenden Förderprogrammen besteht, und ob dementsprechend eine Wirkungsaufteilung durchgeführt werden musste für Vorhaben, die von beiden Fördermitteln profitieren.

6.2 Datenerhebung und Parameter

Anlagenparameter, die einmalig bei Anmeldung eines Vorhabens anzugeben und gegebenenfalls nach der Realisierung zu vervollständigen sind

Parameter	$Q_{O\ NK}, Q_{O\ TK}$
Beschreibung des Parameters	Kälteleistung der Anlage für Normalkühlung (NK) und Tiefkühlung (TK)
Einheit	kW
Datenquelle	Unterschriebenes Anmeldeformular
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	Dokumentation gemäss Datenquelle.
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	+/- ca. 10%
Messintervall	einmalige Erhebung vor Ausführung des Projekts
Verantwortliche Person	Gesuchsteller
Kommentar	Die Angabe der Kälteleistung dient nur zur Prüfung, ob die Aufnahmekriterien erfüllt sind. Die Emissionsreduktionen werden aus anderen Kennzahlen errechnet.

Parameter	LM_{NK}, LM_{TK}
Beschreibung des Parameters	Laufmeter Kühlmöbel Normalkühlung / Tiefkühlung
Einheit	m
Datenquelle	Vor Realisierung: Unterschriebenes Anmeldeformular. Nach Realisierung: Protokoll "Installationsnachweis für Verkaufskälteanlagen" und Fotos der installierten Kühlmöbel
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	Gemäss dem auszufüllenden Protokoll stehen 3 Nachweismethoden zur Verfügung, die mit entsprechenden Dokumenten zu belegen sind: 1) Messung vor Ort (Nachweis: unterzeichnetes Messprotokoll) 2) Dokumentation mit Plan (Nachweis: Plan der installierten Kühlmöbel, Massstab 1:100 oder grösser, mit Massangaben) 3) Dokumentation mit anderen Unterlagen (Nachweis: Unterlagen des Herstellers, aus denen die Masse der Kühlmöbel zweifelsfrei hervorgehen)
Kalibrierungsablauf	-

Genauigkeit der Messmethode	Protokollierung auf den cm genau. Zu erwartender Gesamtfehler maximal 0.2 m (d.h. +/- ca. 1%)
Messintervall	einmalige Erhebung vor Ausführung des Projekts
Verantwortliche Person	Gesuchsteller
Kommentar	Zentrale Kennzahl für Projekte Typ 1.

Parameter	m_k
Beschreibung des Parameters	Füllmenge der Anlage mit den im Vorhaben eingesetzten Kältemitteln
Einheit	kg
Datenquelle	Vor Realisierung: Offerte mit entsprechenden Angaben Nach Realisierung: Anlagendokumentation mit Nachweis der effektiven Füllmengen.
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	Für Vorhaben des Typs 2: Die Nachweisdokumente müssen nachprüfbar anlagen-spezifische Angaben zur Füllmenge enthalten.
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	+/- ca. 10%
Messintervall	einmalige Erhebung vor Ausführung des Projekts
Verantwortliche Person	Gesuchsteller
Kommentar	Für Vorhaben des Typs 1 (Standardfall) muss der Parameter nicht erhoben werden, sondern er wird gemäss Formel (4) aus LM_{NK} , LM_{TK} und $m_{CO_2, spez}$ errechnet.

Parameter	m_{k_r}
Beschreibung des Parameters	Füllmenge der Referenzanlage mit HFKW-Kältemitteln
Einheit	kg
Datenquelle	Offerte zur Referenzanlage mit entsprechenden Angaben.
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	Die Offerte muss nachprüfbar Angaben enthalten, welche Kältemittel mit welcher Füllmenge im Referenzfall zur Anwendung kämen.
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	+/- ca. 10%
Messintervall	einmalige Erhebung vor Ausführung des Projekts
Verantwortliche Person	Gesuchsteller
Kommentar	Für Vorhaben des Typs 1 (Standardfall) muss der Parameter nicht erhoben werden, sondern er wird gemäss Formeln (7) und (8) aus LM_{NK} und $m_{R404a, spez}$ bzw. LM_{TK} und $m_{R134a, spez}$ errechnet.

Parameter	el_i
Beschreibung des Parameters	Jahres-Stromverbrauch der Kälteanlage i
Einheit	kWh / Jahr
Datenquelle	<p>Option I: Abschätzung Elektrizitätsverbrauch Kälteanlagen. Excel-Tool der Kampagne effiziente Kälte, Energie Schweiz [24] und anlagenspezifische Belege zu den Inputdaten.</p> <p>Option II: Daten zum Parameter LM_i (Laufmeter Kühlmöbel, nur für gewerbliche Kälteanlagen in Verkaufslokalen anwendbar)</p> <p>Option III: Nachvollziehbare anlagenspezifische Dokumentation und Beschreibung der Methode.</p>
Auswahl- oder Messverfahren zum Festlegen der Werte	<p>Für Projekte des Typs 2 muss sowohl für die Projektanlage als auch für die Referenzanlage der Stromverbrauch abgeschätzt werden. Er dient zur Ermittlung der Energiekosten bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse. Dabei ist wie folgt vorzugehen:</p> <p>Option I: Diese Option ist als Standardmethode für Projekte des Typs 2 anzusehen. Mit dem Excel-Tool "Abschätzung Elektrizitätsverbrauch Kälteanlagen" der Kampagne effiziente Kälte, Energie Schweiz [24] wird der Stromverbrauch sowohl für die Projekt- als auch für die Referenzanlage aufgrund von anlagenspezifischen Kennwerten ermittelt. Die Eingabedaten (z.B. Kälteleistung, Nutz-, Verdampfungs- und Kondensationstemperatur, el. Leistung/ Leistungsaufnahme des Verdichters, Laufzeit-Annahmen des Planers etc.) und die Resultate sind zu belegen oder plausibel zu begründen und werden bei der Verifizierung geprüft.</p> <p>Option II: Sofern nicht alle Eingabedaten für eine Berechnung nach Option I verfügbar sind, kann im Falle von Kälteanlagen in Verkaufslokalen eine vereinfachte Berechnung auf Grundlage der Laufmeter Kühlmöbel vorgenommen werden. Dabei ist von folgenden konservativen Standardwerten für den spezifischen Stromverbrauch (KVZ) auszugehen: - Projektanlage: 2'500 kWh/a*m - Referenzanlage: 3'400 kWh/a*m Die vorgegebenen Standardwerte sind dabei so konservativ festgelegt, sodass sowohl der Gesamtstromverbrauch als auch die durch die Projektanlage erzielbare Stromeinsparung in den meisten Fällen überschätzt werden.</p>

	<p>Option III: Sind nicht alle Eingabedaten zur Anwendung von Option I bekannt, und ist Option II nicht anwendbar (z.B. weil die Anlage nicht Kühlmöbel sondern Kühlräume mit Kälte versorgt), kann in Ausnahmefällen eine andere Form einer gutachterlichen Ermittlung des Stromverbrauchs im Projekt- und Referenzfall akzeptiert werden. Die Annahmen und die Methode ist dabei ausführlich zu dokumentieren, und es muss gezeigt werden, dass die Schätzung bezüglich Genauigkeit und Verlässlichkeit mindestens gleichwertig ist wie das Standard-Tool gemäss Option I.</p>
Kommentar	Für Standardfälle des Typs 1 muss auf der Ebene der Einzelvorhaben keine Wirtschaftlichkeitsanalyse gemacht werden, so dass der Parameter nicht benötigt wird.

Parameter	IBN
Beschreibung des Parameters	Datum der Inbetriebnahme der Referenzanlage
Einheit	Datum, tt.mm.JJJJ
Datenquelle	Identisch mit effektivem Inbetriebnahme Datum der Anlage des Vorhabens. Dokumentation mit Inbetriebnahme Protokoll.
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	Eine Kopie des Protokolls muss eingereicht werden, auf der das Datum und die verantwortliche Person des ausführenden Anlagenbauers ersichtlich ist.
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	einmalige Erhebung vor Ausführung des Projekts
Verantwortliche Person	Gesuchsteller
Kommentar	-

In der Betriebsphase zu erhebender Parameter	
Parameter	Bestätigung des Betriebs der Anlage
Beschreibung des Parameters	Bestätigung, dass die Anlage in der Monitoringperiode in Betrieb stand
Einheit	ja / nein
Datenquelle	-
Erhebungsinstrument	Unterschiedenes Formular oder Eintrag in Online-Datenbank

Beschreibung Messablauf	<p>Variante Papierformular: Jedem Betreiber einer Anlage im Programm wird jährlich ein Formular zugeschickt, auf dem er anzugeben hat, ob die Anlage in der Monitoringperiode noch in Betrieb stand oder nicht. Das Formular ist unterzeichnet zurückzuschicken.</p> <p>Variante Online-Datenbank: Jeder Betreiber einer Anlage wird jährlich aufgefordert, in einer Online-Datenbank anzugeben, ob die Anlage in der Monitoringperiode noch in Betrieb stand oder nicht. Durch ein individuelles Login mit Passwortschutz ist sichergestellt, dass der Eintrag nur durch den Betreiber vorgenommen werden kann. Eine Unterschrift ist deshalb nicht nötig.</p>
Messintervall	jährlich, ab dem 6. Jahr nach Inbetriebnahme
Verantwortliche Person	Anlagenbetreiber
Kommentar	<p>Die Bestätigung des Weiterbetriebs der Anlage ist gleichzeitig ein Antrag auf Auszahlung der entsprechenden Beiträge für Emissionsreduktionen.</p> <p>Nach der Meldung der Inbetriebnahme der Anlage kann davon ausgegangen werden, dass die Anlage auf jeden Fall mindestens 5 Jahre in Betrieb sein wird. Um die Förderung attraktiver zu machen, werden zu diesem Zeitpunkt die Beiträge für die Emissionsreduktionen über 5 Jahre akkumuliert und als einmalige Investitionshilfe ausbezahlt.</p> <p>Ab dem 6. Jahr wird dann jährlich geklärt, ob die Anlage effektiv noch in Betrieb ist, und nur in diesem Fall können weitere jährliche Beiträge geltend gemacht werden.</p> <p>Die Laufzeit eines Vorhabens beträgt somit jeweils mindestens 5 Jahre, maximal 12 Jahre (jeweils auf Basis jährlicher Bestätigung des Anlagenbetreibers, dass die Anlage noch in Betrieb ist).</p>

Fix- und Systemparameter für die Berechnung (Projekt- und Referenzemissionen)

Parameter	GWP_k
Beschreibung des Parameters	Treibhauspotential des Kältemittels k
Einheit	CO ₂ eq
Datenquelle	<p>Das GWP der verschiedenen HFKW ist in Anhang 1 der CO₂-Verordnung [1] festgeschrieben, basierend auf dem Wert für 100 Jahre im IPCC Bericht 4 2007.</p> <p>Gemische (Blends) weisen eine festgesetzte Zusammensetzung auf, aus der sich der GWP-Wert des Stoffgemischs errechnen lässt. Die nachfolgenden Werte sind – gerundet auf die zweite Stelle vor dem Komma – auf der BAFU-Liste „Übersicht über die wichtigsten Kältemittel“, Stand 06.12.2013 [11] wiedergegeben.</p>

Einzusetzende Werte	<table border="1"> <tr> <td>R134a</td> <td>1430</td> </tr> <tr> <td>R404A</td> <td>3920¹</td> </tr> <tr> <td>R744 (CO₂)</td> <td>1</td> </tr> </table>	R134a	1430	R404A	3920 ¹	R744 (CO ₂)	1
	R134a	1430					
R404A	3920 ¹						
R744 (CO ₂)	1						
Kommentar	Allfällige weitere Kältemittel gemäss aktuellem Stand der BAFU-Liste [11], oder berechnet aus dem Stoffgemisch gemäss Datenquelle. ¹ R404A: Eigene Berechnung aus IPCC 4 und Normzusammensetzung, da die BAFU-Liste [11] vermutlich einen Fehler enthält.						

Parameter	λ_i																																																																				
Beschreibung des Parameters	mittlerer spezifischer Kältemittelverlust der Kälteanlage i beim Betrieb																																																																				
Einheit	% pro Jahr																																																																				
Datenquelle	Swiss Greenhouse Gas Inventory 1990-2012, Submission of 15 April 2014, Table 4-29 on page 218.																																																																				
Einzusetzende Werte	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IBN</th> <th>λ_i</th> <th>IBN</th> <th>λ_i</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1990</td><td>12.0%</td><td>2005</td><td>9.2%</td></tr> <tr><td>1991</td><td>12.0%</td><td>2006</td><td>8.9%</td></tr> <tr><td>1992</td><td>12.0%</td><td>2007</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>1993</td><td>12.0%</td><td>2008</td><td>8.4%</td></tr> <tr><td>1994</td><td>12.0%</td><td>2009</td><td>8.1%</td></tr> <tr><td>1995</td><td>12.0%</td><td>2010</td><td>7.8%</td></tr> <tr><td>1996</td><td>11.7%</td><td>2011</td><td>7.5%</td></tr> <tr><td>1997</td><td>11.4%</td><td>2012</td><td>7.2%</td></tr> <tr><td>1998</td><td>11.2%</td><td>2013</td><td>7.0%</td></tr> <tr><td>1999</td><td>10.9%</td><td>2014</td><td>6.7%</td></tr> <tr><td>2000</td><td>10.6%</td><td>2015</td><td>6.4%</td></tr> <tr><td>2001</td><td>10.3%</td><td>2016</td><td>6.1%</td></tr> <tr><td>2002</td><td>10.0%</td><td>2017</td><td>5.8%</td></tr> <tr><td>2003</td><td>9.8%</td><td>2018</td><td>5.6%</td></tr> <tr><td>2004</td><td>9.5%</td><td>2019</td><td>5.3%</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>2020</td><td>5.00%</td></tr> </tbody> </table>	IBN	λ_i	IBN	λ_i	1990	12.0%	2005	9.2%	1991	12.0%	2006	8.9%	1992	12.0%	2007	8.6%	1993	12.0%	2008	8.4%	1994	12.0%	2009	8.1%	1995	12.0%	2010	7.8%	1996	11.7%	2011	7.5%	1997	11.4%	2012	7.2%	1998	11.2%	2013	7.0%	1999	10.9%	2014	6.7%	2000	10.6%	2015	6.4%	2001	10.3%	2016	6.1%	2002	10.0%	2017	5.8%	2003	9.8%	2018	5.6%	2004	9.5%	2019	5.3%			2020	5.00%
IBN	λ_i	IBN	λ_i																																																																		
1990	12.0%	2005	9.2%																																																																		
1991	12.0%	2006	8.9%																																																																		
1992	12.0%	2007	8.6%																																																																		
1993	12.0%	2008	8.4%																																																																		
1994	12.0%	2009	8.1%																																																																		
1995	12.0%	2010	7.8%																																																																		
1996	11.7%	2011	7.5%																																																																		
1997	11.4%	2012	7.2%																																																																		
1998	11.2%	2013	7.0%																																																																		
1999	10.9%	2014	6.7%																																																																		
2000	10.6%	2015	6.4%																																																																		
2001	10.3%	2016	6.1%																																																																		
2002	10.0%	2017	5.8%																																																																		
2003	9.8%	2018	5.6%																																																																		
2004	9.5%	2019	5.3%																																																																		
		2020	5.00%																																																																		
Kommentar	Der spezifische Kältemittelverlust während des Betriebs bezieht sich auf die Füllmenge der Kälteanlage. Im Modell wird angenommen, dass die Anlage periodisch nach Vorgaben der Hersteller wiederbefüllt wird. Auch die Kältemittelverluste beim Nachfüllen einschliesslich Transportverluste werden im spezifischen Kältemittelverlust mitberücksichtigt.																																																																				

Parameter	$\alpha_{rec,i}$
Beschreibung des Parameters	Standard-Recyclingfaktor bei Stilllegung der Anlage i
Einheit	%
Datenquelle	Swiss Greenhouse Gas Inventory 1990-2012, Submission of 15 April 2014, und ergänzende Informationen der Autorin des Berichts für die Emissionskategorie

Einzusetzende Werte	95%
Kommentar	

Parameter	$m_{CO_2, spez}$
Beschreibung des Parameters	spezifische Füllmenge mit dem Kältemittel R744 (CO ₂) pro Laufmeter Kühlmöbel
Einheit	kg/m
Datenquelle	[16]
Einzusetzende Werte	3.0 kg/m
Kommentar	Der Wert von 3.0 kg/m entspricht dem Standardwert für Supermarkt-Kälteanlagen gemäss Referenz [16]. Für Discount-Anlagen wird ein geringerer Wert angegeben. Aus Gründen der Konservativität wird aber der höhere Wert verwendet.

Parameter	$m_{R134a, spez}$
Beschreibung des Parameters	spezifische Füllmenge mit dem Kältemittel R134a pro Laufmeter Normal-Kühlmöbel
Einheit	kg/m
Datenquelle	[20]
Einzusetzende Werte	3.29 kg/m
Kommentar	siehe Kapitel "Einflussfaktoren: Eingesetzte Kältemittel und Füllmenge"

Parameter	$m_{R404a, spez}$
Beschreibung des Parameters	spezifische Füllmenge mit dem Kältemittel R404A pro Laufmeter Kühlmöbel Tiefkühlung
Einheit	kg/m
Datenquelle	[20]
Einzusetzende Werte	2.56 kg/m
Kommentar	siehe Kapitel "Einflussfaktoren: Eingesetzte Kältemittel und Füllmenge"

6.3 Prozess- und Managementstruktur

Die Stiftung KliK führt das Programm selbst durch. Als Programmleiter wird eine erfahrene Klimaschutzfachperson eingesetzt, die durch das Sekretariat unterstützt wird. Teilaufgaben kann die Programmleitung externen Fachbüros übertragen, insbesondere der ARGE Emissionsverminderung mit Kältemitteln. Die in der ARGE zusammengeschlossenen Firmen Simultec AG, Zürich, und Neosys AG, Gerlafingen, verfügen als Beratungs- und Ingenieurunternehmen über langjährige Erfahrung im Umweltmanagement, im betrieblichem Umweltschutz, im Klimaschutz (Entwicklung, Verifizierung und Validierung von nationalen und internationa-

len Kompensationsprojekten) und in der Umweltinformatik. Sie verfügen über ein Qualitätsmanagement-System, das nach ISO 9001:2008 zertifiziert ist (Neosys AG), oder sich an dieser Norm orientiert (Simultec AG).

Aufgaben der Programmleitung resp. der beauftragten externen Leistungserbringer sind insbesondere:

- Ansprechstelle für alle am Programm Interessierten (telefonisch und per mail erreichbar)
- Bereitstellung der Arbeitsinstrumente (v.a. Erfassungs- und Berechnungstools)
- Aufnahmeentscheid für Projektanträge: Überprüfung der Erfüllung der Aufnahmekriterien sowie der Vollständigkeit und Korrektheit der Monitoringdaten
- Berechnung der erzielten Emissionsreduktionen (laufendes Reporting an Geschäftsleitung der Stiftung KliK)
- Monitoringberichte, Betreuung der Verifizierung inkl. Bereinigung gemäss CL, CARs und FARs
- Controlling und Reporting
- Qualitätsmanagement

Fachpersonen der Programmleitung überprüfen jedes aufzunehmende Vorhaben ein erstes Mal vor Realisierung anhand eines Projektantrags, und fällen einen Entscheid über die provisorische Aufnahme. Der definitive Entscheid über die Aufnahme und die Auszahlung von Klimaschutzbeiträgen erfolgt dann anhand der Projektdokumentation nach Realisierung. Die Überprüfung umfasst insbesondere die Vollständigkeit der Dokumentation einschliesslich aller Nachweisdokumente, die Erfüllungen der Aufnahmekriterien und die Korrektheit der Monitoringdaten.

Alle eingesetzten Tools (z.B. Excel-Sheets für ER-Berechnung und Additionalitätsnachweis) werden von der Programmleitung intern validiert, bevor sie zur Anwendung kommen.

Der Monitoringbericht wird durch eine Fachperson der Programmleitung erstellt und vor Übermittlung an den Verifizierer einer internen Qualitätssicherung unterzogen.

Für die Verifizierung werden alle Projektdossiers einschliesslich aller Nachweisdokumente elektronisch bereitgestellt. Die Verifizierung soll anhand der Projektdossiers durchgeführt werden. Für Vorhaben des Typs 2 wird zwingend jedes Projektdossier materiell geprüft. Für Vorhaben des Typs 1 kann die Verifizierung auch auf eine vom Verifizierer festzulegende Stichprobe an Dossiers eingeschränkt werden. Besichtigungen einzelner Anlagen sind nicht erforderlich, weil die physische Realisierung und Inbetriebnahme der Anlagen durch die Dokumentation zweifelsfrei nachgewiesen wird.

Von den elektronischen Dokumentationen werden regelmässig Backups auf einem gesicherten externen Server erstellt. Alle Daten werden aufbewahrt bis mindestens 5 Jahre nach der letzten Monitoringperiode, für die Bescheinigungen beantragt werden.

Ort, Datum und Unterschrift

Dokumentenliste (Quellenangaben)

Nr.	Bezeichnung	Link
1	641.711 Verordnung über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen (CO ₂ -Verordnung), vom 30. November 2012 (Stand am 1. Januar 2014)	http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20120090/index.html
2	Projekte zur Emissionsverminderung im Inland - Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO ₂ -Verordnung. (2. aktualisierte Ausgabe Januar 2015; Erstausgabe 2013) Nummer: UV-1315-D Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU Reihe Umwelt-Vollzug (Kurz: BAFU-Mitteilung)	http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01724/index.html?lang=de
5	814.81 Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV) vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. Dezember 2014)	https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html
6	Änderungen der ChemRRV per 01.09.2015	https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=57940
7	BFE, 09.05.2012 Berechnung Total Equivalent Warming Impact (TEWI) einer Kälteanlage. Excel-Tool aus der Kampagne effiziente Kälte, erarbeitet unter Mitarbeit des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik (SVK), des BFE und des BAFU.	http://www.energieschweiz.ch/_ws/publicationDetails.aspx?id=p6499&lang=de-ch
8	BFE, 29.08.2012 Berechnungs-Tool für die Abschätzung des Elektrizitätsverbrauchs. Excel-Tool aus der Kampagne effiziente Kälte, erarbeitet durch Schweizerischer Vereins für Kältetechnik (SVK) und BFE.	http://www.energieschweiz.ch/_ws/publicationDetails.aspx?id=p6500&lang=de-ch
9	Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2013: National Inventory Report of Switzerland 2015 (NIR 2014).	http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/15473/index.html?lang=en
10	IPCC (2006). "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Industrial Processes and Product Use, Chapter 7: Emissions of Fluorinated Substitutes for Ozone Depleting Substances."	www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf

11	BAFU, 06.12.2013: Übersicht über die wichtigsten Kältemittel (Liste nicht abschliessend) Stand Juli 2014	http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01415/01426/index.html?lang=de
12	Öko-Recherche et. al. (2011): “Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases.” Prepared for the European Commission. September 2011. F-Gas Review 2011.	http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_en.pdf
13	Norm SIA 480:2004 (Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau).	zu beziehen bei: http://shop.sia.ch/
14	KPMG: cost-of-capital-study-2014	http://www.kpmg.com/ch/en/library/articles-publications/pages/cost-of-capital-study.aspx
15	Energie Schweiz, Kampagne effiziente Kälte: Elektrizitätsbedarf fürs Kühlen in der Schweiz, 2012.	http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_25056984.pdf
16	Umweltbundesamt 2008: Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und -geräten für den Supermarkt, Abschlussbericht. Bericht UBA-FB 206 44 300.	http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-bewertung-klimarelevanz-von
17	Emerson Climate Technologies 2010: Refrigerant Choices for Commercial Refrigeration. Finding the Right Balance.	http://www.emersonclimate.com/europe/Documents/Resources/TGE124_Refrigerant_Report_EN_1009.pdf
18	Environmental Investigation Agency EIA 2013: Chilling Facts V: Einzelhändler am Scheitelpunkt einer globalen Kühlrevolution	http://eia-international.org/reports/chilling-facts-v
19	Environmental Investigation Agency EIA 2014: Chilling Facts VI: Closing the Door on HFCs	http://eia-international.org/reports/the-chilling-facts-vi-closing-the-door-on-hfcs
20	Migros Genossenschaftsbund, Zürich, 2015: Zusammenstellung von Kennzahlen zur Förderung von CO ₂ -Verbund-Kälteanlagen für kleine Verkaufsformate	vertrauliche Datengrundlage
21	David Freléchox, New Frigotec SA, Vicquesn (Kältering). Mündliche Auskunft am 27.05.2015	
22	Van D. Baxter 2003: Advances in Supermarket Refrigeration Systems	http://www.arb.ca.gov/cc/commref/adv_supmkt_ref_syst.pdf
23	KI Käte, Luft, Klimatechnik: April 2008: Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/trends_und_perspektiven_fuer_supermarktkaelteanlagen.pdf
24	KliK-Vorgabe „Zuordnung des Anlagentyps“	http://www.kaelteanlagen.klik.ch/resources/Vorgabe_Zuordnung_Anlagentyp_V1V12.pdf

Programm klimafreundliche Kälte, Programmmodul 3: Förderung von CO₂-Verbundkälteanlagen für kleine Verkaufsformate	
Dokumentversion	3.0
Datum	24.03.2016

ANHANG

- A1. Anmeldeformular für Einzelprojekte im Rahmen des Programmes
P3_CO2Verkauf_PB_A1_Formular_V_2_1_160112

- A2. Unterlagen zum Mustervorhaben
P3_CO2Verkauf_PB_A2_Musterprojekt_V_2_0_150827

- A3. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen
P3_CO2Verkauf_PB_A3_ER_Berechnung_V_3_0_160324

- A4. Angaben zu Referenzszenario / Wirtschaftlichkeitsanalyse
P3_CO2Verkauf_PB_A4_Berechnungstool_V_3_0_160324

- A5. Weitere Nachweisdokumente / Auszüge aus Studien
P3_CO2Verkauf_PB_A5_Referenzen_V_2_0_150827

FORMULAR FÜR PROJEKTANTRAG UND PROJEKTDOKUMENTATION (VORHABEN IM RAHMEN EINES PROGRAMMS ZUR EMISSIONSVERMINDERUNG IN DER SCHWEIZ)
--

Programm „Klimafreundliche Kälte“	
Programmmodul 3: Förderung von CO2-Verbundkälteanlagen für kleine Verkaufsformate	
Dokumentversion	2.1
Datum	12.01.2016

Hinweise zum Dokument	
gelbe Felder	Bestandteil des Projektantrages, der vor Realisierung des Projektes auszufüllen ist.
orange Felder	Bestandteil der Projektdokumentation, die nach Realisierung des Projektes auszufüllen ist. Falls Änderungen zum Projektantrag bestehen, sind auch die gelben Felder anzupassen.
graue Felder	Bestandteil der Projektprüfung: Wird durch Programmleitung ausgefüllt.

Bemerkung zur Bearbeitung:

Das Dokument ist geschützt und erlaubt nur die Bearbeitung der Formularfelder, enthält aber kein Passwort.

Falls Tabellen kopiert oder Änderungen am Layout gemacht werden sollen, kann der Blattschutz aufgehoben werden (Menü Entwicklertool \ Bearbeitung einschr. \ Blattschutz aufheben)

Angaben zu den Projektverantwortlichen	
Betreiber der Anlage(n)	<i>Name der Firma</i> <i>Adresse</i> <i>PLZ, Ort</i>
Kontaktperson Betreiber	<i>Name verantwortliche Person</i> <i>Telefon</i> <i>E-mail</i>
Zuständige/r Kältefirma/-planer	<i>Name der Firma</i> <i>Adresse</i> <i>PLZ, Ort</i>
Kontaktperson Kältefirma/-planer	<i>Name verantwortliche Person</i> <i>Telefon</i> <i>E-mail</i>

Standort der Anlage	
Standort	<i>Betrieb, Adresse, PLZ, Ort</i>
Standorttyp	<input type="checkbox"/> Tankstellenshop / Convenience-Shop <input type="checkbox"/> Discounter-Verkaufslokal <input type="checkbox"/> anderes Verkaufslokal. Bitte beschreiben: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> anderer Standort. Bitte beschreiben: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Bemerkungen zum Standort	Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Generelle Angaben zum Projekt	
Beschreibung des Vorhabens (Umfang des Projekts, Anlass, Ziel und Zweck)	Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Alternative: Was würde der Anlagenbetreiber ohne Fördermittel machen?	<input type="checkbox"/> Es würde eine HFKW-Anlage gebaut (R134a für Normalkühlung, R404a für Tiefkühlung) <input type="checkbox"/> Es würde keine neue Anlage gebaut. <input type="checkbox"/> Andere Alternative. Bitte beschreiben: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Projektstand (bei Unterzeichnung des Formulars)	<input type="checkbox"/> Das Projekt ist noch nicht realisiert und noch nicht in Auftrag gegeben. <input type="checkbox"/> Das Projekt ist bereits in Realisierung, oder der Auftrag zur Realisierung wurde bereits erteilt. In diesem Fall sind folgende weiteren Angaben erforderlich: Kältefirma, die mit dem Bau der neuen Anlage betraut wurde: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Datum der Unterzeichnung des Werkvertrags (bitte beilegen): Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Geplante Realisierung	Geplantes Datum der Inbetriebnahme: <i>Datum</i>
Bemerkungen zum Projekt	Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Angaben zur geplanten Kälteanlage	
Bezeichnung	Bezeichnung
Anlagentyp	<input type="checkbox"/> R744-Boster-Anlage mit kombinierter Normal-/Tiefkühlung (einziges Kältemittel: CO2) <input type="checkbox"/> andere Verbundkälteanlage: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Allfällige weitere Kältemittel (Art des Kältemittels, Menge in kg): Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Anzahl Verdichter: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Weitere Angaben (Hersteller, Typ etc.): Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Kälteleistung	Normalkühlung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. kW Tiefkühlung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. kW
Möblierung / Kältenutzung	Laufmeter Normalkühlung: xx m Laufmeter Tiefkühlung: xx m Weitere Angaben (Hersteller, Typ, mit/ohne Türen etc.): Klicken Sie hier, um Text einzugeben. weitere Kühlnutzungen mit Anschluss an die gleiche Kälteanlage <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Kühlräume mit Normalkühlung: : xx m ³ <input type="checkbox"/> Tiefkühlräume: : xx m ³ <input type="checkbox"/> Andere. Bitte beschreiben: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Bemerkungen zur Anlage (z.B. zu Nutzung der Abwärme oder andere Besonderheiten der Anlage)	Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Beilagen	
zwingende Beilagen	<p>In speziellen Fällen (auf Aufforderung von KliK) zusätzlich folgende Beilagen erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Offerte für die Kälteanlage <input type="checkbox"/> Offerte für die Alternativanlage mit HFKW, die ohne Fördermittel gebaut würde <input type="checkbox"/> Werkvertrag mit Anlagenbauer <input type="checkbox"/> Leistungsgarantie gemäss Kampagne effiziente Kälte <input type="checkbox"/> Ermittlung des Stromverbrauchs der Anlage mit dem Tool der Kampagne effiziente Kälte <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
weitere Beilagen	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Unterschriften zum Gesuch um Förderung (vor Realisierung des Projekts)	
<p>Der Anlagenbetreiber bestätigt,</p> <ul style="list-style-type: none"> - dass die Angaben auf diesem Formular korrekt sind, - dass er mit Entgegennahme der KliK-Finanzierung die Rechte an der Emissionsverminderung durch HFKW-Vermeidung vollständig abtritt und nicht mehr anderweitig verwerten darf (z.B. im Rahmen eines Klimaschutzprogrammes einer anderen Trägerschaft).¹ 	
Stempel:	Ort, Datum:
	Unterschrift:

¹ Damit ist nicht ausgeschlossen, dass der Eigentümer der Anlage andere Fördermittel entgegennimmt. Diese dürfen aber die Vermeidung der HFKW-Emissionen nicht als Teil ihrer Wirkung anrechnen. Weiterhin zugelassen ist zum Beispiel eine zusätzliche Förderung durch das Programm ProFrio des SVK. In Zweifelsfällen ist mit der Stiftung KliK zu klären, ob eine Doppelförderung möglich ist.

Installationsnachweis für Verkaufskälteanlagen (Projekte Typ 1)		
Standort (Betrieb, Adresse)		Datum der Inbetriebnahme:
Zuständig	Firma: Verantwortliche Person:	

Kühlmöbel Normalkühlung (nur Kühlmöbel aufführen, die an die CO2-Verbundkälteanlage angeschlossen sind)					
	Typ	installierte Laufmeter (m.cm)	Nachweismethode		
			1 vor Ort gemessen ²	2 mit Plan dokumentiert	3: mit anderen Unterlagen dokumentiert
1			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total Laufmeter Normalkühlung					

Kühlmöbel Tiefkühlung (nur Kühlmöbel aufführen, die an die CO2-Verbundkälteanlage angeschlossen sind)					
	Typ	installierte Laufmeter (m.cm)	Nachweismethode		
			1 vor Ort gemessen ¹	2 mit Plan dokumentiert	3 mit anderen Unterlagen dokumentiert
1			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total Laufmeter Tiefkühlung					

Bestätigung	<p>Der Unterzeichnende bestätigt, dass die installierte Anlage, insbesondere die Kühlmöbel, den Angaben auf diesem Formular und auf den beigefügten Dokumenten (Plan, Fotos, ev. weitere Unterlagen) entsprechen:</p> <p>Datum: _____ Unterschrift: _____</p>
Beilagen	<p><input type="checkbox"/> Fotos der Anlage (kälteerzeugender Teil und alle angeschlossenen Kühlmöbel, zwingend)</p> <p>falls Nachweismethode 2:</p> <p><input type="checkbox"/> Plan der installierten Kühlmöbel, Massstab 1:100 oder grösser, mit Massangaben</p> <p>falls Nachweismethode 3:</p> <p><input type="checkbox"/> Unterlagen des Herstellers, aus denen die Masse der Kühlmöbel zweifelsfrei hervorgehen</p>

² Messung Innenmass (ohne Isolation), auf cm genau. Richtigkeit der Messung wird mit diesem Formular bezeugt.

Nachweis der Realisierung für Projekte Typ 2	
Realisierung	<input type="checkbox"/> Das Projekt wurde wie im Fördergesuch realisiert. <input type="checkbox"/> Das Projekt wurde realisiert, aber mit gewissen Änderungen gegenüber dem Fördergesuch. In diesem Fall bitte Änderungen beschreiben: <input type="checkbox"/> Das Projekt wurde nicht realisiert. In diesem Fall bitte Begründung angeben:

Inbetriebnahme	
Inbetriebnahme	Datum der Inbetriebnahme: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Beilagen	
zwingende Nachweisdokumente für Spezialfälle (Typ 2)	<input type="checkbox"/> Fotos der Anlage (Kälteerzeugender Teil und alle angeschlossenen Kühlmöbel/Kühlräume) <input type="checkbox"/> Plan der Anlage <input type="checkbox"/> Anlagendokumentation mit Nachweis der effektiv installierten Kälteleistung, der eingesetzten Kältemittel und der Füllmengen. <input type="checkbox"/> Rapport/Protokoll zur Inbetriebnahme <input type="checkbox"/> Beleg für Investitionsvolumen (z.B. Auszug aus Bauabrechnung oder Kontoauszug aus Buchhaltung) <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
weitere Beilagen	<input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Unterschriften zum Gesuch um Förderung (nach Realisierung des Projekts)

Der **Anlagenbetreiber** bestätigt, dass die Angaben auf diesem Formular korrekt sind

Stempel:

Ort, Datum:

Unterschrift:

Erwartete Emissionsverminderungen

Erwartete Emissionsverminderungen

Wird durch Programmleitung eingetragen

(Kopie aus Excel-File, Online-Berechnungstool oder Vertragsgrundlage)

Überprüfung der Erfüllung der Aufnahmekriterien

1. Das Vorhaben beinhaltet den Bau einer Kälteanlage im Anwendungsbereich Gewerbe-kälte / Supermarktkälte mit dem Kältemittel R744 (CO₂).
2. Aufgrund der Kälteleistung wäre gemäss ChemRRV der Bau einer HFKW-Kälteanlage als Alternative zulässig.
- Begründung:*
- Minuskühlung mit einer Kälteleistung von maximal 30 kW
- Pluskühlung mit einer Kälteleistung von maximal 40 kW
- Minuskühlung mit einer Kälteleistung von maximal 8 kW, wenn die Minuskühlung mit einer Pluskühlung kombinierbar ist.
- 3a. Das Vorhaben entspricht Typ 1:
- Verbundkälteanlage in Convenience-Shop, Tankstellenshop oder Discounter-Verkaufslokal für Lebensmittel.
- transkritische R744-Boster-Anlage (einziges Kältemittel: CO₂).
- maximal 30 Laufmeter Kühlmöbel
- Kälteleistung Tiefkühlung ≤ 8 kW
- 3b. Das Vorhaben entspricht Typ 2:
- Andere CO₂-Kälteanlage unter der Leistungsgrenze der ChemRRV (Abweichung von Typ 1 in einem oder mehreren Kriterien).
- Beschreibung der Abweichungen:*
Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
- Die Anlage setzt CO₂ als Kältemittel ein (allenfalls in Kombination mit HFKW)
- Es existieren Planungsgrundlagen für den Bau einer HFKW-Anlage als Alternative (Referenzszenario).
- Auf der Grundlage dieser Planungsgrundlagen wird dargelegt, dass diese Alternativanlage die wirtschaftlichste Lösung wäre (projektspezifischer Nachweis der Zusätzlichkeit).
- In den Planungsgrundlagen wird ausserdem aufgezeigt und plausibel gemacht, welche Kältemittel und Füllmengen im Referenzfall angewendet würden.
4. Die durch die Massnahme erzielten Treibhausgasreduktionen werden nicht anderweitig zertifiziert und verkauft.
5. Die Anmeldung beim Programm erfolgte vor oder spätestens gleichzeitig mit der Erteilung eines Auftrags zur Realisierung.

Referenzszenario und Zusätzlichkeit	
Analyse von Referenzszenario und Zusätzlichkeit aufgrund des Projektantrages durch die Programmleitung. Vorgenommen durch: <i>Name Sachbearbeiter</i> am <i>Datum</i>	
<input type="checkbox"/> Projekt Typ 1 (Standardfall)	Die Zusätzlichkeit wurde summarisch nachgewiesen für alle Projekte dieses Typs. Allfällige weitere Erläuterungen: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
<input type="checkbox"/> Projekt Typ 2 (Spezialfall)	Das Referenzszenario ist der Bau einer HFKW Anlage mit folgenden Füllmengen: R134a: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. kg R404a Klicken Sie hier, um Text einzugeben. kg Diese Referenz-Füllmengen sind wie folgt belegt: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Wirtschaftlichkeitsanalyse	
<input type="checkbox"/> Berechnung mit dem Berechnungstool liegt bei. Dateiname: Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Datum: xx.xx.20xx <input type="checkbox"/> Der NPV ist negativ. <input type="checkbox"/> Die Investitionskosten für das Projektszenario sind korrekt belegt: xxx'xxx CHF <input type="checkbox"/> Die Investitionskosten für das Referenzszenario sind korrekt belegt: xxx'xxx CHF <input type="checkbox"/> Die Angaben zum Stromverbrauch sind plausibel dargelegt und projektspezifisch belegt. <input type="checkbox"/> Die weiteren Annahmen entsprechen den validierten Standardwerten des Tools. <input type="checkbox"/> Allfällige weitere projektspezifische Anpassungen sind plausibel erläutert und belegt. Begründung für die Additionalität und Erläuterungen Klicken Sie hier, um Text einzugeben.	
Allfällige weitere Begründung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.	

Aufnahmeentscheid
<i>Eignungsentscheid aufgrund des Programmantrages</i> Entscheid von: <i>Name Sachbearbeiter</i> am <i>Datum</i> <input type="checkbox"/> Das Projekt wird aufgenommen. <input type="checkbox"/> Das Projekt wird nicht aufgenommen. <input type="checkbox"/> Der Projektantrag wird zur Überarbeitung oder Vervollständigung zurückgewiesen. Begründung: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
Überprüfung der Projektdokumentation nach der Realisierung des Projekts
<input type="checkbox"/> Projekt Typ 1 (Standardfall) Zwingende Nachweisdokumente: <input type="checkbox"/> Ausgefülltes und unterzeichnetes Formular <input type="checkbox"/> Fotos der Anlage (kälteerzeugender Teil und alle angeschlossenen Kühlmöbel) <input type="checkbox"/> Installationsnachweis für Verkaufskälteanlagen (Projekte Typ 1) Nachweisdokument zu den Laufmetern an installierten Kühlmöbeln: <input type="checkbox"/> Nachweismethode 1: Unterzeichnetes Messprotokoll <input type="checkbox"/> Nachweismethode 2: Plan der installierten Kühlmöbel, Massstab 1:100 oder grösser, mit Massangaben <input type="checkbox"/> Nachweismethode 3: Unterlagen des Herstellers, aus denen die Masse der Kühlmöbel zweifelsfrei hervorgehen Allfällige weitere Dokumente <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. <input type="checkbox"/> Klicken Sie hier, um Text einzugeben. Fazit: <input type="checkbox"/> Die Projektdokumentation ist vollständig. Bemerkungen: Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Projekt Typ 2 (Spezialfall)

Zwingende Nachweisdokumente:

- Offerte für die Kälteanlage
- Offerte für die Alternativanlage mit HFkW, die ohne Fördermittel gebaut würde
- Ermittlung des Stromverbrauchs der Anlage mit dem Tool der Kampagne effiziente Kälte
- Fotos der Anlage (kälteerzeugender Teil und alle angeschlossenen Kühlmöbel/Kühlräume)
- Plan der Anlage
- Anlagendokumentation mit Nachweis der effektiv installierten Kälteleistung, der eingesetzten Kältemittel und der Füllmengen.
- Rapport/Protokoll zur Inbetriebnahme
- Beleg für Investitionsvolumen (z.B. Auszug aus Bauabrechnung oder Kontoauszug aus Buchhaltung)
- Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
- Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Allfällige weitere Dokumente

- Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
- Klicken Sie hier, um Text einzugeben.
- Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Fazit:

- Die Projektdokumentation ist vollständig.

Bemerkungen:

Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Erneute Überprüfung der Aufnahmekriterien nach der Realisierung des Projekts

Entscheid von: *Name Sachbearbeiter* am *Datum*

- Das realisierte Projekt entspricht dem Projektantrag, und die Aufnahmekriterien müssen nicht erneut überprüft werden.
- Das realisierte Projekt weist wesentliche Änderungen gegenüber dem Projektantrag auf.
 - Die Erfüllung der Aufnahmekriterien wurde erneut überprüft, und sie sind nach wie vor erfüllt.
 - Die Erfüllung der Aufnahmekriterien wurde erneut überprüft, und mindestens ein Aufnahmekriterium ist nicht erfüllt.

Kommentar:

Klicken Sie hier, um Text einzugeben.

Anzahl Projekte		2'015	2'016	2'017	2'018	2'019	2'020	2'021	2'022	2'023	2'024	2'025	2'026	2'027	2'028	2'029	2'030	TOTAL bis 2020	TOTAL bis 2030
Anzahl Projekte		5	20	30	30														-
Anzahl wirksamer Projekte		5	25	55	85	85	85	85	85	85	85	85	85	80	60	30			
Referenzemissionen Betrieb (tCO2)	6.9	34.4	171.9	378.1	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	550.0	412.5	206.3	-	2'337.5	7'012.5
Referenzemissionen Stilllegung (tCO2)	6.3													31.3	125.0	187.5	187.5		531.3
Referenzemissionen Total (tCO2)		34.4	171.9	378.1	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	584.4	581.3	537.5	393.8	187.5	2'337.5	7'543.8
Projektemissionen tCO2	0.01	0.0	0.2	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.704	0.5	0.3	-	2.99	9.0
Projektemissionen Stilllegung (tCO2)	0.004													0.02	0.07	0.11	0.11	-	0.30
Projektemissionen Total (tCO2)		0.0	0.2	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4	0.1	3.0	9.3
Emissionsreduktionen tCO2		34.3	171.7	377.6	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	580.5	536.9	393.4	187.4	2'334.5	7'534.5

Bereich	Referenz-KM	GWP	Menge kg	Leckrate %	Rec-Faktor %	RE Betrieb tCO2/Jahr	RE Stilllegung tCO2	PE Betrieb tCO2/Jahr	PE Stilllegung tCO2	ER Laufzeit 12a tCO2	ER 5a
Normalkühlung	R134a	1430	60	6%	95%	4.7	4.3	0.003	0.003	60.88	23.58
Tiefkühlung	R404a	3920	10	6%	95%	2.2	2.0	0.006	0.001	27.77	10.75
TOTAL						6.9	6.3	0.009	0.004	88.64	34.33

Referenzangaben aus Literatur und mündlichen Auskünften zu wichtigen Kennzahlen / Informationen:

Auszüge aus folgenden Studien / Berichten:

Nr.	Bezeichnung	Link
16	<i>Umweltbundesamt 2008: Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und -geräten für den Supermarkt, Abschlussbericht. Bericht UBA-FB 206 44 300.</i>	http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-bewertung-klimarelevanz-von
17	<i>Emerson Climate Technologies 2010: Refrigerant Choices for Commercial Refrigeration. Finding the Right Balance</i>	http://www.emersonclimate.com/europe/Documents/Resources/TGE124_Refrigerant_Report_EN_1009.pdf
18	<i>Environmental Investigation Agency EIA 2013: Chilling Facts V: Einzelhändler am Scheitelpunkt einer globalen Kühlrevolution</i>	http://eia-international.org/reports/chilling-facts-v
22	<i>Van D. Baxter 2003: Advances in Supermarket Refrigeration Systems</i>	http://www.arb.ca.gov/cc/commref/adv_supmkt_ref_syst.pdf

Füllmenge von Kälteanlagen für kleine Verkaufsformate

[16] S. 168:

Tabelle 8: Kältemittelfüllmengen verschiedener Kälteanlagen im Discounter

Kältemittelfüllmenge		
Auslegungsvariante	Kältemittelfüllmenge KM [kg/m]	Unsicherheit ³ [%]
I R404A dir. NK	2,9	+/- 5,0
II R134a dir. NK	3,3	+/- 5,0
III ind. R290 NK	1,0	+/- 5,0
IV dir. 744 NK	2,0	+/- 5,0
R290 Steckerfertig TK	< 0,1	-

S.173:

Tabelle 10: Kältemittelfüllmengen verschiedener Kälteanlagen im Verbrauchermarkt

Kältemittelfüllmenge		
Auslegungsvariante	Kältemittelfüllmenge KM [kg/m]	Unsicherheit [%]
Ia dir. R404A NK+TK	2,5	+/- 8,0
Ib dir. R134a NK+R404A TK	2,4 kg R134a + 0,8 kg R404A	+/- 8,0
IIa R404A NK + R744 TK	2,1 kg R404A 0,5 kg R744	+/- 8,0
IIb R134a NK + R744 TK	2,45 kg R134a 0,5 kg R744	+/- 8,0
III ind. R717	0,75	+/- 8,0
IVa R717/R744 NK+TK	0,5 kg R744 0,15 kg R717	+/- 13,0
IVb R290/R744 NK+TK	1,1 kg R290 0,8 kg R744	+/-13,0
V dir. R744	3,0	+/- 8,0

S. 369: HFKW-Füllmengen Discounter 60 – 80 kg, Supermarkt 300 – 600 kg, Verbrauchermarkt 800 – 1500 kg.

S. 377: NK-Anlagen enthalten bei luftgekühltem Verflüssiger und Wärmerückgewinnung ca. 2 kg HFKW pro kW Kälteleistung [Gerber2008].

S. 87: R744-Anlagen: ca. 300 bis 800 g/kW

[17]:

4.10. Refrigerant charge per kW load

For a distributed DX system, the charge is 75% of the equivalent centralised system. For the cascade systems the medium temperature charge in kg per kW load is the same as for DX centralised. Secondary MT charge levels are based on those of a factory-built chiller.

Refrigerant charge, kg/kW Load	
DX Low Temperature Centralised	4
DX Low Temperature Distributed	3
DX Medium Temperature Centralised	2
DX Medium Temperature Distributed	1.5
Secondary Medium Temperature, R410A	0.5
Secondary Medium Temperature, R290	0.75
Secondary Medium Temperature, HFO	1

[22], S. 8:

System	Condensing	Charge, kg/kW	Primary Refrigerant	Leak (%)	Annual kWh	TEWI (million kg of CO ₂)		
						Direct	Indirect ^a	Total
Multiplex	Air-Cooled (baseline)	4.15	R404A /R-22 ^b	30 (15)	976,800	13.62 (6.81)	9.52 (9.52)	23.14 (16.33)
	Evaporative	4.15		30	896,400	13.62	8.74	22.36
Low-Charge Multiplex	Evaporative	2.77	R404A /R-22 ^b	30	863,600	9.08	8.42	17.50
				15	863,600	4.54	8.42	12.96
Distributed	Water-Cooled, Evap	1.24	R404A	5	866,100	1.00	8.44	9.44
Secondary Loop	Evaporative	0.69	R507 ^c	10	875,200	1.13	8.54	9.67
				5	875,200	0.56	8.54	9.10
	Water-Cooled, Evap	0.27	R507 ^c	5	987,900	0.23	9.63	9.86
				2	987,900	0.09	9.63	9.72
Advanced Self-Contained	Water-Cooled, Evap	0.14	R404A	1	1,048,300	0.02	10.22	10.24

Results for Washington, DC location – 15 year service life

^aConversion factor = 0.65 kg CO₂/kWh

^b1/3 R404A (low temp.), GWP = 3260; 2/3 R22 (medium temp.), GWP = 1700

^cR507, GWP = 3300

Energieeffizienz:

[16]:

S. 169/170:

"In deutschen Discountern sind seit einiger Zeit die ersten R744-Direktverdampfungsanlagen für die Normalkühlung im Einsatz. Gemessene Energieverbräuche von einzelnen Anlagen gibt es leider bisher nur über sehr kurze Zeiträume. Erste Erfahrungen zeigen, dass der Energieverbrauch je nach Außentemperatur erheblich schwankt. Unter deutschen Klimabedingungen ist der Energieverbrauch der R404A-Anlage jeweils von Mai bis September niedriger; von Oktober bis April ist der Energieverbrauch der R744-Anlage niedriger (vgl. Technologiedatenblatt C13). Diese Erfahrungen wurden durch gemessene Energieverbräuche zweier Discount-Ketten bestätigt. In der Messreihe eines großen deutschen Discounters wurden von November 2006 bis Oktober 2007 die Energieverbräuche einer CO₂-Anlage ermittelt. Für die Wintermonate lag der Energieverbrauch deutlich unter dem einer vergleichbaren R404A Anlage. In den Sommermonaten leicht darüber. Über das Jahresmittel ergab sich dadurch ein 3% niedrigerer Energieverbrauch gegenüber der Referenzanlage mit R404A. Der Betreiber erwartet anhand dieser ersten Erfahrungen und Messwerte, dass eine CO₂-Anlage in der Discountanwendung über den Jahreszyklus langfristig eine Energieeinsparung von 5-6% gegenüber herkömmlichen Anlagen mit R404A erreichen kann."

S. 168:

Tabelle 7: Jährliche Energieverbräuche verschiedener Kälteanlagen im Discounter

Energieverbrauch			
Auslegungsvariante	Verhältnis zu R404A	Energieverbrauch [kWh/m]	Unsicherheit² [%]
I R404A dir. NK	0 %	3.263	+/- 17,5
II R134a dir. NK	-10 %	2.937	+/- 17,5
III ind. R290 NK	+10 %	3.589	+/- 17,5
IV dir. 744 NK	0%	3.263	+/- 17,5
R290 Steckerfertig TK		2.400	+/- 17,5

S. 172:

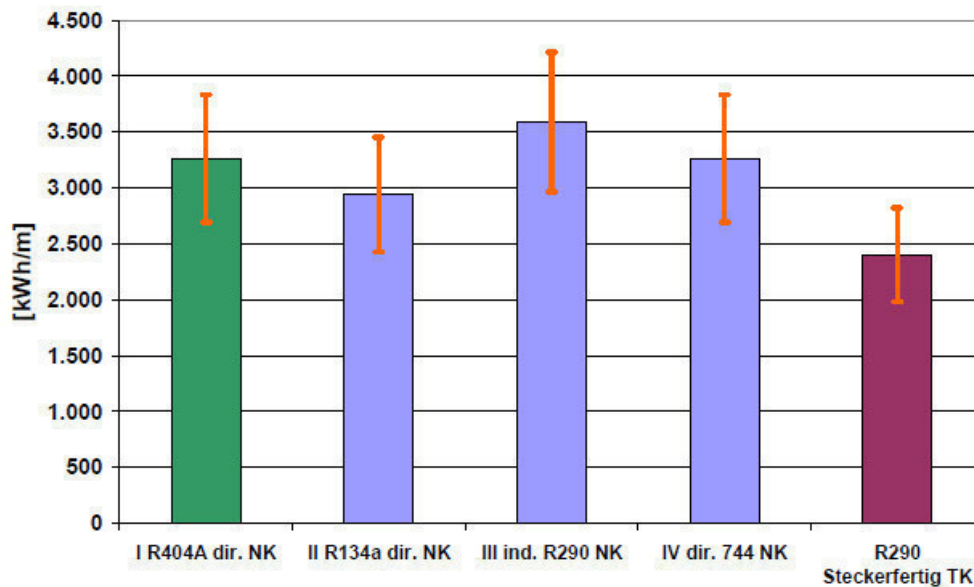


Abbildung 3: Jährlicher Energieverbrauch der verschiedenen Kälteanlagen des Discounters – Daten aus Tabelle 7

S. 2

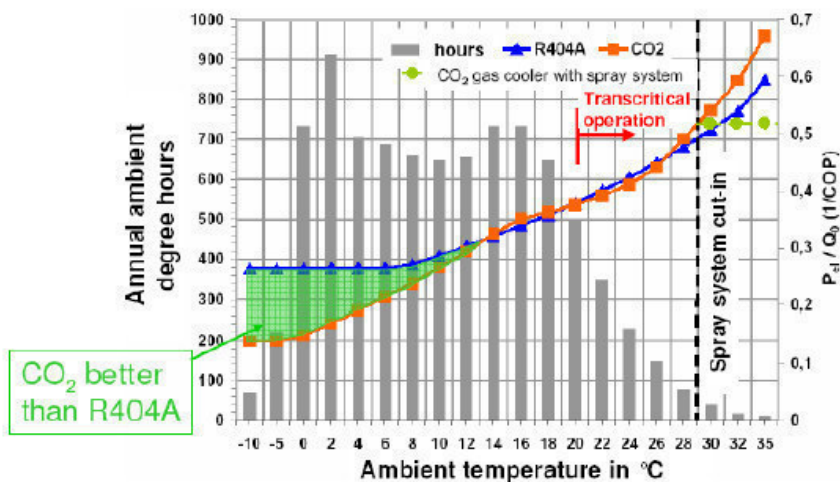


Abbildung 31: Vergleich des Energieverbrauchs von direkt verdampfenden R404A / R774 NK Anlagen Quelle: [Haaf 2005]

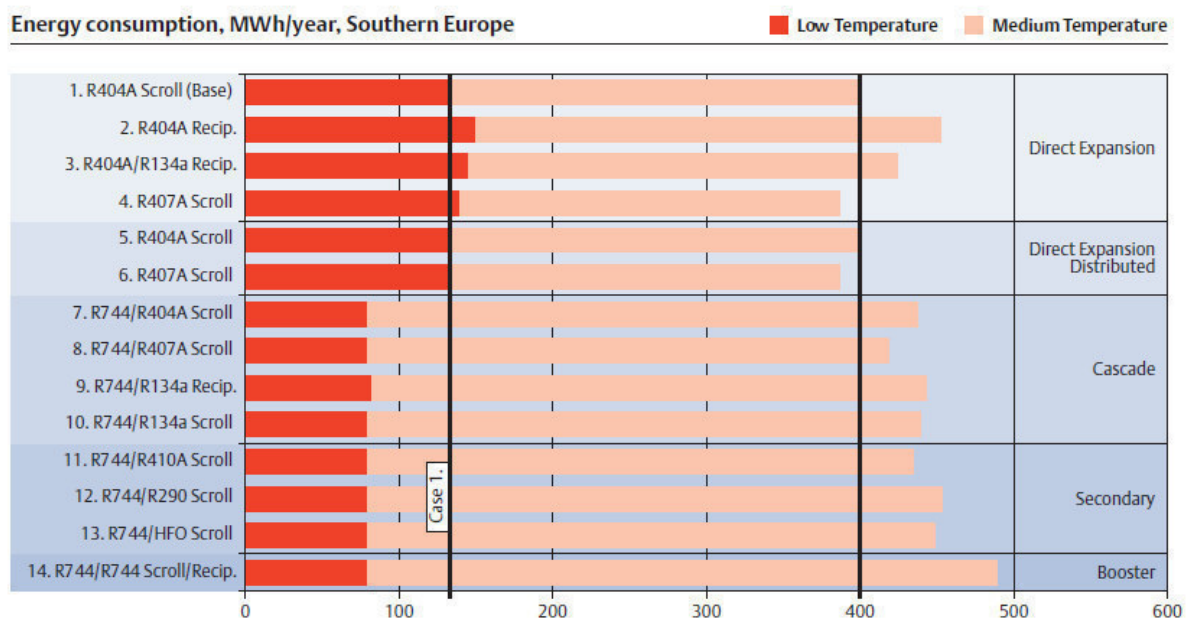
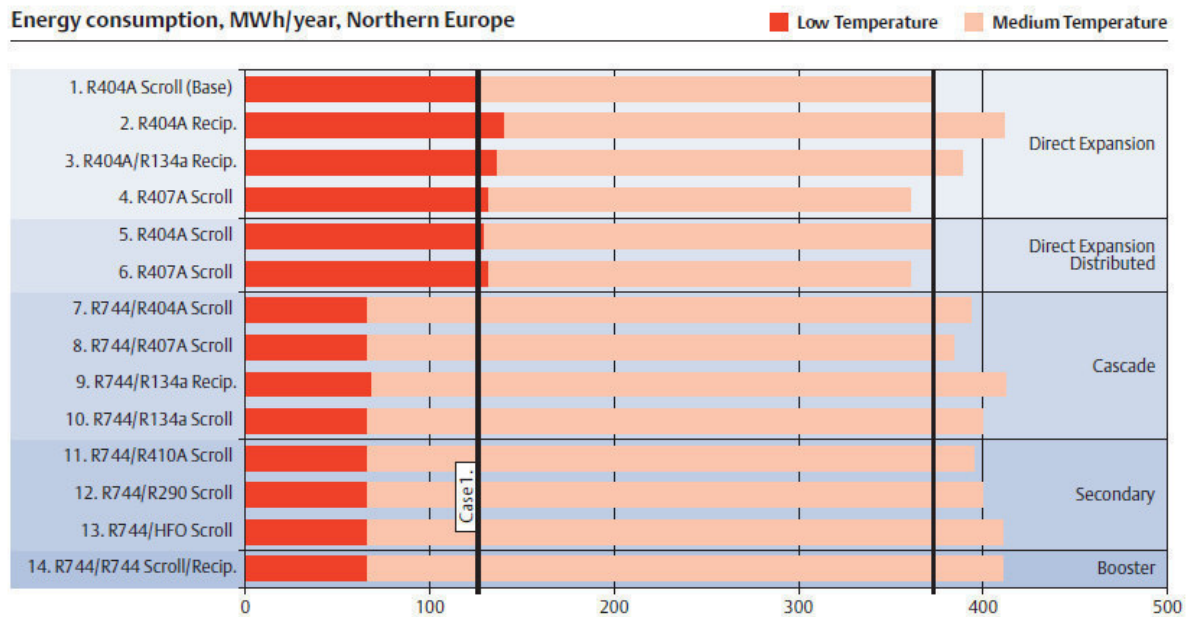
S. 8:

Abdeckung / Türen:

"Die durchgehende Abdeckung von Kühlmöbeln mit Schiebedeckeln (Truhen) bzw. Türen (Regale) gilt als bedeutende Energieeinsparquelle. Das Einsparpotential wird im Allgemeinen auf bis zu 40 Prozent des Energieverbrauchs der jeweiligen offenen Verbrauchsstelle eingeschätzt."

Details dazu S. 98 bis 100.

[17]: S. 18



[18]: S. 10

Türen an Kühltruhen/-schränken.

"Im Jahr 2007 wurde in einem Bericht des niederländischen Energieforschungszentrums¹⁴ ECN) festgestellt, dass die Anbringung von Türen an Kühltruhen und –schränken Energieersparnisse von 40-55 Prozent erzielen kann, während eine französische Studie aus dem Jahr 2008 zu dem Schluss kam, dass sie im Verkaufsbereich Energieersparnisse von 38-50 Prozent ermöglichen."

Weiteres:

[16] S. 35ff: Typisierung des Lebensmittelhandels (Verkaufsfläche, Anteil Lebensmittel):

Tabelle 3.1: Größe und Anzahl der verschiedenen Ladenformate

Ladenformat [EHI2001]	Fläche in m ²	Anteil Lebens- mittel	Jahr 2000 [DKV2002]	Jahr 2005 [IRI2007]	Jahr 2005 [EHI2007]	Jahr 2006 ² [EHI2007]
Lebensmittelselbst- bedienungsläden und -märkte	< 400	> 90 %	38.000	26.870	32.740	28.900
Lebensmittel- discounter	400 – 800	80 – 85 %	13.000	14.800	14.745	14.806
Supermärkte	600 – 1.500 (2.500)	> 75 %	9.000	6.190	8.430	8.170
Verbrauchermärkte	1.500 – 5.000	ca. 30 %	1.600	1.030	2.995	3.150 ³
SB-Warenhäuser	5.000 – 20.000	ca. 30 %	650	710		
Summe			62.250	49.600	58.910	55.026

Die typische in einer mittelgroßen Tankstelle installierte Kälteleistung liegt bei 12 bis 15 kW [DKV2002].

[16] S. 42 ff: Marktentwicklung:

In Deutschland steigt der Umfang der gekühlten Waren und damit die Kühlfläche durch Erweiterung der Bedienungsbereiche für Wurst und Käse (insbesondere bei großen Märkten), eine Zunahme der temperaturgeführten Convenience-Produkte sowie die Ausdehnung von Molkerei und Tiefkühlsortimenten [Lambertz2008].