

Das neue Modell zu stationären Kälte- und Klimaanlagen für die jährliche Emissionsberichterstattung

2. Industriekälte

Ergebnisse des Forschungsvorhabens

Umweltbundesamt Berlin - 24. Oktober 2012

W. Schwarz

Anforderungen CRF-Berichterstattung

Neun Angaben pro Sektor und pro HFKW-Typ

	Menge der Substanz			Emissionsfaktoren			Emissionen		
	Befüllung neuer Produkte	Bestand	Restmenge bei Entsorgung	Befüllung	Betrieb	Entsor- gung	von Befüllung	vom Bestand	von Entsorgung
	(t)			(% per annum)			(t)		
1. Refrigeration									
HFC-134a									
HFC-143a									

F-Gas-Emissionen 2000

Gering aus stat. Kälte-Klima (Stat. KK), weil R-22 dominiert (kein „F-Gas“).

Hauptsektoren: SF₆ (40%), Schaum (20%) HFKW-23 (10%), Autoklima (10%).

Fabrikgefertigte Stationäre KK-Systeme

Daten relativ einfach zu gewinnen bei

Raumklima (Mobil, Split, Multisplit), Chiller, Wärmepumpen, Hausgeräte

- Statistiken über jährliche Verkäufe verfügbar.
- „Stückzahl-Methode“ möglich. Wird noch heute angewandt.

Stückzahl-Methode

für fabrikgefertige Systeme

Betrifft in der Industriekälte nur große Flüssigkühlsätze (im Modell als Klimaanlagen gezählt) und hermetische Kleingeräte (Öl-Rückkühler, Schaltschränkkühler u. dgl.)

Pro Anwendungssektor (CRF-Sektor) von F-Gasen

1. Stückzahl verkaufter Systeme im Berichtsjahr
2. Mittlere (typische) KM-Füllmenge pro Stück
3. Kältemittel-Zusammensetzung (HFKW u. andere)

1. x. 2. x 3. = KM-Verwendung zur Neubefüllung

4. Bestand = $10 \times$ Neubefüllung (wenn mittl. LD = 10 Jahre*)
5. Betriebs-Emissionen = Bestand x Emissionsfaktor (EF)
6. Menge zur Entsorgung = Neubefüllung vor 10 Jahren

* Für Chiller werden 15 bzw. 25 Jahre angenommen

Modell-Methode

Gros der Kältemittel

- Kundenspezifische Anlagen, ortsmontiert
- Enorme Größenunterschiede von < 50 bis >40.000 kW
- Vielzahl von Herstellern (Kältefachbetriebe; Eigenpersonal)
- Keine Absatz-Statistik der Neuanlagen oder sektorspezifischen Kältemittelverwendung
 - Stückzahl-Methode nicht möglich

Modelle: Ausgangspunkt nicht jährliche Stückzahlen mittlerer KM-Füllmenge, sondern direkt KM-Bestand in einem bestimmten Stichjahr

Vereinfacht: Nicht von jährlicher Neubefüllung zum Bestand, sondern umgekehrt vom Bestand zur jährlichen Neubefüllung/Entsorgungsmenge

Das Kältemittelmodell ab 2003

Industriekälte

1. Gesamtheit der Anlagen: Typ, Temperatur, kW (DKV 2002)
2. Spez. Füllmenge und HFKW-Typ pro Anlagentyp (Experten)
3. Prozent F-Gase an allen KM

Kältemittelbestand = 1. x 2. x 3.

4. Betriebsemissionen = KM-Bestand x EF (generell 7%)
5. Jährliche Neubefüllung = Bestand / 10 (LD = 10 Jahre)
6. Jährliche Entsorgung = Neubefüllung vor 10 Jahren

Die Sektoren der Industriekälte im alten und im neuen Modell

Modell ab 2003

Obst+ Gemüseverarbeitung
Molkereiprodukte
Fischverarbeitung
Fleischverarbeitung
Backwaren
Brauereien
Fruchtsafthersteller
Schlachthöfe
Kühlhäuser
Sonstige Industrie (dav. 50% Chemie)
Flüssigkühlsätze
Tieftemperatur-Anlagen (R-23)
Kranklima (R-227ea)

Modell ab 2011

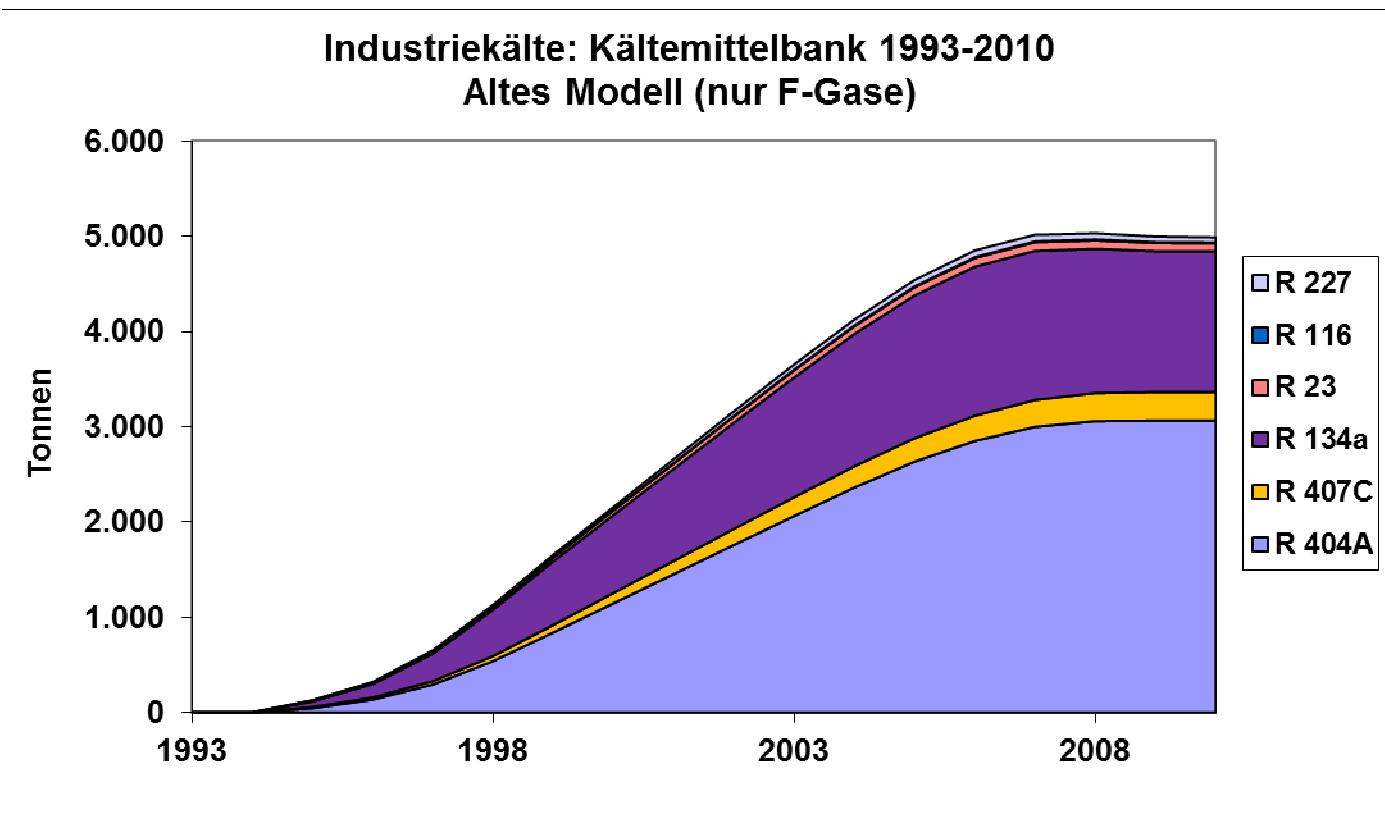
Bierproduktion
Tiefkühlkost
Weinerzeugung
Fleischproduktion
Molkereien
Schokolade
Fruchtsaft/Mineralwasser
Milchviehbetriebe
Kühlhäuser
Eisbahnen
Sonstige Industrie (dav. 80% Chemie)
Hermetischen Geräte
Kunststoffindustrie (R-23)
Kranklima (R-227ea)

Grundzüge des alten Kältemittel-Modells

- Datenbasis: Statistik des Anlagenbestands nach Typ und Kälteleistung (NK, TK, Gefrieren) in 2000 durch DKV-Studie zum Energieverbrauch (2002). Ergänzungen aus Expertenbefragungen
- Umrechnung der Kälteleistungen in Füllmengen (kg/kW)
- Abschätzung KM-Zusammensetzung (R-404A,-407C,-134a,-23,-227ea)
- Subtraktion der Ammoniak-Anlagen (Schätzung des NH₃-Anteils)
- Emissionsfaktor: Industriekälte: 7%.
- Lebensdauer: 10 Jahre alle Anlagentypen
- Entsorgungsemissionen: 30% auf nominale Entsorgungsmenge
- Abschläge für HFKW-Neubefüllung bis 2001 für R-22 in Neuanlagen
- Servicekältemittel für R-12/R-22-Ersatz nicht berücksichtigt

Industriekälte Altes Modell

Kältemittel-Bestand 1993-2010



- Anstieg bis 2007 auf 5.000 t
- Ab 2007 keine Veränderung mehr
- R-404A und R-134a einzige KM von Bedeutung
- R-22-Ersatz nicht dargestellt; ist im Modell ab 2010 bereits vollständig abgeschlossen (Lebensdauer generell 10 Jahre)

Mängel des alten KM-Modells

- Empirische Grundlage ist der unveränderte Anlagenbestand des Jahres 2000. Jährliche Aktualisierung zu aufwendig.
- Modell statisch, berücksichtigt nicht Anlagenbestand in der Zeit oder jährliche Marktschwankungen.
- Unsicherheiten der Werte für Neufüllung und Entsorgung $\pm 30\%$.
- Wegen zu niedriger Lebensdauer (10 Jahre) unfähig, R-22-Ersatz in bestehenden Anlagen zu erfassen (Ersatz zu früh abgeschlossen).
- Kältemittelzusammensetzung: Anteil von R-404A/507 zu hoch, von R-407C zu niedrig. Dadurch zu hohe Werte für Emissionen in CO₂-Äquivalenten.

Das neue KM-Modell ab 2011 (1)

Dynamische Ausgangsgrößen

- Ausgangsgröße bleibt Kälteleistung aller Anwendungen, aber Berechnung anders:
Statt Anzahl der Anlagen (statische Größe) jetzt Durchsatz von Waren (dynamische Größe).

Nicht mehr

- installierte Kälteleistung pro Betrieb (Froster + TK + NK) x Anzahl der Betriebe (Hauptkennziffer: kW/Betrieb)

Sondern

- installierte Kälteleistung pro t Jahresprodukt x Jahresproduktion in t (Hauptkennziffer: kW/jato*)

* **jato** = Jahrestonne

Das neue KM-Modell ab 2011 (2)

Empirische Kennziffer kW / jato

Einwand

- Zwar direkter (auch theoretischer) Zusammenhang zwischen Güterdurchsatz und Kältebedarf (kWh), aber nicht zwischen Güterdurchsatz und installierter Kälteleistung in kW.

Lösung

- Kennziffer kW/jato muss empirisch bestimmt werden – für jeden Sektor.
- Sektor-Kennziffern in internationaler Fachliteratur (UNEP-RTOC), für Frankreich (D. Clodic), in dt. Betriebsreportagen (u.a. KK, KI ...)

Beispiele

Sektor der Industriekälte	Spezifische installierte Kälteleistung
Bier	0,0450 kW /jato
Tiefkühlkost	0,0525 kW /jato
Molkereien	0,0130 kW /jato

Das neue KM-Modell ab 2011 (3)

Umrechnung in installierte Kälteleistung pro Sektor

Installierte Kälteleistung des Sektors (MW)

Spezifische installierte Kälteleistung in kW /jato

x

Jahresproduktion in t

Beispiele

Sektor der Industriekälte	Spez. install. Kälteleistung	Produktion 2010	Installierte Kälteleistung
	kW / jato	t	MW
Bier	0,045	9.168.300	413
Tiefkühlkost	0,0525	3.285.634	172
Molkereien	0,013	28.855.400	375

Das neue KM-Modell ab 2011 (4)

Bestimmung der spezifischen Füllmengen

Umrechnung von Kälteleistungen (kW) in spezifische Füllmengen (kg/kW) nach Temperaturbereich (plus/minus) und Betriebsart (direkt/indirekt).

Basiswerte für sektor-spezifische Füllmengenbestimmung

Normaltemperatur. Direkte Kühlung	5,5	kg / kW
Normaltemperatur. Indirekte Kühlung	2	kg / kW
Tieftemperatur. Direkte Kühlung	8,8	kg / kW
Tieftemperatur. Indirekte Kühlung	3	kg / kW

Beispiele

Sektor der Industrikälte	Temperatur Bereich		Kühl-Betriebsart		Spez. Füllmenge
	plus	minus	direkt	indirekt	
Bier	100%	0%	55%	45%	3,65
Tiefkühlkost	0%	100%	92%	8%	7,6
Molkereien	80%	20%	20%	80%	2,88

Das neue KM-Modell ab 2011 (5)

Der Kältemittelbestand in t

Kältemittelbestand des Sektors (t)

Installierte Kälteleistung des Sektors (MW)

x

Spezifische Füllmenge (kg / kW)

Beispiele

Sektor der Industriekälte	Installierte Kälteleistung	Spezifische Füllmenge	Kältemittel-Bestand
	MW	kg / kW	t
Bier	413	3,65	1.507
Tiefkühlkost	172	7,6	1.307
Molkereien	375	2,88	378

Der Anteil von Ammoniak (NH_3)

Im Kältemittelbestand des Sektors (t) ist NH_3 noch enthalten

Sektor der Industriekälte	Ammoniak-Anteil an Neuanlagen 2010 in Prozent
Bierbrauereien	90
Tiefkühlkost	65
Weinerzeugung	0
Fleischproduktion	65
Molkereien	65
Schokoladeherstellung	0
Fruchtsaft/Mineralwasser	0
Milchviehbetriebe	0
Kühlhäuser	84
Eisbahnen	80
Chemische und andere Industrie (80% Chemie)	30
Hermetische Geräte	0

Industriekälte

Weitere Änderungen

... aufgrund internationaler und nationaler Entwicklungen – u.a. im Zug der F-GasV und ihrer Revision (EU-Modell AnaFgas):

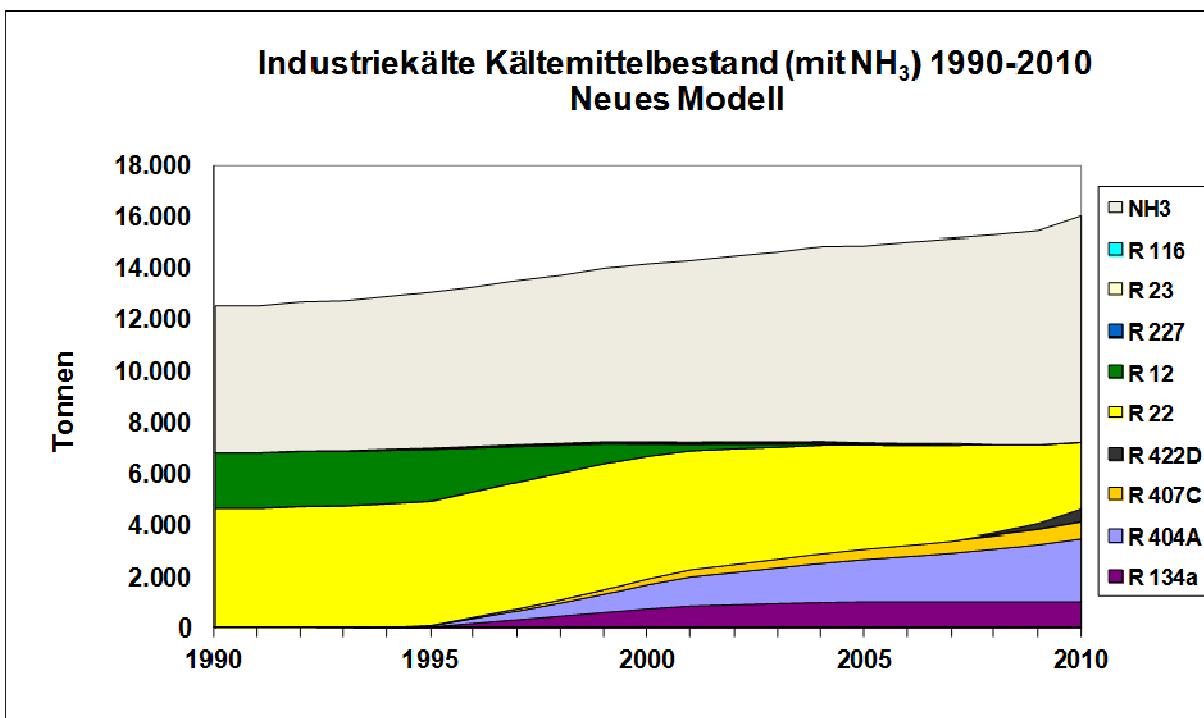
- Betriebs-Emissionsfaktor nicht konstant 10%, sondern kontinuierlicher Rückgang von 9% (1991) auf 6,5% (2010).
- Lebensdauer von 10 auf 30 Jahre (Milchkühlung u. Eisbahnen: 20 J.)
- Eingabe des Anteils alternativer Technologien (NH_3) an Neuanlagen
- Rückgewinnungsrate der effektiven Restmenge bei Entsorgung
- R-12-Umrüstung und R-22-Ersatz

KM-Zusammensetzung von Neuanlagen (jetzt weniger R-404A)

	alt	neu
R-134a	30%	27%
R-404A	64%	58%
R-407C	6 %	15%

Industriekälte Neues Modell

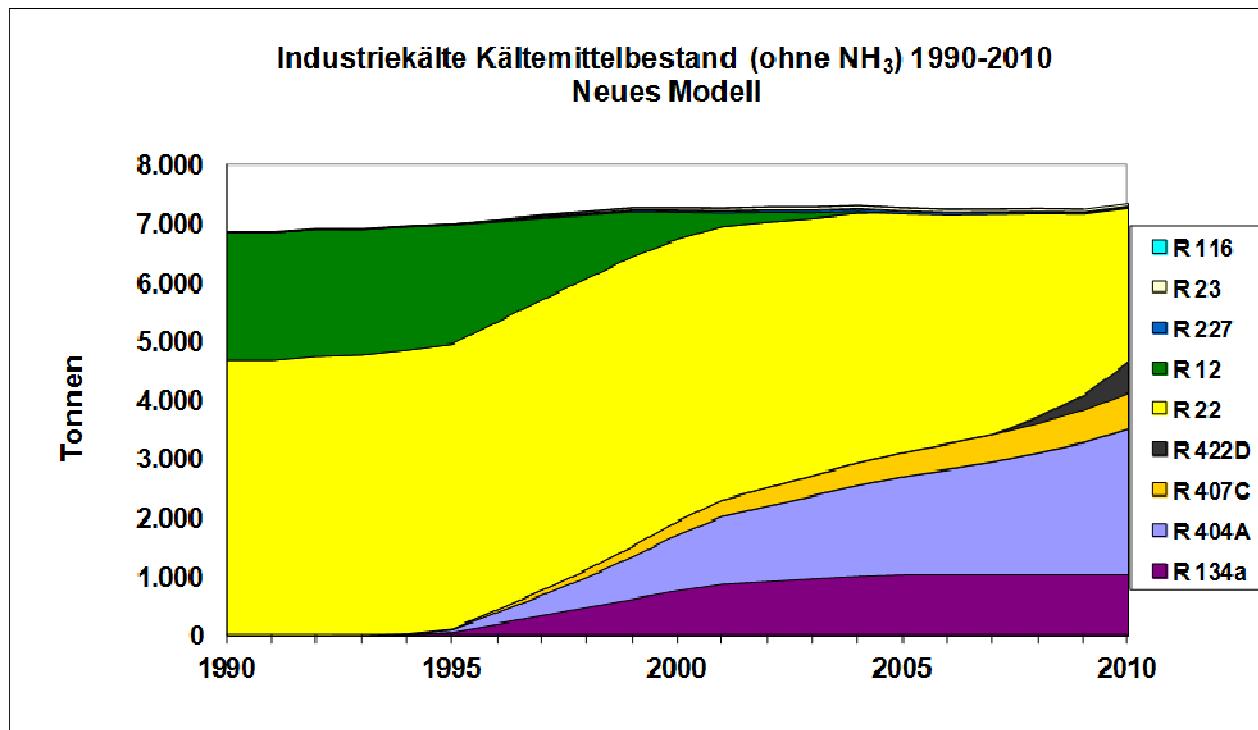
Kältemittel-Bestand 1990-2010 (mit NH₃)



- Stetiger Anstieg 1990-2010 von 12.500 auf 15.600 t
- Zu 90% verursacht durch Ammoniak
- R-12-Ausstieg 2004 abgeschlossen
- R-22 in 2010 noch zu 60% vorhanden

Industriekälte Neues Modell

Kältemittel-Bestand 1990-2010 (ohne NH₃)



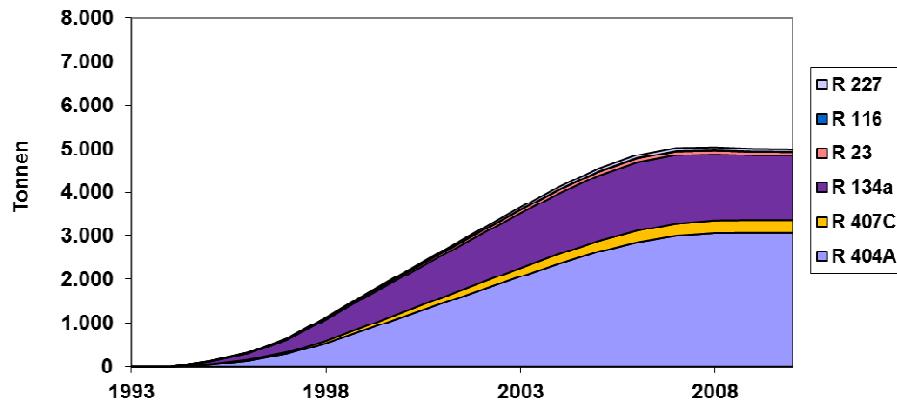
- Anstieg bis 2000; danach halogenierte KM stabil bei 7.300 t
- Noch große Menge R-22 vorhanden (mehr als ein Drittel aller halog. KM)
- Bis 2015 mit starker Zunahme von Ersatzkältemitteln in bestehenden Anlagen, insbesondere R-422D, zu rechnen.

Industriekälte

Direktvergleich Altes Modell u. Neues Modell

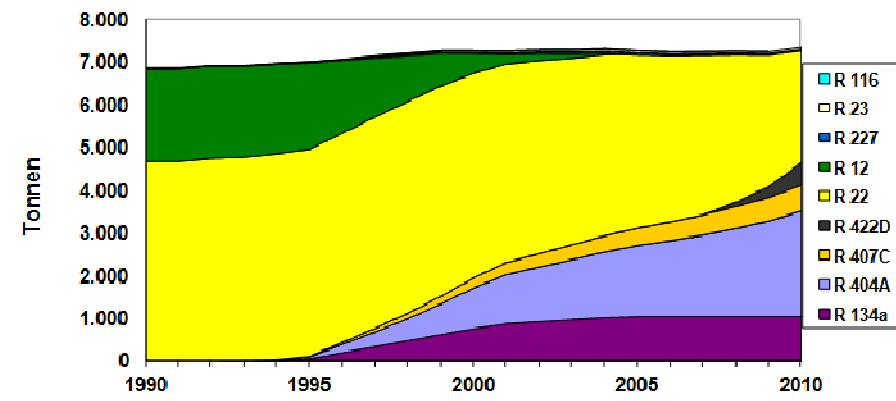
Altes Modell

Industriekälte: Kältemittelbank 1993-2010
Altes Modell (nur F-Gase)



Neues Modell

Industriekälte Kältemittelbestand (ohne NH₃) 1990-2010
Neues Modell



- F-Gase (ohne R-22) im alten Modell 5.000 t, im neuen Modell erst 3.600 t.
- Altes Modell: kein Wachstum der F-Gase über 5.000 t
- Neues Modell: Wachstumspotential bis 7.200 t infolge R-22-Ersatz d. HFKW.

Ende 2. Teil

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Stückzahl-Methode

Beispiel Schaltschrankkühler 2011

1. Absatz in D	30.000 (Quelle: Importeure, VDMA)
2. Füllmenge	0,95 kg (Expertenschätz., nicht jährlich)
3. Kältemittel	R-134a (wenig R-407C)

Neubefüllung (1. x 2. x 3.) 28,5 t R-134a
(keine inländ. Befüllemission, alles importiert)

4. Bestand = Neubefüllungen seit 2001 285 t R-134a

5. Betriebs-Emissionen 2011(Emissionsfaktor 1%)
2,85 t R-134a = 40,7 Ts.d.tCO₂-Äqu.

6. Menge zur Entsorgung = Neubefüllung vor 10 Jahren 28,5 t R-134a

Technische Kennziffern im neuen Industriekälte-Modell

Sektor der Industriekälte	Spez. installierte Kälteleistung	Temperatur Bereich		Kühl-Betriebsart		Mittlere Füllmenge
		plus	minus	direkt	indirekt	
Bierbrauereien	0,045 kW /jato	100%	0%	55%	45%	3,65
Tiefkühlkost	0,0525 kW /jato	0%	100%	92%	8%	7,6
Weinerzeugung	0,344 kW /jato	100%	0%	0%	100%	2,0
Fleischproduktion	0,045 kW /jato	70%	30%	92%	8%	5,61
Molkereien	0,013 kW /jato	80%	20%	20%	80%	2,88
Schokoladeherstellung	0,0095 kW /jato	100%	0%	90%	10%	4,7
Fruchtsaft/Mineralwasser	0,003 kW /jato	100%	0%	100%	0%	5,0
Milchviehbetriebe	0,0167 kW /jato	100%	0%	100%	0%	1,5
Kühlhäuser	0,032 kW / m ³	30%	70%	75%	25%	6,0
Eisbahnen	250 kW/ Stück	0%	100%	50%	50%	500
Chemische und sonstige Industrie (80% Chemie)	kein spez. Wert	60%	40%	50%	50%	5,0
Hermetische Geräte	2 kW / Stück	100%		100%		0,5