

Öko-Recherche

Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH



Entsorgung von Kältemitteln aus stationären Anlagen

Emissionsfaktor der Entsorgung

Emissionsberichterstattung von F-Gasen in der Kälte- und Klimatechnik

Umweltbundesamt Berlin – 24.10.12

Barbara Gschrey

Entsorgungsmengen bei der Außerbetriebnahme stationärer Anlagen

Bisherige Annahme im Modell:

Entsorgungsemissionsfaktor: 30%

Allgemeine Überlegungen:

Was sind Entsorgungsemissionen?

Kältemittel-Füllung der Anlagen bei Außerbetriebnahme

abzüglich

Kältemittel-Rückgewinnung

→ Annäherung an diese Größen für das neue Modell...

Entsorgungsmengen bei der Außerbetriebnahme stationärer Anlagen

Maximum: Nominale Füllmenge der Kälteanlage

→ „*nominale Entsorgungsmenge*“

| 2010 (in Tonnen) | R 134a | R 404A | R 407C | R 23/227 | R 22 |
|---------------------------------------|--------------|------------|-----------|------------|------------|
| Gewerbekälte Zentralanlagen | 84 | 92 | 23 | 4/- | 200 |
| Gewerbekälte Verflüssigungssätze | 25 | 28 | 9 | | 93 |
| Gewerbekälte steckerfertig | 44 | 11 | 4 | | |
| Industriekälte (Normalabgang) | | | | 5/4 | 174 |
| Industriekälte (aus R12-Umrüstung) | 19 | 31 | 8 | | |
| Industriekälte hermetisch | 48 | | | | |
| Mobile Raumklimageräte | | | 4 | | 27 |
| Split-Raumklimageräte | | | 8 | | 62 |
| Multisplit-Klimageräte incl. VRF-Typ | | | | | 14 |
| Kaltwassersätze (Chiller) incl. Turbo | 39 | | | | 166 |
| Heiz-Wärmepumpen | 1,3 | 0,7 | 0,8 | | 5 |
| Wärmepumpen-Wäschetrockner | | | | | |
| Gesamt nach Kältemittel: | 258 | 162 | 57 | 9/4 | 742 |
| Gesamt: | 1.233 | | | | |

Entsorgungsmengen bei der Außerbetriebnahme stationärer Anlagen

Aber: Die nominale Füllmenge an Kältemittel ist nach der Außerbetriebnahme der Anlage meist nicht mehr im System vorhanden.

Minimum der Kältemittel-Restmenge bei Außerbetriebnahme:

→ Was ist der technische Mindestfüllstand der Anlage, damit die geforderte Kälteleistung gerade noch erbracht werden kann?

Einflussfaktoren:

- Betriebsemissionen der Anlage
- Zeitpunkt der letzten Wartung (bzw. Nachfüllung)

Technischer Mindestfüllstand

| 2010 | Techn. Mindest-Füllstand % | Bestands-Emissions-Rate % | Lebens-dauer (a) | Maximale Jahre ohne Nachfüllung (a) |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Gewerbekälte Zentralanlagen | 75% | 10,5% | 14 | 2,4 |
| Gewerbekälte Verflüssigungs. | 70% | 7% | 12 | 4,3 |
| Gewerbekälte hermetisch | 75% | 1% | 10 | 10* |
| Industriekälte allgemein | 70% | 6,5% | 20-30 | 4,6 |
| Industriekälte hermetisch | 75% | 1% | 10 | 10* |
| Mobile Raumklimageräte | 75% | 2,5% | 10 | 10* |
| Split-Raumklimageräte | 75% | 5% | 10 | 5 |
| Multisplit- Klimageräte | 75% | 6% | 13 | 4,2 |
| VRF-Klimageräte | 75% | 7% | 12 | 4,3 |
| Chiller Verdrängungsverdichter | 80% | 4% | 15 | 5 |
| Chiller Turboverdichter | 80% | 4% | 25 | 5 |
| Heiz-Wärmepumpen | 75% | 2,5% | 15 | 10* |
| WP-Wäschetrockner | 75% | 0,3% | 15 | 15* |

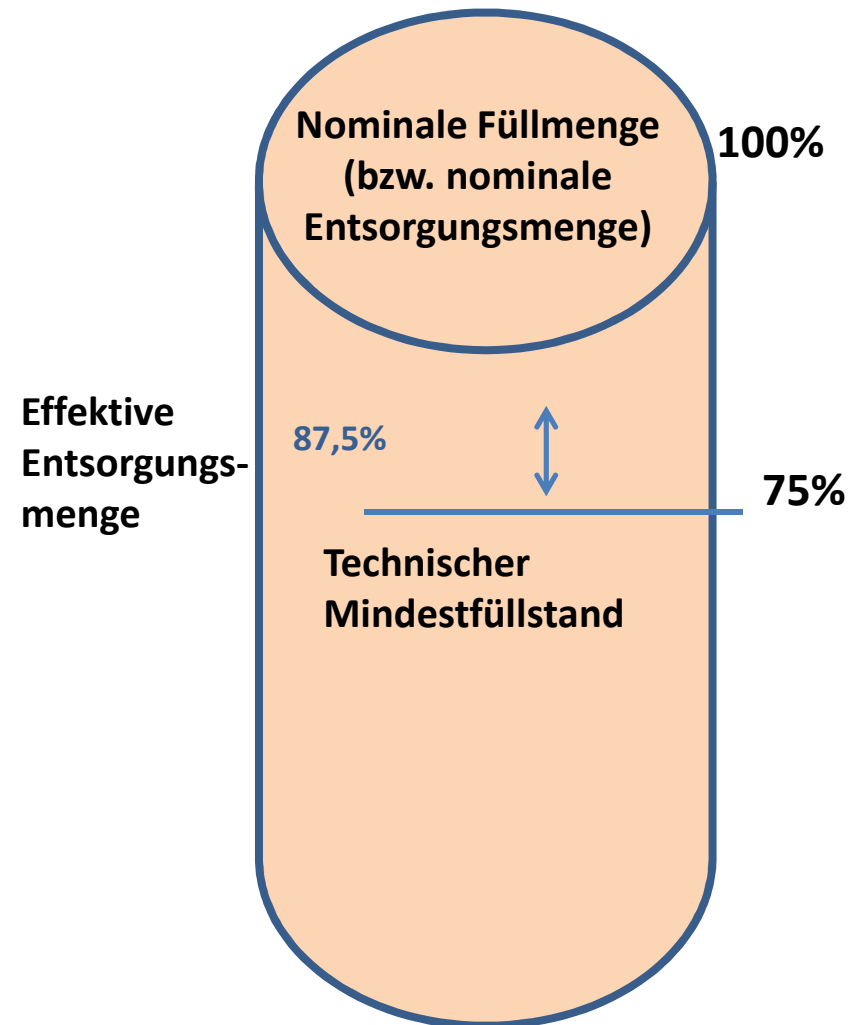
*) Keine Nachfüllung während Lebensdauer üblich.

Entsorgungsmengen bei der Außerbetriebnahme stationärer Anlagen

Aber: Nicht in allen Fällen wird der technische Mindestfüllstand bei Außerbetriebnahme erreicht, in vielen Fällen erfolgt die Außerbetriebnahme vorher.

Annahme zur Verallgemeinerung:

Die „*effektive Entsorgungsmenge*“ wird durchschnittlich nach der Hälfte der Zeit zwischen dem Zeitpunkt der letzten Befüllung und der Außerbetriebnahme erreicht. Der „*effektive Füllstand am Lebensende*“ beträgt daher die Hälfte der Differenz zwischen technischem Mindestfüllstand und nominaler Füllmenge.



Entsorgungsmengen in der Gewerbekälte

| | Nominale Entsorgungsmengen (t) | Effektiver Füllstand am Lebensende (%) | Effektive Entsorgungsmengen (t) |
|---|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 2010 | | | |
| Gewerbekälte - Zentralanlagen | | | |
| R 134a | 84 | 87,5 | 73 |
| R 404A | 92 | 87,5 | 80 |
| R 407C | 23 | 87,5 | 20 |
| R-23 | 4 | 87,5 | 4 |
| R-218 | 1 | 87,5 | 0,9 |
| R 22 | 200 | 87,5 | 175 |
| Gewerbekälte - Verflüssigungssätze | | | |
| R 134a | 25 | 85 | 21 |
| R 404A | 28 | 85 | 24 |
| R 407C | 9 | 85 | 8 |
| R 22 | 93 | 85 | 79 |
| Gewerbekälte – steckerfertige Geräte | | | |
| R 134a | 44 | 90 | 39 |
| R 404A | 11 | 90 | 10 |
| R 407C | 4 | 90 | 3 |

Entsorgungsmengen in der Industriekälte

| | Nominale Entsorgungsmengen (t) | Effektiver Füllstand am Lebensende (%) | Effektive Entsorgungsmengen (t) |
|---|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 2010 | | | |
| Industriekälte - allgemein | | | |
| R 134a aus R-12-Umrüstung | 19 | 85 | 16 |
| R 404A aus R-12-Umrüstung | 31 | 85 | 26 |
| R 407C aus R-12-Umrüstung | 8 | 85 | 7 |
| R 23 | 5 | 85 | 4 |
| R-227ea | 4 | 85 | 3 |
| R-116 | 0,1 | 85 | 0,1 |
| R 22 | 174 | 85 | 148 |
| Industriekälte – hermetische Systeme | | | |
| R 134a | 48 | 90 | 43 |

Entsorgungsmengen bei Klimageräten, Wärmepumpen

| 2010 | Nominale Entsorgungsmengen (t) | Effektiver Füllstand am Lebensende (%) | Effektive Entsorgungsmengen (t) |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|
| Mobile Raumklimageräte | | | |
| R 407C | 4 | 75 | 3 |
| R 22 | 27 | 75 | 20 |
| Split-Raumklimageräte | | | |
| R 407C | 8 | 87,5 | 7 |
| R 22 | 62 | 87,5 | 54 |
| Multisplit-Klimageräte | | | |
| R 22 | 14 | 87,5 | 12 |
| Chiller incl. Turboverdichter | | | |
| R 134a | 39 | 90 | 35 |
| R 22 | 166 | 90 | 149 |
| Heiz-Wärmepumpen | | | |
| R 134a | 1,3 | 87,5 | 1 |
| R 404A | 0,7 | 87,5 | 0,5 |
| R 407C | 0,8 | 87,5 | 0,6 |
| R 22 | 5 | 87,5 | 3,8 |

Entsorgungsmengen nach Kältemitteln

Summen aus den genannten Sektoren

| 2010 | Nominale Entsorgungsmengen (t) | Effektive Entsorgungsmengen (t) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| R 134a | 258 | 228 |
| R 404A | 162 | 141 |
| R 407C | 57 | 49 |
| R 23 | 9 | 7 |
| R 227ea | 4 | 3 |
| R-218/R-116 | 1,2 | 1 |
| Summe HFKW | 491 | 429 |
| R 22 | 742 | 642 |
| Gesamtsumme | 1.233 | 1.071 |

**Annäherung:
Kältemittel-Füllmengen der Anlagen bei
Außerbetriebnahme ... somit rückgewinnbar!**

Tatsächliche Entsorgungsemissionen

Was sind Entsorgungsemissionen?

Kältemittel-Füllung der Anlagen bei Außerbetriebnahme

abzüglich

Kältemittel-Rückgewinnung

Rückgewinnung:

Bisher keine Daten zum Mengenfluss gebrauchter Kältemittel in Wiederaufbereitung und/oder Beseitigung in Deutschland verfügbar.

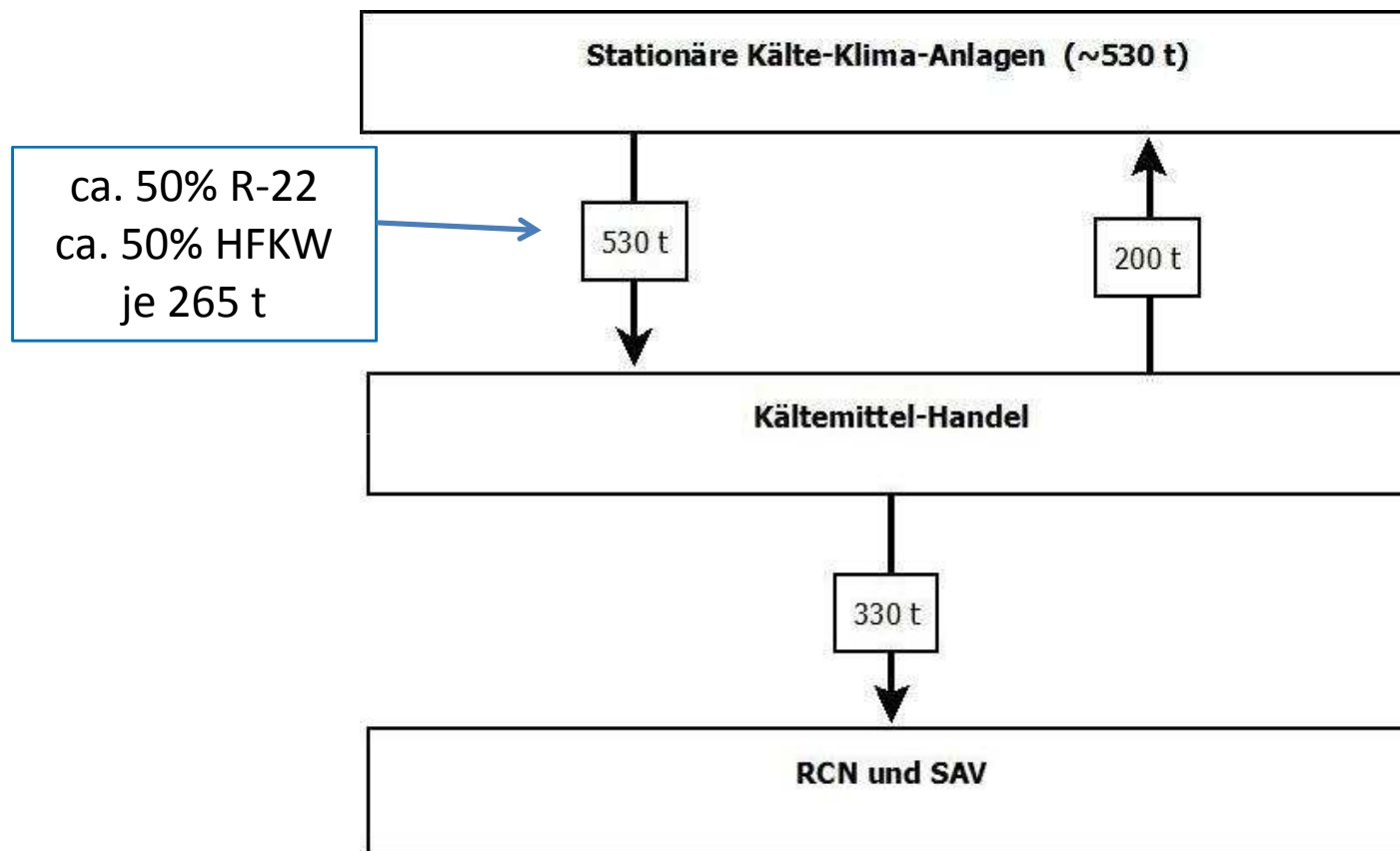
Sept/Okt 2011: Befragung von

- Kältemittelhandel
- Wiederaufbereitungsbetrieben
- Entsorgungseinrichtungen (Sonderabfallverbrennung, thermische Spaltung).


Befragung zur Kältemittel-Rücknahme

- Erfassung von ca. 98% der Rücknahme gebrauchter Kältemittel aus stationären Anlagen in Deutschland.
- Unterscheidung von gebrauchten Kältemitteln aus Haushaltskühlgeräten und anderen stationären Anwendungen möglich (anderer Entsorgungsweg).
- Nahezu keine Rücknahme von Mengen aus mobilen Klimaanlage (→ *anderer Vortrag*).
- Nicht erfasst: Rückgewonnene Mengen, die ohne Weitergabe an den Handel zur direkten Nachfüllung in andere Anlagen wiederverwendet werden (Wiederverwendung).

Mengenfluss gebrauchter Kältemittel in D



RCN: RCN Chemie GmbH in Goch (Sammelstelle für thermische Spaltung)
SAV: Sonderabfallverbrennungsanlagen



Rolle von R-22-Umrüstungen

- R-22 Anlagen werden oft umgerüstet
- 2010: ca. 335 t HFKW-Kältemittel für die „Erstfüllung von umgerüsteten Anlagen“ (Stat. Bundesamt)
- Verbleib des entnommenen R-22 nicht eindeutig:
 - Nutzung als Recyclingware für Altanlagen ?
 - Rückgabe an Handel ?

R-22 Daten führen zur Verzerrung der Daten zur Entsorgung.
Daher beziehen sich die weiteren Überlegungen nur auf **HFKW- Kältemittel.**

Entsorgungsmengen nach Kältemitteln

Rückgewonnene HFKW-Kältemittel: 265 t

Differenz: 164 t



| 2010 | Nominale Entsorgungsmengen (t) | Effektive Entsorgungsmengen (t) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| R 134a | 258 | 228 |
| R 404A | 162 | 141 |
| R 407C | 57 | 49 |
| R 23 | 9 | 7 |
| R 227ea | 4 | 3 |
| R-218/R-116 | 1,2 | 1 |
| Summe HFKW | 491 | 429 |
| R 22 | 742 | 642 |
| Gesamtsumme | 1.233 | 1.071 |

Entsorgungsemissionen



Verbleib von 164 t HFKW-Kältemitteln?

Mengen, die in andere Anlagen nachgefüllt werden (Wiederverwendung):
ca. 10 – 15 t

Rest: ca. 150 t – Erklärungsansätze

- Restmengen, die auch nach fachgerechter Entsorgung in der Anlage verbleiben
- Schlauchverluste, Verluste des Absauggeräts, Emissionen beim Umfüllen von Kältemitteln innerhalb der Entsorgungskette („refrigerant container management“ gem. 2006 IPCC Guidelines)
- Unsachgemäße Entsorgung, v.a. bei kleinen Systemen (Füllmengen <3 kg)

150 t entsprechen

- 35% der effektiven Restmenge in außer Betrieb genommenen Anlagen (429 t)
 - 30% der Nominalfüllmengen der außer Betrieb genommenen Anlagen (491 t)
- **Gute Übereinstimmung mit bisherigem Emissionsfaktor der Entsorgung!**

Überprüfung: Sektor- und anlagenspezifische Rückgewinnungsraten aus der Fachliteratur



| | Clodic & Barrault 2011 für EU-15 (%) | | Öko-Recherche 2011 für D (%) |
|----------------------------------|---|------|---------------------------------|
| | 2006 | 2030 | 2010 |
| Supermärkte-Zentralanlagen | 80 | 80 | 75 |
| Verflüssigungssätze | 18 | 60 | 60 |
| Hermet. Systeme in kleinen Läden | > 1 | 35 | 40 |
| Nahrungsmittelindustrie | 79 | 80 | 75 |
| Milchtanks | 17 | 50 | 75 |
| Sonstige Industrieprozesse | 74 | 80 | 75 |
| Mobile Raumklimageräte | 2 | 30 | 25 |
| Split-Raumgeräte < 5 kW | 5 | 20 | 40 |
| Split-Raumklimageräte > 5 kW | 5 | 50 | 40 |
| Rooftop (Multi-Split) | 40 | 50 | 60 |
| Chiller (Verdrängungsverdichter) | 43 | 80 | 75 |
| Zentrifugal-Chiller | 80 | 80 | 75 |
| Heizwärmepumpen | 8 | 30 | 50 |

Überprüfung: Berechnung der Entsorgungsmengen mit Hilfe von sektorspezifischen Rückgewinnungsraten

| | Rückgewinnungsrate (%) | Effektive Entsorgungsmengen (t) | Entsorgungsemissionen (t) |
|--|------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Großanlagen (Zentralsysteme, Industriekälte, Chillers) | 75 | 269 | 67 |
| Mittlere Anlagen (Multisplit-Klimageräte, Verflüssigungssätze) | 60 | 53 | 21 |
| Mittlere Anlagen (Wärmepumpen) | 50 | 2 | 1 |
| Kleinere Geräte (steckerfertige Geräte in Gewerbe und Ind., Split-Klimageräte) | 40 | 103 | 62 |
| Kleingeräte (steckerfertig), mobile Raumklimageräte | 25 | 3 | 2 |
| Gesamtsumme HFKW | | 429 | 153 |
| R 22 | | 642 | 204 |

Auch hier gute Übereinstimmung mit den empirisch ermittelten Werten und dem bisherigen Emissionsfaktor der Entsorgung von 30% der Nominalfüllmenge!

Fazit für Entsorgungsemissionen

- Die bisherige Annahme des Entsorgungsemissionsfaktors von 30% für die stationären Anlagen konnten empirisch untermauert werden.
- Die Berechnung effektiver Entsorgungsmengen bei Außerbetriebnahme der Anlagen wird als realistisch erachtet.
- Die Verwendung von sektorspezifischen Rückgewinnungsraten bei der Berechnung führte zu plausiblen Ergebnissen.
- Daher wird die Verwendung dieser sektorspezifischen Rückgewinnungsraten in der Emissionsberichterstattung empfohlen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?