



# 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:**

Entsorgungsemmissionsfaktor: 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					
<b>Gesamt nach Kältemittel:</b>	<b>258</b>	<b>162</b>	<b>57</b>	<b>9/4</b>	<b>742</b>
<b>Gesamt:</b>			<b>1.233</b>		



# 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

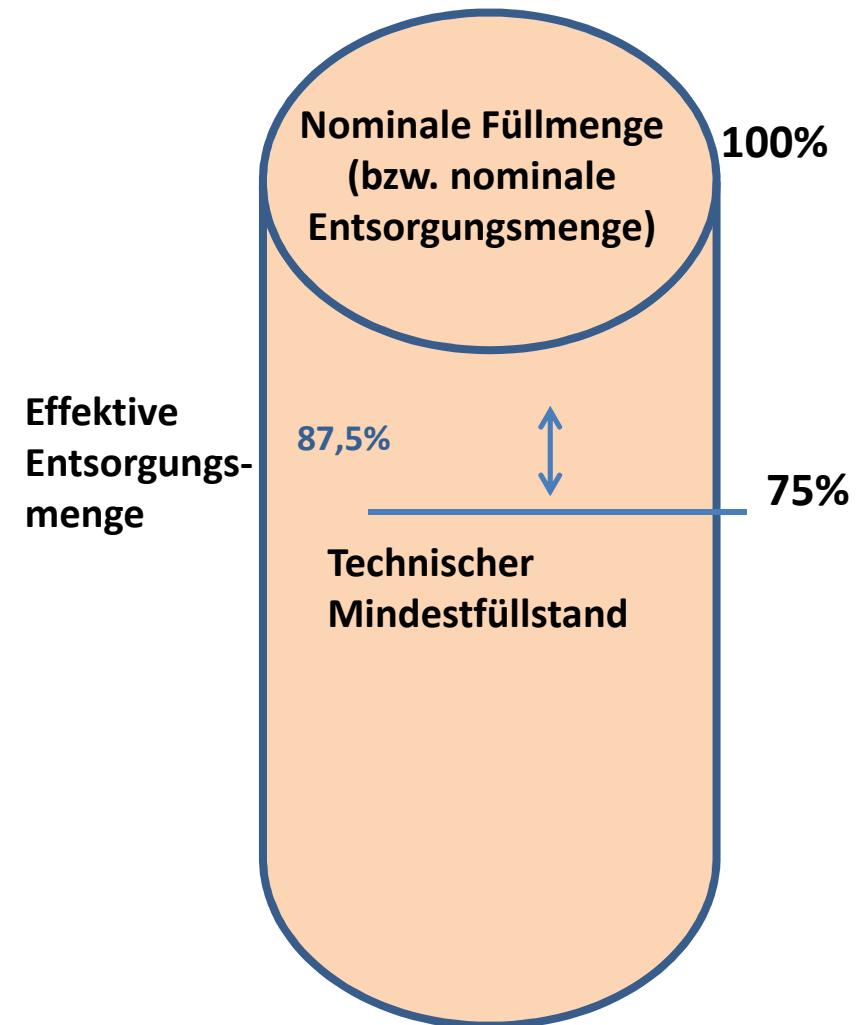
2010	Techn. Mindest- Füllstand %	Bestands- Emissions- Rate %	Lebens- dauer (a)	Maximale Jahre ohne Nachfüllung (a)
Gewerbekälte Zentralanlagen	75%	10,5%	14	2,4
Gewerbekälte Verflüssigungs.	70%	7%	12	4,3
Gewerbekälte hermetisch	75%	1%	10	10*
Industriekälte allgemein	70%	6,5%	20-30	4,6
Industriekälte hermetisch	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

2010	Nominale Entsorgungsmengen (t)	Effektiver Füllstand am Lebensende (%)	Effektive Entsorgungsmengen (t)
<b>Gewerbekälte - Zentralanlagen</b>			
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
<b>Gewerbekälte - Verflüssigungssätze</b>			
R 134a	25	85	21
R 404A	28	85	24
R 407C	9	85	8
R 22	93	85	79
<b>Gewerbekälte – steckerfertige Geräte</b>			
R 134a	44	90	39
R 404A	11	90	10
R 407C	4	90	3



# Entsorgungsmengen in der Industriekälte

	Nominale Entsorgungs-mengen (t)	Effektiver Füllstand am Lebensende (%)	Effektive Entsorgungs-mengen (t)
2010			
<b>Industriekälte - allgemein</b>			
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
<b>Industriekälte – hermetische Systeme</b>			
R 134a	48	90	43

# Entsorgungsmengen bei Klimageräten, Wärmepumpen

2010	Nominale Entsorgungs-mengen (t)	Effektiver Füllstand am Lebensende (%)	Effektive Entsorgungs-mengen (t)
<b>Mobile Raumklimageräte</b>			
R 407C	4	75	3
R 22	27	75	20
<b>Split-Raumklimageräte</b>			
R 407C	8	87,5	7
R 22	62	87,5	54
<b>Multisplit-Klimageräte</b>			
R 22	14	87,5	12
<b>Chiller incl. Turboverdichter</b>			
R 134a	39	90	35
R 22	166	90	149
<b>Heiz-Wärmepumpen</b>			
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
<b>Summe HFKW</b>	<b>491</b>	<b>429</b>
R 22	742	642
<b>Gesamtsumme</b>	<b>1.233</b>	<b>1.071</b>

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

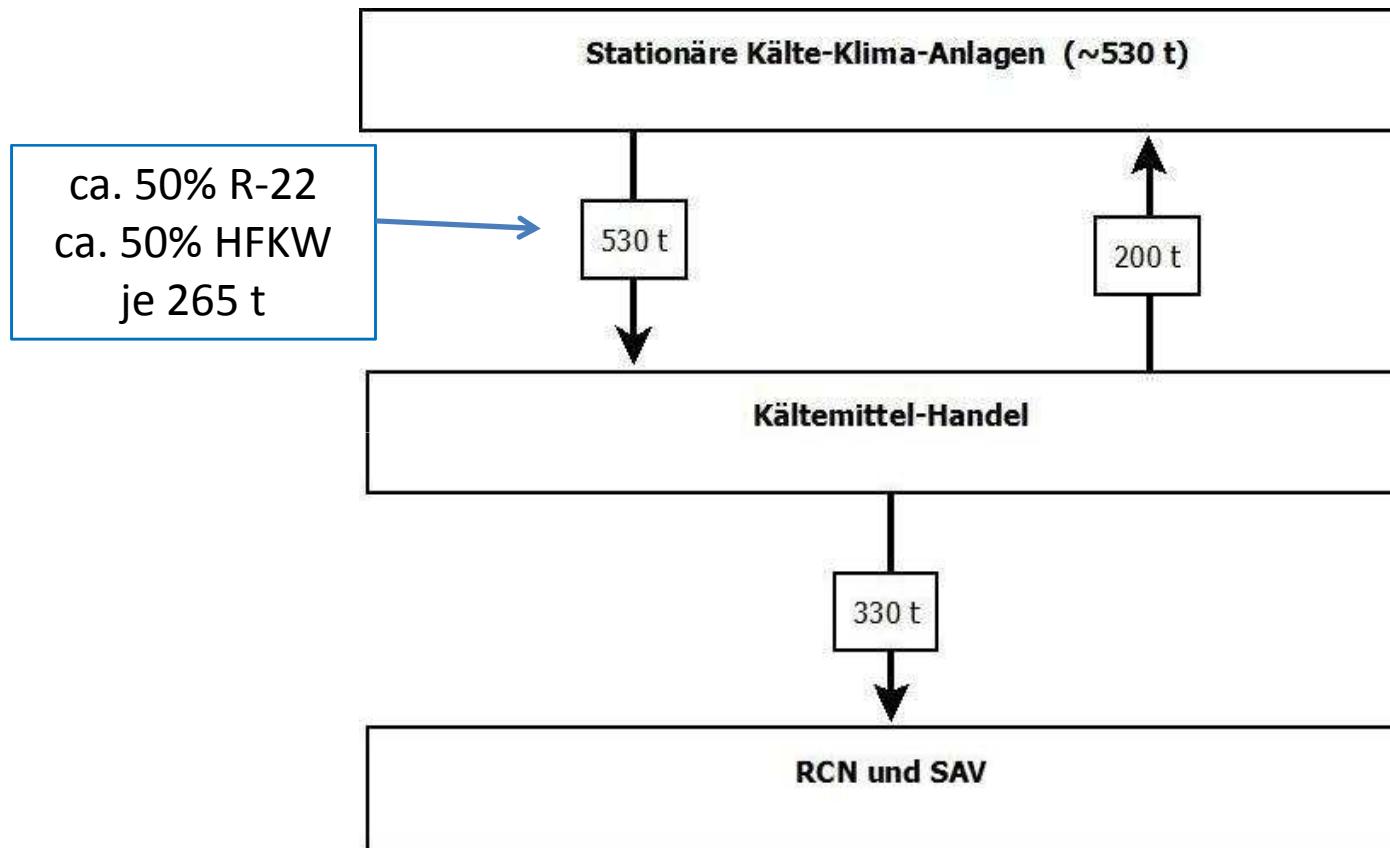
- Kältemittelhandel
- Wiederaufbereitungsbetrieben
- Entsorgungseinrichtungen (Sonderabfallverbrennung, thermische Spaltung).



## 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 Klimaanlagen ( $\rightarrow$  *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
<b>Summe HFKW</b>	<b>491</b>	<b>429</b>
R 22	742	642
<b>Gesamtsumme</b>	<b>1.233</b>	<b>1.071</b>



# 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

	Codic & 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
<b>Gesamtsumme HFKW</b>		<b>429</b>	<b>153</b>
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?