



DUH-Hintergrund

Versäumnisse bei der FCKW-Entsorgung von Kühlgeräten in Deutschland

(7. November 2007)

I. Ausgangslage

Seit In-Kraft-Treten der getrennten Sammlung nach dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) am 24. März 2006 werden bundesweit Elektro-Altgeräte, darunter Kühlgeräte, kostenlos an kommunalen Sammelstellen zurückgenommen. Die Verwertung bzw. Entsorgung der Geräte wird von den Herstellern finanziert.

Das ElektroG fordert die Verwertung entsprechend des „Standes der Technik“. Der in Deutschland praktizierte Standard im Kühlgeräte-Recycling entspricht jedoch nach Untersuchungen der Deutschen Umwelthilfe e.V. (DUH) keineswegs dem gesetzlich geforderten „Stand der Technik“. Nach den Berechnungen der DUH entweichen vielmehr durchschnittlich pro Kühlgerät fast 280 Gramm fluorchlorkohlenwasserstoffhaltige (FCKW) Kühl- und Schäumungsmittel in die Atmosphäre. Das sind etwa 63% der gesamten in den Geräten enthaltenen FCKW-Fracht (Zahlen für 2005).

Bei jährlich anfallenden ca. 2,4 Millionen FCKW-haltigen Altkühlgeräten ist von Treibhausgasemissionen durch FCKW-Verluste bei der Entsorgung der Kühlgeräte in Höhe von ca. 4,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr auszugehen.

Einer der Hauptgründe dafür ist, dass deutsche Entsorgungsbetriebe einen wesentlich niedrigeren technologischen Standard einhalten als dies beispielsweise bei Kühlgeräte-Recyclern in Österreich, in der Schweiz, in Luxemburg, in Schweden oder in Griechenland der Fall ist. Während deutsche Recycler im Jahr 2005 im Durchschnitt lediglich 36,6% der in den Kühlgeräten enthaltenen FCKW-Kältemittel ordnungsgemäß entnehmen und vernichten, ist in anderen Ländern bereits eine 90%ige FCKW-Entnahme aus Kühlgeräten rechtsverbindlich vorgeschrieben. Dies bestätigt, dass es nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich zumutbar ist, 90% der in den Kühlgeräten enthaltenen FCKW bei der Behandlung so zu entnehmen, dass sie nicht in die Atmosphäre entweichen. Damit sind die Bedingungen für eine Behandlung nach dem „Stand der Technik“ erfüllt.

Die sachgerechte Behandlung von Kühlgeräten wird derzeit in folgenden vier Dokumenten beschrieben:

- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft - (Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes – Immissionsschutzgesetz, Thema Kühlgeräte-Recycling in Abschnitt 5.4.8.10.3 / 5.4.8.11.3)
- Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (EAG – Merkblatt vom 24.03.2005), Kühlgeräte-Recycling Abschnitt 2.2.
- UBA – Leitfaden zur Entsorgung von Kältegeräten (Januar 1998)
- RAL – Gütesicherung GZ 728 Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten (Version September 2007)

II. Datengrundlage

Als Datengrundlage hat die DUH öffentlich einsehbare Zahlen über Mengen an gesammelten und verwerteten Kühlgeräten sowie über die FCKW-Entnahme dieser Geräte von den statistischen Landesämtern angefordert und ausgewertet. Die Anfrage an die statistischen Landesämter lautete (Auszug aus dem Anschreiben):

„[...] Im Rahmen der amtlichen Erhebung von Daten zur Abfallwirtschaft sind Betreiber von Kühlgeräte-Recycling-Anlagen verpflichtet, folgende wichtige Mengenströme zu dokumentieren:

1. Anzahl der FCKW - haltigen Altkühlgeräte (in t/ Jahr), die im Berichtsjahr im jeweiligen Betrieb behandelt worden sind.
2. Output der Menge an FCKW (in t/Jahr), die jeweils zur umweltgerechten Beseitigung oder Verwertung abgegeben worden ist.

Bezug nehmend auf die EU-Umweltinformationsrichtlinie bzw. die entsprechende landesrechtliche Umsetzung bitten wir Sie, uns die Daten zu den o. g. Mengenströmen für die letzten fünf Jahre mitzuteilen. [...]“

Die DUH hat für die Jahre 2004 und 2005 entsprechende Daten aus insgesamt zehn Bundesländern bekommen. Zwei weitere Bundesländer verfügen nicht über Anlagen zur FCKW-Entnahme von Kühlgeräten. In vier Bundesländern unterliegen die angefragten Zahlen (teilweise) der Geheimhaltung. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die erhaltenen Daten.

Tabelle 1. Gesammelte und der Verwertung zugeführte Kühlgeräte sowie den verwerteten Kühlgeräten entnommene FCKW-Mengen (Statistische Landesämter)

Bundesland	2004		2005	
	Gesammelte Geräte zur Verwertung (Tonnen)	Kühlgeräten entnommene FCKW-Menge (kg)	Gesammelte Geräte zur Verwertung (Tonnen)	Kühlgeräten entnommene FCKW-Menge (kg)
Baden-Württemberg	10.909	60.000	12.212	70.400
Bayern	16.592	68.900	17.740	43.500
Berlin	10.152	1	10.312	1
Brandenburg	459	1	355	1
Bremen ²	-	-	-	-
Hamburg ²	-	-	-	-
Hessen	7.967	32.000	7.895	36.000
Mecklenburg-Vorpommern	4.367	1	4.285	1
Niedersachsen	8.468	35.000	8.969	26.000
Nordrhein-Westfalen	36.547	101.000	33.340	78.000
Rheinland-Pfalz	8.167	21.400	7.451	19.500
Saarland	1	1	1	1
Sachsen	2.716	5.000	2.411	4.000
Sachsen-Anhalt	559 ³	906 ³	544 ³	883 ³
Schleswig-Holstein	10.477	1	11.648	56.218 ⁴
Thüringen	5.265	12.000	4.779	9.000

¹ Daten unterliegen der Geheimhaltung

² Keine Anlagen zur FCKW-Entnahme im Bundesland vorhanden

³ Quelle: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt

⁴ Quelle: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

III. Annahmen für die Berechnungen

- Als durchschnittliches Gewicht für ein Kühlgerät wurden 40 kg angenommen. Dies entspricht dem durchschnittlichen Mix aus Haushaltskühlgeräten, Haushaltskühl- und Gefrierkombinationen, Haushaltstiefkühltruhen und -gefrierschränken in Deutschland.¹
- In der Praxis sind 2-10% der gesammelten Kühlgeräte Gewerbegeräte.² Diese sind größer und enthalten maßgeblich mehr FCKW als Haushaltskühlgeräte, werden aber in der Berechnung wohlwollend als Haushaltsgeräte berechnet und bringen dementsprechend keinen Aufschlag in der FCKW-Erwartung.

¹ Öko-Institut e.V., (2007), Ökobilanzielle Untersuchung zur Verwertung von FCKW- und KW-haltigen Kühlgeräten

² RAL Gütegemeinschaft

- In den Berechnungen wird davon ausgegangen, dass 20% der von den statistischen Landesämtern gemeldeten Mengen gesammelter Kühlgeräte FCKW-frei sind (z.B. Ammoniakgeräte und Geräte mit Styropor- oder Glaswollendämmung).³ Auch das ist eine wohlwollende Annahme, da in den Jahren 2004 und 2005 tatsächlich nur ein geringer Teil der Altgeräte (< 5 %) mit Kohlenwasserstoffen im Kältekreislauf und in der Isolierung ausgestattet waren. Zudem beziehen sich die von der DUH abgefragten Abfallschlüssel 160211 und 200123 ausdrücklich auf FCKW-haltige Geräte. Entsprechend wäre eigentlich kein Abzug von FCKW-freien Kühlgeräten notwendig.
- Das Ergebnis der Berechnungen würde sich weiter verschlechtern, wenn auch die vermeidbaren Emissionen aus dem offensichtlich ebenfalls unzureichenden Recycling von Kühlgeräten mit dem Kältemittel R134a einbezogen wären. Das Potenzial von R134a zur Klimaerwärmung entspricht 1.430 CO₂-Äquivalenten und macht ebenfalls eine weitgehende Rückgewinnung und Zerstörung dieses Kältemittels notwendig. Sobald zur R134a-Kältetechnik belastbare Statistiken bzw. Schätzungen vorliegen, wird die DUH ihre Berechnungen entsprechend ausdehnen. Schon jetzt zeigt sich, dass R134a-Kühlgeräte – anders als beispielsweise bei Autoklimaanlagen – in mehreren Bundesländern entgegen den rechtlichen Vorgaben gemeinsam mit Propan/Butan-Geräten über Autoschredderanlagen „verwertet“ werden. Dies entspricht nicht dem Stand der Technik, der auch hier eine 90%ige Entnahme in dafür geeigneten Recyclinganlagen erfordern würde.
- Bei der Entnahme von FCKW aus Kühlgeräten werden Verunreinigungen u.a. in Form von Wasser mit den entnommenen FCKW-Mengen vermischt. Dies wurde auch von der DUH bei einer Anlagenbesichtigung bestätigt. Je nach Technik betreffen, zuverlässigen Branchenangaben zufolge, die Verunreinigungen ca. 5-20% der entnommenen Mengen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die gemeldeten Mengen entnommener FCKW öfter das Gemisch aus FCKW und Verunreinigungen (v.a. in Form von Wasser) darstellen und dass die gemeldeten Mengen in der Praxis deshalb entsprechend um ca. 5-20% nach unten korrigiert werden müssten. Diese Tatsache wurde wohlwollend in den Berechnungen nicht berücksichtigt.
- Außer in Kühlgeräten wurden FCKW u.a. auch in verschiedenen Schäumen, die z.B. bei Isolierungen von Kühlräumen, Dachisolierungen und Isolierungen von Heizboilern eingesetzt werden, benutzt. Es ist nicht auszuschließen, dass die gemeldeten Output-Mengen FCKW zusätzlich auch aus diesen Schäumen entnommene FCKW beinhalten. Dies würde bedeuten, dass noch weniger FCKW aus den gemeldeten Kühlgeräten entnommen werden. Da der DUH keine

³ Dies entspricht gegenüber den Annahmen in der vom Öko-Institut e.V. im Jahr 2007 durchgeführten Ökobilanz für FCKW- und KW-Kühlgeräte der doppelten Menge an FCKW-freien Kühlgeräten.

belastbaren Zahlen dazu vorliegen, wurde dies ebenfalls in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Auch das ist eine eher wohlwollende Annahme.

- Die in Deutschland zu entsorgende Gesamtmenge an Kühlgeräten wird auf jährlich ca. 3 Millionen geschätzt.⁴ Mit Abzug von 20% FCKW-freien Kühlgeräten bleiben ca. 2,4 Millionen jährlich zu entsorgende FCKW-Kühlgeräte.
- Durch Beraubung der Kühlgeräte (v.a. durch Ausbau der Kompressoren) werden die Kältekreisläufe beschädigt, so dass das Kältemittel aus dem Kältekreislauf (allerdings nicht aus der Isolierung!) entweicht. Nach der DUH vorliegenden Angaben aus der Recyclingbranche sind im Durchschnitt rund 5-10% der Kühlgeräte beraubt. Dazu kommen Kühlgeräte, die während des Transportes beschädigt worden sind, sodass das Kältemittel aus dem Kältekreislauf entweichen ist. In den Berechnungen wird deshalb von einer Gesamtmenge der beschädigten Kreisläufe von 20% ausgegangen.
- FCKW werden den Kühlgeräten in zwei Stufen entnommen. In Stufe I werden die FCKW aus dem Kältekreislauf entnommen. In Stufe II werden die FCKW aus der Isolierung des Kühlgerätes entnommen.
- Es wird von ausschließlichem Einsatz von FCKW R12 als Kältemittel im Kältekreislauf (Entnahme in Stufe I) und von ausschließlichem Einsatz von FCKW R11 in der Isolierung der Kühlgeräte (Entnahme in Stufe II) ausgegangen.⁵
- Als Stand der Technik wurde in den Berechnungen entsprechend des UBA-Leitfadens bzw. der Prüfmethode der RAL GZ 728 die Entnahme von 90% der in den Kühlgeräten enthaltenen FCKW ausgegangen.⁶ Dies entspricht einer Mindestrückgewinnung von im Schnitt ca. 115 Gramm FCKW R12 aus dem Kältekreislauf (100% = ca. 127 Gramm) und ca. 283 Gramm FCKW R11 aus der Isolierung pro Kühlgerät (100% = ca. 312 Gramm).⁷
- FCKW R12 (Stufe I) hat ein Treibhauspotenzial von 10.720 CO₂-Äquivalenten und FCKW R11 (Stufe II) von 4.680 CO₂-Äquivalenten.⁸
- Der Altbestand FCKW-haltiger Geräte in der Bundesrepublik Deutschland wird auf ca. 36 Millionen Geräte geschätzt.⁹

⁴ Öko-Institut e.V., (2007), Ökobilanzielle Untersuchung zur Verwertung von FCKW- und KW-haltigen Kühlgeräten

⁵ RAL Gütegemeinschaft, (2007), Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten

⁶ Dies entspricht auch dem gesetzlichen Mindeststandard in Österreich und Dänemark

⁷ RAL Gütegemeinschaft, (2007), Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten

⁸ Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), (2005)

⁹ Schätzung der RAL-Gütegemeinschaft Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten e.V.

IV. Berechnungen

Tabelle 2. Bereinigte Daten über erwartete und tatsächliche FCKW-Entnahme von Kühlgeräten

	Gesamtmenge FCKW pro Kühlgerät (100%) ¹ (kg)	Erwartete entnommene pro Kühlgerät FCKW-Menge nach dem Stand der Technik (90%) ² (kg)	Entnommene FCKW-Menge pro Kühlgerät ^{3 4} (kg)	Entnommene FCKW-Menge pro Kühlgerät in Prozent zur Gesamtmenge FCKW pro Kühlgerät (%)
Baden-Württemberg				
2004	0,439	0,398	0,275	62,6
2005	0,439	0,398	0,288	65,7
Bayern				
2004	0,439	0,398	0,208	47,3
2005	0,439	0,398	0,123	27,9
Hessen				
2004	0,439	0,398	0,201	45,7
2005	0,439	0,398	0,228	51,9
Niedersachsen				
2004	0,439	0,398	0,207	47,1
2005	0,439	0,398	0,145	33,0
Nordrhein-Westfalen				
2004	0,439	0,398	0,138	31,5
2005	0,439	0,398	0,117	26,6
Rheinland-Pfalz				
2004	0,439	0,398	0,131	29,8
2005	0,439	0,398	0,131	29,8
Sachsen				
2004	0,439	0,398	0,092	21,0
2005	0,439	0,398	0,083	18,9
Sachsen-Anhalt				
2004	0,439	0,398	0,081	18,5
2005	0,439	0,398	0,081	18,5
Schleswig-Holstein				
2004	0,439	0,398	-	-
2005	0,439	0,398	0,241	55,0
Thüringen				
2004	0,439	0,398	0,114	26,0
2005	0,439	0,398	0,094	21,4

¹ 127 Gramm FCKW R12 und 312 Gramm FCKW R11

² 115 Gramm FCKW R12 und 283 Gramm FCKW R11

³ Abzug von 20% der Gesamtmenge an Kühlgeräten, die nach der Annahme keine FCKW enthalten

⁴ Berechnung auf Basis der von den statistischen Landesämtern enthaltenen bzw. von zuständigen Umweltministerien bestätigten Daten

Tabelle 3. Treibhausgaspotenzial der enthaltenen FCKW eines Kühlgerätes umgerechnet in CO₂-Äquivalenten (kg)

Gesamtmenge FCKW pro Kühlgerät (100%) (kg)	CO ₂ -Äquivalente	Potentielle CO ₂ -Emissionen pro Gerät (100%) (kg)
FCKW R12 aus Stufe I 0,127	10.720	1.361,44
FCKW R11 aus Stufe II 0,312	4.680	1.460,16
Gesamt 0,439		2.821,60

Tabelle 4. Durchschnittliche FCKW-Verluste pro Kühlgerät (in %)

Bundesland	2004		2005	
	FCKW-Geräte Stückzahl (80% der Geräte)	FCKW-Menge (kg)	FCKW-Geräte Stückzahl (80% der Geräte)	FCKW-Menge (kg)
Baden-Württemberg	218.188	60.000	244.240	70.400
Bayern	331.840	68.900	354.800	43.500
Hessen	159.340	32.000	157.900	36.000
Niedersachsen	169.360	35.000	179.380	26.000
Nordrhein-Westfalen	730.940	101.000	666.800	78.000
Rheinland-Pfalz	163.336	21.400	149.028	19.500
Sachsen	54.320	5.000	48.220	4.000
Sachsen-Anhalt	11.178	906	10.874	883
Schleswig-Holstein	-	-	232.960	56.218
Thüringen	105.300	12.000	95.580	9.000
Gesamt	1.943.802	336.206	2.139.782	343.501
			2004	2005
Durchschnittliche Entnahme in % (Entnommene FCKW-Menge / Gesamte FCKW-Menge in den FCKW-Kühlgeräten¹)			39,4	36,6
Durchschnittliche FCKW-Verluste in %			60,6	63,4

¹ 439 Gramm FCKW pro Kühlgerät

Tabelle 5. Treibhausemissionen durch FCKW-Verluste pro Kühlgerät und pro 2,4 Millionen Kühlgeräte (jährlich entsorgte Menge FCKW-Kühlgeräte in Deutschland) in CO₂-Äquivalenten

	Mittelwert 2004	Mittelwert 2005
Treibhausemissionen durch FCKW-Verluste pro Kühlgerät (kg CO₂-Äquivalent)	1.710	1.789
Treibhausemissionen durch FCKW-Verluste pro 2,4 Millionen Kühlgeräte¹ (kg CO₂-Äquivalent)	4.103.776.915	4.295.557.828

¹ Anzahl pro Jahr entsorgter Kühlgeräte in Deutschland

Die Beraubung und Transportbeschädigung von Kühlgeräten wird von Recyclingunternehmen öfter als Argument für die geringe FCKW-Ausbeute ins Feld geschoben. Tabelle 6 zeigt, dass diese negativen Einflüsse nicht als Erklärung für mangelnde FCKW-Rückgewinnung herangezogen werden können.

Wenn man davon ausgeht, dass 20% der angenommenen FCKW-Kühlgeräte durch Beraubung oder Transport beschädigte Kältekreisläufe haben, kommt man auf einen Wirkungsgrad (in CO₂-Äquivalenten) der Recyclinganlagen für die FCKW-Entnahme von ca. 40%.

Tabelle 6. Wirkungsgrad für FCKW-Entnahme in CO₂-Äquivalenten in Recyclinganlagen für Kühlgeräte (Berechnungsgrundlage: Daten von 2005)

(Theoretische) maximale FCKW-Gesamtentnahme¹						
Stufe I	0,80 ²	x	2.400.000 ³	x	0,127 ⁴	x 10.720 ⁵ = 2.613.964.800 kg CO ₂
Stufe II	1,00 ⁶	x	2.400.000 ³	x	0,312 ⁷	x 4.680 ⁸ = 3.504.384.000 kg CO ₂
Maximale Gesamtausbeute						6.118.348.800 kg CO ₂
Tatsächliche FCKW-Gesamtentnahme in den Recyclinganlagen für Kühlgeräte						
Stufe I	0,366 ⁹	x	2.400.000 ³	x	0,127 ⁴	x 10.720 ⁵ = 1.194.908.600 kg CO ₂
Stufe II	0,366 ⁹	x	2.400.000 ³	x	0,312 ⁷	x 4.680 ⁸ = 1.281.553.200 kg CO ₂
Gesamtausbeute in der Praxis						2.476.461.800 kg CO ₂
Wirkungsgrad (Tatsächliche FCKW-Gesamtentnahme / Maximale FCKW-Gesamtentnahme)						
2.476.461.800 kg CO ₂		/	6.118.348.800 kg CO ₂		=	40,5%

¹ 20% durch Beraubung oder Transport beschädigte Kältekreisläufe bei den angenommenen Kühlgeräten

² 80% unbeschädigte Kältekreisläufe

³ Anzahl jährlich in Deutschland anfallende FCKW-Kühlschränke

⁴ Kilogramm FCKW R12 aus Stufe I (kg)

⁵ Klimapotenzial von FCKW R12 (CO₂-Äquivalent)

⁶ Die FCKW-Mengen in der Isolierung entweichen nicht maßgeblich aufgrund Beraubung und Transportschäden.

⁷ Kilogramm FCKW R11 aus Stufe II (kg)

⁸ Klimapotenzial von FCKW R11 (CO₂-Äquivalent)

⁹ Durchschnittlich entnommene FCKW-Menge pro Kühlgerät im Vergleich zu der Gesamtmenge FCKW pro Kühlgerät (siehe Tabelle 4)