



DUH-Hintergrund

Immer noch erhebliche Defizite beim Kühlgeräterecycling in Deutschland

(18. Mai 2008)

I. Ausgangslage

Seit Inkrafttreten der getrennten Sammlung nach dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) am 24. März 2006 werden bundesweit Elektro-Altgeräte, darunter Kühlgeräte, kostenlos an kommunalen Sammelstellen zurückgenommen. Für die Verwertung bzw. Entsorgung der Geräte sind die Hersteller verantwortlich.

Das ElektroG fordert die Verwertung entsprechend des „Standes der Technik“. Im November 2007 hat die Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH) erhebliche Mängel bei der Kühlgeräteentsorgung in Deutschland festgestellt. Dementsprechend wurden für die Jahre 2004 und 2005 durchschnittlich nur 42%¹ der fluorchlorkohlenwasserstoffhaltigen (FCKW) Kühl- und Schäumungsmittel aus den alten Kühlgeräten entnommen und ordnungsgemäß vernichtet. Dem Stand der Technik entspricht eine mehr als doppelt so hohe FCKW-Entnahmekquote. In einigen europäischen Mitgliedstaaten (wie z.B. Österreich, Luxemburg und Dänemark) ist die Entnahmekquote für FCKW in Höhe von mindestens 90% rechtsverbindlich vorgeschrieben, in Deutschland gilt ein Minimierungsgebot hinsichtlich FCKW-Emissionen, was laut dem Bundesumweltministerium (BMU) sogar noch höheren Entnahmekquoten entspricht.

Aufgrund der extrem hohen Treibhauspotenziale der FCKW von bis zu 10.720 CO₂-Äquivalenten tragen die FCKW-Emissionen aus dem Kühlgeräterecycling neben der Zerstörung der Ozonschicht auch signifikant zur Klimaerwärmung bei.

Die DUH hat aktuelle Zahlen hinsichtlich der Mengen an recycelten Kühlgeräten und der daraus entnommenen FCKW für das Jahr 2006 von den statistischen Landesämtern abgefragt. Nach intensiven Diskussionen mit Vertreterinnen und

¹ Unter Berücksichtigung nachträglicher Korrekturen.

Vertretern sowohl aus der Entsorgungswirtschaft als von Bund und Ländern wurde die Berechnungsmethodik noch weiter verfeinert. Das Ergebnis: Obwohl die meisten Bundesländer für das Jahr 2006 gegenüber den Vorjahren kleinere Verbesserungen aufzeigen konnten, lagen die deutschen Kühlgeräteentsorgen mit durchschnittlich 45% FCKW-Entnahme aus den Altgeräten immer noch weit hinter dem geforderten Stand der Technik.

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. 3,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr auszugehen.

Im Vergleich zur „Best Practice“ (Österreich erreicht eine FCKW-Entnahmekquote von 91%) werden in Deutschland jährlich FCKW-Emissionen entsprechend 3,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten aufgrund schlampigen Kühlgeräterecyclings nicht zurück gewonnen und ordnungsgemäß entsorgt.

II. Stand der Technik bei der Kühlgeräteentsorgung: Wie viel FCKW sind in alten Kühlgeräten enthalten – und was muss beim Recycling entnommen werden?

Die sachgerechte Behandlung von Kühlgeräten wird derzeit in folgenden fünf 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) [1]*
- *Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (Kühlgeräte-Recycling Abschnitt 2.2., das Merkblatt vom März 2005 wird derzeit überarbeitet) [2]*
- *UBA – Leitfaden zur Entsorgung von Kältegeräten (Januar 1998) [3]*
- *RAL – Gütesicherung GZ 728 Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten (Version September 2007) [4]*
- *Requirements for the Collection, Transportation, Storage, Handling and Treatment of Household Cooling and Freezing Appliances containing CFC, HCFC or HFC – European Committee of Domestic Equipment Manufacturers, WEEE-Forum und European Electronics Recyclers Association (Dezember 2007) [5]*

Kühlgeräte beinhalten in der Regel Kältemittel sowohl im Kältekreislauf (als reines Kältemittel) als auch im Isoliermaterial (geschäumt im PUR-Schaum). Nach dem

ElektroG (Anhang III, Pkt. 1 h) müssen zusätzlich zu FCKW auch andere Kältemittel wie teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) oder teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW) und Kohlenwasserstoffe (KW) aus den Elektroaltgeräten getrennt entfernt werden. Die FCKW-Entnahme aus dem Kältekreislauf (Trockenlegung) wird Stufe 1-Behandlung genannt, die FCKW-Entnahme aus dem Isoliermaterial wird Stufe 2-Behandlung genannt.

Sowohl die TA-Luft [1] als auch der Leitfaden zur Entsorgung von Kältegeräten des Umweltbundesamtes (UBA) [3], die RAL Gütesicherung GZ 728 Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten [4] und der von Kühlgeräteherstellern und Kühlgeräteentsorgern entwickelte freiwillige Industriestandard [5] schreiben eine 90% Rückgewinnung der FCKW aus dem Kältekreislauf vor. Die Referenzen [3]-[5] gehen als Richtwert für die durchschnittlich zu entsorgende Menge FCKW von mindestens 115 Gramm pro Gerät in der Stufe 1-Behandlung aus.

Das Isoliermaterial (PUR-Schaum) eines Kühlgerätes ist mit Kältemittel geschäumt. Ein Kilogramm PUR-Schaum ist mit ca. 85 Gramm FCKW geschäumt. Die Gesamtmenge Kältemittel im PUR-Schaum hängt von der Größe des Kühlgerätes ab (große Geräte enthalten mehr PUR-Schaum als kleine Geräte). Kühlgeräte werden in drei Kategorien unterteilt: Kategorie 1 (bis zu 180 Liter Füllvolumen), Kategorie 2 (180-350 Liter Füllvolumen) und Kategorie 3 (bis 500 Liter Füllvolumen). Der UBA-Leitfaden [3], die RAL Gütesicherung [4] und der freiwillige Industriestandard [5] schreiben eine Mindestentnahme von 90% der FCKW aus dem PUR-Schaum vor; das entspricht 240 Gramm FCKW pro Gerät der Kategorie 1, 320 Gramm FCKW pro Gerät der Kategorie 2 und 400 Gramm pro Gerät der Kategorie 3. Die drei Referenzen gehen von einem typischen Gerätemix in den meisten europäischen Mitgliedstaaten von 60% Kat. 1, 25% Kat. 2 und 15% Kat. 3 (60/25/15% Mix) aus. Daraus ergibt sich die durchschnittlich zu entsorgende Menge FCKW von mindestens 283 Gramm pro Kühlgerät in der Stufe 2-Behandlung.

Die o.g. Mindestentnahme-Werte für die Stufe 1- und Stufe-2-Behandlung sind auch in der österreichischen Abfallbehandlungspflichtenverordnung enthalten und dort verbindlich vorgeschrieben. [11]

Da diese Erwartungswerte (besonders aus der Stufe 2-Behandlung) im Rahmen der Diskussionen in den vergangenen Monaten von Vertretern der deutschen Kühlgeräte-Entsorger wiederholt in Frage gestellt worden sind, ist darauf hinzuweisen, dass sowohl die führenden deutschen Hersteller (Liebherr Hausgeräte, Miele sowie Bosch und Siemens Hausgeräte) als auch Entsorger (Remondis, Stena Bresch und Alba Plus) von Kühlgeräten diese Erwartungswerte auf europäischer Ebene mittragen. Wir stellen also fest, dass es auf europäischer Ebene möglich ist, allgemeine mengenbezogene Orientierungswerte pro Kühlgerät für die Entnahme der

FCKW aus Kühlgeräten festzulegen – aber nicht in Deutschland? Es wäre aus Sicht der DUH zutiefst bedauerlich, wenn in Deutschland aufgrund von fragwürdigen Argumenten der Kühlgeräte-Entsorger keine konstruktiven, ergänzenden Regelungen zur umweltgerechten Entsorgung von FCKW-haltigen Kühlgeräten getroffen werden könnten und das deutsche Qualitätsniveau sogar die von den Wirtschaftsbeteiligten selbst gesetzten Industriestandards unterschreiten würde.

Die Tatsache, dass Kühlgeräte-Entsorger in Österreich 91% der FCKW aus den FCKW-haltigen Kühlgeräten zurückgewinnen (Zahl von 2006) bestätigt, dass es nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich zumutbar ist, mindestens 90% der in den Kühlgeräten enthaltenen FCKW bei der Behandlung zu entnehmen. Damit sind die Bedingungen für eine Behandlung nach dem „Stand der Technik“ erfüllt.

III. Deutsches Kühlgeräterecycling zum Discounterpreis? – Entsorgungskosten im Vergleich

Die Entsorgungspreise für Kühlgeräte (inkl. Logistik und Verwertung) liegen nach Brancheninformationen in Deutschland bei rund 50 EUR pro Tonne Kühlgeräte (mit sinkender Tendenz), während sie in Österreich bei rund 170-195 EUR pro Tonne liegen. Bei einem angenommenen Durchschnittsgewicht von 40 kg pro Kühlgerät würden für die Entsorgung eines Kühlgerätes ca. 2 EUR bezahlt. Nach der DUH vorliegenden Informationen haben Kühlgerätehersteller vor Inkrafttreten des ElektroG mit Entsorgungskosten in Höhe von ca. 10 EUR pro Kühlgerät gerechnet. Nach Brancheninformationen kostet ein umweltgerechtes Kühlgeräterecycling rund 8 EUR. Das entspricht auch in etwa den Entsorgungskosten in Österreich, wo nachweislich 91% der FCKW aus den Kühlgeräten zurück gewonnen werden.

Die Kosten für die stoffliche Verwertung von FCKW liegen nach Brancheninformationen bei rund 2,20-3,20 EUR pro kg FCKW; die Kosten für Verbrennung in Sondermüllverbrennungsanlagen bei rund 0,90-1,80 EUR pro kg FCKW. Ein durchschnittliches Kühlgerät beinhalte typisch ca. 0,44 kg FCKW. Demzufolge lägen die Kosten für die ordnungsgemäße Entsorgung von 90% der FCKW eines Kühlgerätes bei rund 0,36-0,71 EUR im Falle der thermischen Verwertung und bei 0,87-1,26 EUR im Falle der stofflichen Verwertung. Die Kosten für die FCKW-Entsorgung entsprächen in Deutschland teilweise also mehr als 60% der Entsorgungskosten der Kühlgeräte.

Auch in Zeiten steigender Rohstoffpreise und entsprechend steigender Erlöse für einzelne Fraktionen aus dem Kühlgeräterecycling ist also festzuhalten, dass die aus den Kühlgeräten entnommenen FCKW-Mengen für die Kühlgeräteentsorger einen bedeutenden Kostenfaktor bedeuten. Im Hinblick auf den derzeitigen massiven Kostendruck in der Branche kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass die konsequente Bereitschaft seitens der Entsorger zur akribischen Einhaltung und

Überprüfung von festgelegten Qualitätsstandards nachlässt. Das wird auch von unabhängigen Branchenexperten bestätigt. Dr. Erhard Hug, einer der renommiertesten Prüfern von Kühlgeräterecyclinganlagen in Europa, stellt in einem Schreiben an die DUH fest: *„Viel FCKW zurückgewinnen verlangt nach gut ausgebildetem Personal, regelmäßiger Wartung der Anlagen und verursacht teure FCKW-Entsorgungskosten. Das sind Zusatzkosten, welche in einem strengen Preiskampf nicht motivieren, hohe Rückgewinnungsmengen an FCKW zu erzielen. Dies ist insbesondere in Deutschland ein Problem, wo das Preisniveau für die Entsorgung von Kühlgeräten so tief liegt, dass die Unternehmungen Zusatzkosten für gute Leistungen zur FCKW-Rückgewinnung zu vermeiden versuchen.“* Des Weiteren bestätigt Dr. Erhard Hug, dass die von Sachverständigen einmal jährlich durchgeführten Tests hinsichtlich Dichtigkeit der Recyclinganlagen und festgestellter Zurückgewinnungsquoten für FCKW *„nie repräsentativ für die Jahresmengen sein können“*.

IV. 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):

„[...] Bezug nehmend auf das Umweltinformationsgesetz bitten wir Sie, uns – getrennt nach den Bundesländern – folgende Daten für die Zerlegeeinrichtungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte für das Jahr 2006 mitzuteilen:

1. Anzahl und Menge der FCKW-haltigen Altkühlgeräte (in Stück und t/Jahr), die in den Zerlegeeinrichtungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte behandelt worden sind.
2. Output der Menge an FCKW (in t/Jahr), die von den Zerlegeeinrichtungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte jeweils zur umweltgerechten Beseitigung oder Verwertung abgegeben worden ist, wenn möglich aufgeschlüsselt in die beiden FCKW-Arten R11 und R12. [...]

Die DUH hat für das Jahr 2006 entsprechende Daten aus insgesamt neun Bundesländern bekommen. Ein Bundesland verfügt über keine Anlagen zur FCKW-Entnahme von Kühlgeräten. In sechs Bundesländern unterliegen die angefragten Zahlen (teilweise) der Geheimhaltung. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die von den statistischen Landesämtern erhaltenen Daten.

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

Bundesland	2004		2005		2006	
	Gesammelte Geräte zur Verwertung (Tonnen)	Kühlgeräten entnommene FCKW-Menge (kg)	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	14.090	84.000
Bayern	16.592	68.900	17.740	58.500	19.582	59.700
Berlin	10.152	1	10.312	1	13.429 ²	2
Brandenburg	459	1	355	1	363	1
Bremen	-	-	-	-	3	3
Hamburg	-	-	-	-	1	1
Hessen	7.967	32.000	7.895	36.000	8.373 ⁴	36.000
Mecklenburg-Vorpommern	4.367	1	4.285	1	7.986	1
Niedersachsen	8.468	35.000	8.969	26.000	13.181	33.000
Nordrhein-Westfalen	36.547	101.000	33.340	78.000	33.704	100.000
Rheinland-Pfalz	8.167	21.400	7.451	19.500	9.686	27.000
Saarland	1	1	1	1	1	1
Sachsen	2.716	5.000	2.411	4.000	4.346	1
Sachsen-Anhalt	559 ⁵	906 ⁴	544 ⁵	883 ⁴	579 ⁵	1.095 ⁵
Schleswig-Holstein	10.477	1	11.648	56.218	1	1
Thüringen	5.265	12.000	4.779	9.000	7.380	21.000

¹ Daten unterliegen der Geheimhaltung bzw. wurden noch nicht/nur teilweise geliefert

² Daten von 2007 von der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

³ Keine Anlagen zur FCKW-Entnahme im Bundesland vorhanden

⁴ Daten unterliegen teilweise der Geheimhaltung, Menge gesammelter Geräte ist möglicherweise größer, Nichtberücksichtigung wirkt sich wohlwollend auf die Ergebnissen aus ⁵ Daten vom Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt

V. 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. [6]
- FCKW werden den Kühlgeräten in zwei Stufen entnommen. In Stufe 1 werden die FCKW aus dem Kältekreislauf entnommen. In Stufe 2 werden die FCKW aus der Isolierung des Kühlgerätes entnommen.
- Es wird von ausschließlichem Einsatz von FCKW R12 als Kältemittel im Kältekreislauf (Entnahme in Stufe 1) und von ausschließlichem Einsatz von FCKW R11 in der Isolierung der Kühlgeräte (Entnahme in Stufe 2) ausgegangen. [4]
- Als Stand der Technik wurden in den Berechnungen entsprechend des UBA-Leitfadens [3], der Prüfmethode der RAL GZ 728 [4] bzw. des freiwilligen WEEE-Standards für die Entsorgung von FCKW-haltigen Kühlgeräten [5] die Entnahme von mindestens 90% der in den Kühlgeräten enthaltenen FCKW ausgegangen (siehe auch Ausführungen unter Abschnitt II.). 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). Dies entspricht übrigens auch dem gesetzlichen Mindeststandard in Österreich.
- Im Nachgang zur ersten DUH-Berechnung hinsichtlich FCKW-Emissionen für die Jahre 2004 und 2005 wurden sowohl von der Entsorgungsbranche als auch von den zuständigen Behörden angemerkt, dass es Kühlgerätebehandlungsanlagen gibt, wo die Altgeräte in der Stufe 1 behandelt werden um anschließend zu einer Stufe 2-Behandlungsanlage transportiert zu werden. Es ist nicht auszuschließen, dass diese Geräte dann doppelt gezählt werden, was sich negativ auf die FCKW-Rückgewinnungsquote auswirken würde. Entsprechend wird dieser Umstand in den aktuellen Berechnungen wie folgt berücksichtigt:

In zwei Bundesländern (Sachsen und Sachsen-Anhalt) gab es 2004-2006 nur Stufe 1-Behandlungsanlagen. Es wird angenommen, dass sämtliche Kühlgeräte in diesen Bundesländern anschließend in Stufe 2-Anlagen in anderen Bundesländern behandelt wurden und dass sie dort „neu gezählt“ wurden (jeweils Abzug 100% der Geräte). Es wird auch angenommen, dass durchschnittlich 5% der Altgeräte in den restlichen Bundesländern zunächst Stufe-1-behandelt werden und anschließend „neu gezählt“ und Stufe 2-behandelt werden (jeweils Abzug 5% der Geräte).

Im Rahmen der Stufe 1-Behandlung wird das Kälteöl und die FCKW (insgesamt

ca. 350 Gramm pro Gerät) vom Kühlgerät entfernt. Aufgrund der hohen Sekundärmetallpreise ist auch davon auszugehen, dass zusätzlich auch der Kompressor (ca. 9 Kilogramm pro Gerät) und der Kühlkreislauf aus Kupfer (ca. 1 Kilogramm pro Gerät) vom Stufe 1-Behandler ausgebaut werden. [7] Des Weiteren hat ein Teil der Kühlgeräte eine eingebaute Holzplatte, die in der Stufe 1-Behandlung ausgebaut werden muss, weil sie sonst Probleme in der Stufe 2-Behandlung verursacht. In den Berechnungen erfolgte wohlwollend kein Abzug für das reduzierte Gewicht dieser Kühlgeräte, die in die Stufe 2 in anderen Bundesländern gelangen.

- FCKW R12 (Stufe 1) hat ein Treibhauspotenzial von 10.720 CO₂-Äquivalenten und FCKW R11 (Stufe 2) von 4.680 CO₂-Äquivalenten. [8]
- Die in Deutschland zu entsorgende Gesamtmenge an Kühlgeräten wird auf jährlich ca. 3 Millionen geschätzt. [6] Mit Abzug von 20% FCKW-freien Kühlgeräten bleiben ca. 2,4 Millionen jährlich zu entsorgende FCKW-Kühlgeräte.
- Der Altbestand FCKW-haltiger Geräte in der Bundesrepublik Deutschland wird auf ca. 36 Millionen Geräte geschätzt. [7]
- In der Praxis sind 2-10% der gesammelten Kühlgeräte Gewerbegeräte. [7] 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.
- 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 Glaswolle-Dämmung). [6] Auch das ist eine wohlwollende Annahme, da sich die von der DUH abgefragten Abfallschlüssel 160211 und 200123 ausdrücklich auf FCKW-haltige Geräte beziehen. Entsprechend wäre eigentlich kein Abzug von FCKW-freien Kühlgeräten notwendig. Der 20%ige Abzug von der Gesamtmenge deckt sich aber mit den Aussagen einzelner Kühlgeräte-Entsorger und mit den Erfahrungen aus Österreich im Jahr 2006 hinsichtlich des Anteils FCKW-freier Geräte im Vergleich zur gesamten Kühlgerätemenge (22 bzw. 21% FCKW-freie Geräte in der Stufe 1- bzw. Stufe 2-Behandlung).
- 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. Im freiwilligen WEEE-Standard für die Entsorgung von FCKW-haltigen Kühlgeräten schätzen Hersteller und Entsorger von Kühlgeräten, dass ca. 10-

20% der Kältekreisläufe defekt sind. [5] In den Berechnungen wird von einer Gesamtmenge der beschädigten Kreisläufe von 20% ausgegangen. Das entspricht genau der Situation in Österreich (für das Jahr 2006). [10]

- 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.
- Die drei größten deutschen Kühlgeräte-Entsorger entsorgen nach Brancheninformationen schätzungsweise mehr als 90% der Kühlgeräte in Deutschland. Sämtliche dieser Entsorger hätten Gutachten, die belegen, dass der FCKW-Restgehalt im PUR-Schaum nach der Stufe 2-Behandlung den Grenzwert 0,2 Gewichtsprozente nicht überschreitet. Entsprechend betragen die maximalen FCKW-Emissionen durch Restgehalt im PUR-Schaum für über 90% der in Deutschland behandelten Kühlgeräte weniger als 10 Gramm (7,4 Gramm). Das entspricht also maximal rund 2% der Gesamtmenge FCKW.
- In einer typischen Kühlgeräte-Entsorgungsanlage wird ein Kühlgerät pro Minute behandelt (entsprechend 60 Kühlgeräte pro Stunde). Gemäß den Anforderungen der TA Luft dürfen die FCKW-Emissionen im Abgas der FCKW-Rückgewinnung nicht den Massenstrom 10 Gramm pro Stunde und die Massenkonzentration 20 Milligramm pro Kubikmeter überschreiten. [1] Die maximalen FCKW-Emissionen im Abgas sind entsprechend 0,17 Gramm pro Gerät (10 Gramm / 60 Geräte). Da ein FCKW-haltiges Kühlgerät durchschnittlich 439 Gramm FCKW beinhaltet, machen die messbaren Emissionen im Abgas knapp 0,4 Promille der Gesamtmenge FCKW pro Gerät aus.

Bis zum 30.10.2007 durften die FCKW-Emissionen im Abgas der FCKW-Rückgewinnung bei Altanlagen nicht den Massenstrom 25 Gramm pro Stunde und die Massenkonzentration 50 Milligramm pro Kubikmeter überschreiten. Die entsprechenden FCKW-Emissionen im Abgas von Altanlagen machten in den Jahren 2004-2006 also maximal 0,9 Promille der Gesamtmenge FCKW pro Gerät aus.

- 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 illegal behandelt werden. Dies entspricht nicht dem Stand der Technik, der auch hier eine ordnungsgemäße Behandlung in dafür geeigneten Recyclinganlagen erfordern würde. [8]

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

In Deutschland fallen jährlich ca. 3 Millionen Kühlgeräte zur Entsorgung an. Die Kühlgeräteentsorger können nicht aus allen Altgeräten FCKW zurück gewinnen; entweder weil nie FCKW in den Kühlgeräten enthalten waren, oder weil die FCKW vor Anlieferung beim Entsorger entwichen sind. Abbildung 1 zeigt den Anteil der insgesamt zu entsorgende Menge Kühlgeräte, die die Basis für die weiteren Berechnungen ausmachen (aufgeteilt nach Stufe 1- und Stufe 2-Behandlung).

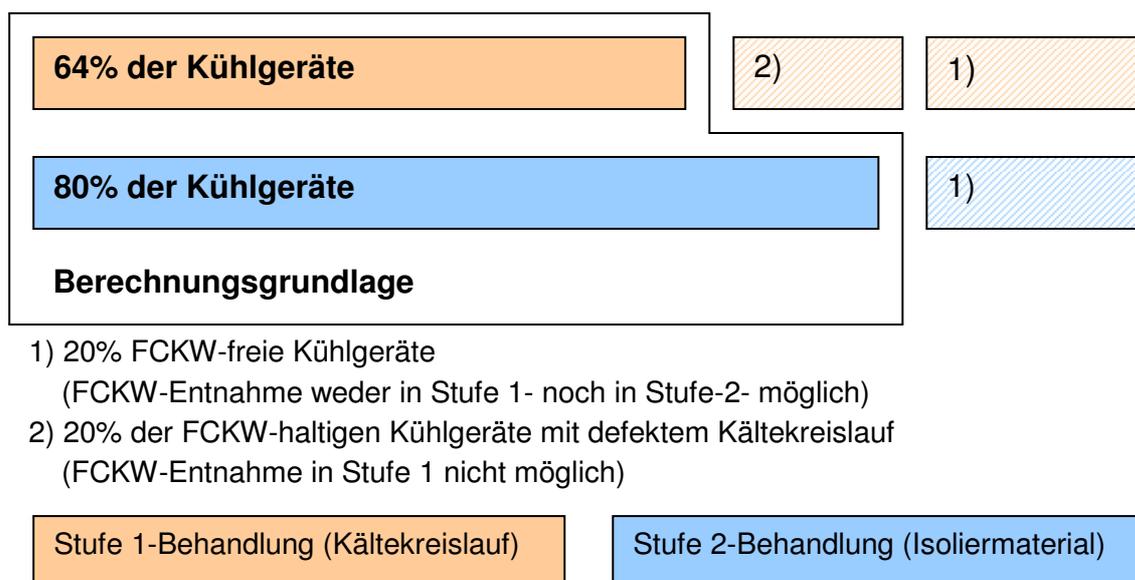


Abbildung 1. Berechnungsgrundlage für die FCKW-Rückgewinnungsquote

VI. Berechnungen

Tabelle 2. Bereinigte Daten über entnommene Mengen FCKW aus Kühlgeräten (2004-2006)

2006						
Bundesland	Geräte- menge ¹ (in t)	Geräte (Stückzahl)	FCKW- Geräte ² (Stückzahl)	Entnommene FCKW-Menge ¹ (in kg)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ³ (in kg/Gerät)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ⁴ (in % vom „praktischen Erwartungswert 100%“) ⁵
Baden- Württemberg	14.090	352.240	281.792	84.000	0,298	72%
Bayern	19.582	489.550	391.640	59.700	0,152	37% (45%) ⁶
Berlin	13.429	320.220	⁷	⁷	0,274	62%
Hessen	8.373 ⁸	209.325	167.460	36.000	0,215	52%
Niedersachsen	13.181	329.525	263.620	33.000	0,125	30%
Nordrhein- Westfalen	33.704	842.600	674.080	100.000	0,148	36%
Rheinland-Pfalz	9.686	242.148	193.718	27.000	0,139	34%
Sachsen-Anhalt ⁹	579	15.840	12.672	1.095	0,086	21%
Thüringen	7.380	184.500	147.600	21.000	0,142	34%
Gesamt			2.236.983	390.259	0,174	42%

¹ Von den statistischen Landesämtern gemeldeten bzw. von Umweltministerium bestätigte Daten

² Berechnungen 80% der Geräte (die weiteren Berechnungen beziehen sich ausschließlich auf diese Stückzahl)

³ Berechnung auf Basis der von den statistischen Landesämtern enthaltenen bzw. von zuständigen Umweltministerien bestätigten Daten

⁴ Da Kühlgeräte oft über die jeweiligen Grenzen der Bundesländer zur Stufe 2-Behandlung geschickt werden, sind mögliche Doppelzählungen noch nicht berücksichtigt. Dies wird anschließend für den bundesweiten Durchschnitt in der Tabelle 4 gemacht.

⁵ Ursprüngliche FCKW-Mengen in den Kühlgeräten („theoretischer Erwartungswert 100%“): 127 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11
Abzug für 20% beschädigte Kältekreisläufe ergibt den „praktischen Erwartungswert 100%“: 102 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11

⁶ Unter Berücksichtigung von mündlichen (nicht mit Zahlen belegten) Angaben vom Umweltministerium hinsichtlich 3 von insgesamt 5 Anlagen. Annahmen: 20% FCKW-freie Kühlgeräte in Stufe 1, 37,5% defekte Kältekreisläufe, 25% Doppelzählungen in Stufe 2.

⁷ Zahlen von 2007, aufgrund detaillierter Daten von der Senatsverwaltung anders (exakter) berechnet.

⁸ Daten unterliegen teilweise der Geheimhaltung, Menge gesammelter Geräte ist möglicherweise größer, Nichtberücksichtigung wirkt sich wohlwollend auf das Ergebnis aus

⁹ Nur Stufe 1-Behandlung, anschließend Stufe-2-Behandlung im anderen Bundesland

Tabelle 2. (Fortsetzung)

2005						
Bundesland	Geräte- menge ¹ (in t)	Geräte (Stückzahl)	FCKW- Geräte ² (Stückzahl)	Entnommene FCKW-Menge ¹ (in kg)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ³ (in kg/Gerät)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ⁴ (in % vom „praktischen Erwartungswert 100%“) ⁵
Baden- Württemberg	12.212	305.300	244.240	70.400	0,288	70%
Bayern	17.740	443.500	354.800	58.500	0,165	40%
Hessen	7.895	197.375	157.900	36.000	0,228	55%
Niedersachsen	8.969	224.225	179.380	26.000	0,145	35%
Nordrhein- Westfalen	33.340	833.500	666.800	78.000	0,117	28%
Rheinland-Pfalz	7.451	186.285	149.028	19.500	0,131	32%
Sachsen ⁶	2.411	60.275	48.220	4.000	0,083	20%
Sachsen-Anhalt ⁶	544	13.592	10.874	883	0,081	20%
Schleswig- Holstein	11.648	291.200	232.960	56.218	0,241	58%
Thüringen	4.779	119.475	95.580	9.000	0,094	23%
Gesamt			2.139.782	358.501	0,168	40%

¹ Von den statistischen Landesämtern gemeldeten bzw. von Umweltministerium bestätigte Daten

² Berechnungen 80% der Geräte (die weiteren Berechnungen beziehen sich ausschließlich auf diese Stückzahl)

³ Berechnung auf Basis der von den statistischen Landesämtern enthaltenen bzw. von zuständigen Umweltministerien bestätigten Daten

⁴ Da Kühlgeräte oft über die jeweiligen Grenzen der Bundesländer zur Stufe 2-Behandlung geschickt werden, sind mögliche Doppelzählungen noch nicht berücksichtigt. Dies wird anschließend für den bundesweiten Durchschnitt in der Tabelle 4 gemacht.

⁵ Ursprüngliche FCKW-Mengen in den Kühlgeräten („theoretischer Erwartungswert 100%“): 127 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11

Abzug für 20% beschädigte Kältekreisläufe ergibt den „praktischen Erwartungswert 100%“: 102 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11

⁶ Nur Stufe 1-Behandlung, anschließend Stufe-2-Behandlung im anderen Bundesland

Tabelle 2. (Fortsetzung)

2004						
Bundesland	Geräte- menge ¹ (in t)	Geräte (Stückzahl)	FCKW- Geräte ² (Stückzahl)	Entnommene FCKW-Menge ¹ (in kg)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ³ (in kg/Gerät)	Entnommene Menge FCKW pro Gerät ⁴ (in % vom „praktischen Erwartungswert 100%“) ⁵
Baden- Württemberg	10.909	272.735	218.188	60.000	0,275	66%
Bayern	16.592	414.800	331.840	68.900	0,208	50%
Hessen	7.967	199.175	159.340	32.000	0,201	49%
Niedersachsen	8.468	211.700	169.360	35.000	0,207	50%
Nordrhein- Westfalen	36.547	913.675	730.940	101.000	0,138	33%
Rheinland-Pfalz	8.167	204.170	163.336	21.400	0,131	32%
Sachsen⁶	2.716	67.900	54.320	5.000	0,092	22%
Sachsen-Anhalt⁶	559	13.973	11.178	906	0,081	20%
Thüringen	5.265	131.625	105.300	12.000	0,114	28%
Gesamt			1943802	336206,38	0,173	42%

¹ Von den statistischen Landesämtern gemeldeten bzw. von Umweltministerium bestätigte Daten

² Berechnungen 80% der Geräte (die weiteren Berechnungen beziehen sich ausschließlich auf diese Stückzahl)

³ Berechnung auf Basis der von den statistischen Landesämtern enthaltenen bzw. von zuständigen Umweltministerien bestätigten Daten

⁴ Da Kühlgeräte oft über die jeweiligen Grenzen der Bundesländer zur Stufe 2-Behandlung geschickt werden, sind mögliche Doppelzählungen noch nicht berücksichtigt. Dies wird anschließend für den bundesweiten Durchschnitt in der Tabelle 4 gemacht.

⁵ Ursprüngliche FCKW-Mengen in den Kühlgeräten („theoretischer Erwartungswert 100%“): 127 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11

Abzug für 20% beschädigte Kältekreisläufe ergibt den „praktischen Erwartungswert 100%“: 102 g FCKW R12 und 312 g FCKW R11

⁶ Nur Stufe 1-Behandlung, anschließend Stufe-2-Behandlung im anderen Bundesland

Tabelle 3. FCKW-Rückgewinnungsquote nach Bundesländern (Zusammenfassung, ohne Berücksichtigung von Doppelzählungen)

Bundesland	2004	2005	2006
Baden-Württemberg	66%	70%	72%
Bayern	50%	40%	37% (45%) ¹
Berlin	*	*	62%
Hessen	49%	55%	52%
Niedersachsen	50%	35%	30%
Nordrhein-Westfalen	33%	28%	36%
Rheinland-Pfalz	32%	32%	34%
Sachsen	22%	20%	*
Sachsen-Anhalt	20%	20%	21%
Schleswig-Holstein	*	58%	*
Thüringen	28%	23%	34%
Gesamt	42%	40%	42%

1 Unter Berücksichtigung von mündlichen (nicht mit Zahlen belegten) Angaben vom Umweltministerium hinsichtlich 3 von insgesamt 5 Anlagen. Annahmen: 20% FCKW-freie Kühlgeräte, 37,5% Kühlgeräte mit defekten Kältekreisläufen (für eine Anlage), 20% Doppelzählungen in Stufe 2.

Tabelle 4. Bundesweite FCKW-Rückgewinnungsquote und FCKW-Verluste mit Abzug von möglichen Doppelzählungen (Zusammenfassung in %) ¹

	2004	2005	2006
Durchschnittliche Rückgewinnungsquote (in %) ¹	46%	44%	45%
Durchschnittliche FCKW-Verluste (in %)	54%	56%	55%

1 Entnommene Menge FCKW pro Gerät (in % von Erwartungswert 100%) mit Abzug für Doppelzählungen und 20% beschädigte Kältekreisläufe. Für die Annahmen zur Berechnung, siehe unter Abschnitt V.

Tabelle 5. Treibhausgaspotenzial der enthaltenen FCKW eines Kühlgerätes umgerechnet in CO₂-Äquivalente (kg)

Gesamtmenge FCKW pro Kühlgerät (in kg)	CO ₂ -Äquivalente (in kg)	Potentielle CO ₂ -Emissionen pro Gerät (in kg)
FCKW R12 aus Stufe 1 0,127	10.720	1.361
FCKW R11 aus Stufe 2 0,312	4.680	1.460
Gesamt 0,439		2.822

Eine 91%ige Entnahme (wie in Österreich) wurde bei 2,4 Millionen FCKW-haltigen Kühlgeräten zu jährlichen CO₂-Verlusten in Höhe von 0,6 Tonnen CO₂-Äquivalenten führen. Wenn man dies als Benchmark nimmt, emittieren deutsche

Kühlgeräteentsorger durch schlampiges Recycling jährlich eigentlich vermeidbare FCKW entsprechend 3,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6. 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	Mittelwert 2006
Treibhausemissionen durch FCKW-Verluste pro Kühlgerät (in kg CO₂-Äquivalent)	1.537	1.585	1.563
Durchschnittliche jährliche CO₂-Verluste bei 2,4 Mio. FCKW-haltige Kühlgeräte (in Tonnen CO₂-Äquivalent)	3.689.910	3.805.195	3.750.912
Durchschnittliche zusätzliche jährliche CO₂-Verluste bei 2,4 Mio. FCKW-haltige Kühlgeräte in Deutschland im Vergleich mit Benchmark 91%ige FCKW-Entnahme (in Tonnen CO₂-Äquivalent)	3.080.444	3.195.729	3.141.446

VII. Referenzen

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), (2002), *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)* vom 24. Juli 2002. [Online]: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/taluft.pdf>
- [2] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), (2004), *Technische Anforderungen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten* (LAGA Merkblatt 31) vom 24.03.2004. [Online]: http://www.laga-online.de/mitteilungen/docs/eag_merkblatt_endfassung_040324.pdf
- [3] Umweltbundesamt (UBA), (1998), *Leitfaden zur Entsorgung von Kältegeräten* (Stand: Januar 1998)
- [4] RAL-Gütegemeinschaft Rückproduktion von Kühlgeräten e. V., (2007), *Gütesicherung GZ 728 Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten* vom September 2007
- [5] WEEE-Forum, (2007), *Requirements for the Collection, Transportation, Storage, Handling and Treatment of Household Cooling and Freezing Appliances containing CFC, HCFC or HFC* vom 21.12.2007, [Online]: http://www.eced.eu/IFEDE/easnet.dll/GetDoc?APPL=1&DAT_IM=209D9D&WNLD=2007-12-14%20CFC%20standard
- [6] Öko-Institut e.V., (2007), *Ökobilanzielle Untersuchung zur Verwertung von FCKW- und KW-haltigen Kühlgeräten*, [Online]: <http://www.oeko.de/oekodoc/331/2007-013-de.pdf>
- [7] Schätzung der RAL-Gütegemeinschaft Rückproduktion von FCKW-haltigen Kühlgeräten e.V.
- [8] Bundesregierung, (2007), *Antwort auf Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN zum Thema Verwertung und Entsorgung von Elektro-, Elektronikaltgeräten*, Drucksache 16/5570, Antwort auf Frage 11.
- [9] EUWID, (2008), *Österreichisches Kontrollkonzept für Kühlgeräterecycling soll Maßstab sein*, Ausgabe Nr. 5 von 29.01.2008, Seite 9.
- [10] Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), (2005)
- [11] Österreichisches Lebensministerium, (2006), *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Behandlungspflichten von Abfällen* (Abfallbehandlungspflichtenverordnung), [Online]: <http://recht.lebensministerium.at/filemanager/download/18037/>