

Analyse der Verwertungswege von kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlgeräten

Gabriela Janusz

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

Tel.: (0) 711 / 970 - 1115

Email: janusz@ipa.fraunhofer.de

Die EU-Richtlinie 2002/96/EG vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE) bestimmt unter anderen die Anforderungen für die Behandlung von Kälte- und Schäummitteln in Kältegeräten. Sie legt fest, dass Gase, die ozonschädigend sind oder ein Erderwärmungspotenzial (GWP) über 15 haben, z. B. im Schaum und Kühlkreisläufen, aus dem Gerät sachgerecht entfernt und behandelt werden müssen. Das bedeutet, dass in die Kohlenwasserstoffe wie z.B. Cyclopentan und Isobutan aus dem Isolierschaum nicht notwendigerweise „behandelt“ werden müssen, solange sie ein GWP unter 15 haben. Angesichts der Tatsache, dass die WEEE-Richtlinie auf Art. 175 des EU-Vertrages beruht, kann die nationale Umsetzung der Richtlinie dennoch eine spezielle Behandlung für KW vorsehen.

Andererseits, gibt die TA-Luft im Punkt 5.2.5 den Anlagen zur Verwertung und Beseitigung von Abfällen Grenzwerte für die organischen Stoffe im Abgas, unter die die Kohlenwasserstoffe fallen, vor. Diese Grenzwerte können in einer offenen Anlage ohne Erfassung der Kohlenwasserstoffe aus dem PUR-Schaum bei einer gängigen Bearbeitung von wenigen Kühlschränken pro Stunde überschritten werden. Um eine größere Stückzahl von verwerteten Kühlgeräten zu erreichen, müssen die kohlenwasserstoffgeschäumte Kühlgeräte wegen der TA-Luft doch in geschlossenen Anlagen behandelt und Cyclopentan zurück gewonnen werden.

Das Fraunhofer IPA wurde von den Kühlgeräteherstellern beauftragt, objektiv zu überprüfen, ob und in welchem Ausmaß die Entgasung und Behandlung des Schaums bei kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlgeräten im gesamten Behandlungs- und Verwertungsprozess

- zu einer Entlastung oder zu einer Zusatzbelastung bei der Betrachtung des kumulierten Energieaufwandes (KEA) bzw.
- zu einer Entlastung oder zu einer Zusatzbelastung der Umwelt beim Treibhauseffekt (GWP)

führt.

Am Fraunhofer IPA wurden verschiedene Verfahren der Verwertung von kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlgeräten mit und ohne Rückgewinnung des Treibmittels analysiert und miteinander auf ihre Auswirkungen auf den kumulierten Energieverbrauch (KEA) und den Treibhauseffekt (GWP) verglichen. Die Studie belegt mit ihren Ergebnissen, dass die Kohlenwasserstoff-Rückgewinnung im gesamten Behandlungsprozess mit einem höheren kumulierten Energieaufwand verbunden ist (21,2 MJ/Kühlgerät), mit dem eine geringe Reduzierung des Treibhauspotentials (0,2 GWP in kg CO₂ Äquivalenten/ Kühlgerät) erzielt wird.

Aufgrund der Ergebnisse der KEA- und GWP-Vergleiche ist die Begrenzung der Emissionen von Kohlenwasserstoffen durch die TA-Luft bei den Recyclinganlagen für kohlenwasserstoffgeschäumte Kühlgeräte (die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen) nicht plausibel und eine Verschärfung der WEEE-Richtlinie bei ihrer nationalen Umsetzung durch Verschreibung einer speziellen Behandlung der Kohlenwasserstoffe aus dem PUR-Schaum nicht sinnvoll.

Keywords: Verwertung, Kühlgeräte, KEA, GWP

Analyse der Verwertungswege von kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlgeräten

Gabriela Janusz



Ausgangssituation für die Verwertung von Cyclopentan-Kühlgeräten WEEE

■ WEEE Anhang II Nr.1

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW) oder teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), Kohlenwasserstoffe (KW) sind zu beseitigen oder zu verwerten

■ WEEE Anhang II Nr. 2

Gase, die ein Erderwärmungspotential (GWP) unter 15 haben, z.B. in Schaum und Kühlkreisläufen müssen nicht entfernt und behandelt werden.



KW wie z.B. Cyclopentan (GWP=11) aus dem Isolierschaum müssen nicht notwendigerweise behandelt werden

Seite 2



- TA-Luft Punkt 5.2.5 gibt Grenzwerte für organische Stoffe im Abgas vor:

0,50 kg/h oder Massenkonzentration von 50 mg/m³

Diese Grenzwerte können ohne Erfassung der Kohlenwasserstoffe aus dem PUR-Schaum nach wenigen Kühlgeräten überschritten werden



KW wie z.B. Cyclopentan aus dem Isolierschaum müssen erfasst werden um die Grenzwerte nicht zu überschreiten

Seite 3

Zielsetzung/Aufgabenstellung der Studie



Prüfung, ob und in welchem Ausmaß die Entgasung und Behandlung des Schaums bei kohlenwasserstoffgeschäumten Kühlgeräten im gesamten Verwertungs- und Behandlungsprozess zu einer Entlastung oder zu einer Zusatzbelastung beim

- Kumulierten Energieaufwand (KEA)
- Treibhauseffekt (GWP)

führt.

Seite 4

Angaben zu untersuchten Kühlgeräten

- Kleine Kühlgeräte ohne Gefrierfach (Größe 60 x 60 x 85 cm³)
- Herstellungsjahr ca. 1994
- Durchschnittliche Materialzusammensetzung (vier Hersteller)
- Durchschnittlicher Gehalt von Cyclopentan im PUR-Schaum von 198 g

Seite 5

Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen

- Nur die Stufe II der Kühlgeräteverwertung wurde untersucht, d.h. alle Prozesse nach der Entnahme der Kühlfülligkeiten: Zerkleinerung, Trennung, Sortierung der Materialfraktionen, Rückgewinnung vom Treibmittel, Gewinnung von Sekundärrohstoffen und Beseitigung
- Die Transporte wurden nicht berücksichtigt
- Für die stoffliche und energetische Verwertung wurden Gutschriften vergeben

Seite 6

Fünf betrachtete Verwertungswege für KW-geschäumte Kühlgeräte

Szenarien mit der KW-Rückgewinnung

- Szenario 1: **Geschlossene** Recycling-Anlage für Kühlgeräte mit KW-Rückgewinnung über Aktivkohlefilter
- Szenario 2: **Geschlossene** Recycling-Anlage für Kühlgeräte mit KW-Rückgewinnung über Gasverflüssigung

Szenarien ohne KW-Rückgewinnung

- Szenario 3: **Geschlossene** Recycling-Anlage für Kühlgeräte ohne KW-Rückgewinnung
- Szenario 4: **Offene** Recycling-Anlage für Kühlgeräte ohne KW-Rückgewinnung
- Szenario 5: **Automobilschredder** mit und ohne energetische Verwertung der SLF

Seite 7

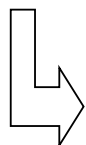
Analyse der Cyclopentan-Freisetzung aus dem PUR-Schaum - Zerschneiden



- Zerschneiden des PUR-Schaums in 300 cm³ Stücke
→ KW-Freisetzung nicht messbar



- Zerschneiden des PUR-Schaums in 30 cm³ Stücke
→ KW-Freisetzung nicht messbar



Die Cyclopentan-Freisetzung beim Zerschneiden ist sehr gering und wurde auf 2,4%* abgeschätzt.

* Abschätzung basiert auf dem Berechnungsmodell von R-Plus

Seite 8



- PUR-Schaum püriert in Korngröße
 - 50% \varnothing 3 mm \geq X < 5 mm
 - 50% \varnothing < 3 mm
- 40% Freisetzung vom Cyclopentan



- PUR-Mehl
- 79%* - 94%** Freisetzung (GC-Analyse)
- * Dr. Hug, Roos+Partner AG, Luzern
** RWE Umwelt, Labor Una, Juni 2004

Erste Erkenntnisse aus den Untersuchungen

Cyclopentan-Freisetzung aus dem Schaum bei der Zerkleinerung:

- Szenario 1: 79%
- Szenario 2 und 3: 94%
- Szenario 4: 2,4% *)
*) ca. 5 g Cyclopentan pro Kühlgerät
- Szenario 5: 5% **)
**) Abschätzung bei Automobilschredder, ca. 10 g Cyclopentan pro Kühlgerät

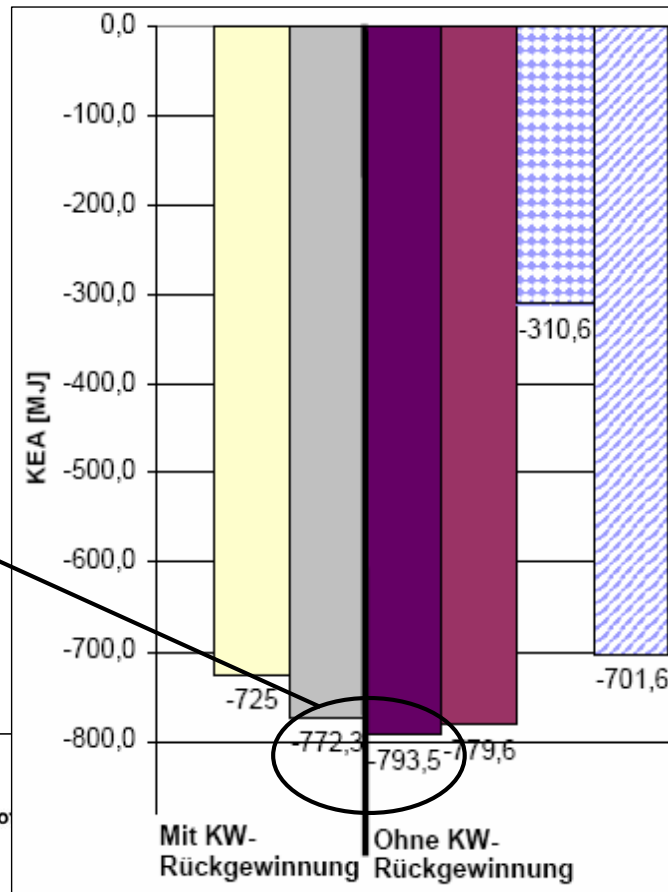
Ergebnisse: Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Szenario 3 ohne Rückgewinnung schneidet bei KEA-Betrachtung am besten ab

Vergleich Szenario 2 und 3:

Rückgewinnung von Cyclopentan über Gasverflüssigung (Szenario 2) erfordert **21,2 MJ/Kühlgerät** zusätzliche **Energieaufwendung**

*Je mehr Energie zurückgewonnen wird desto besser!



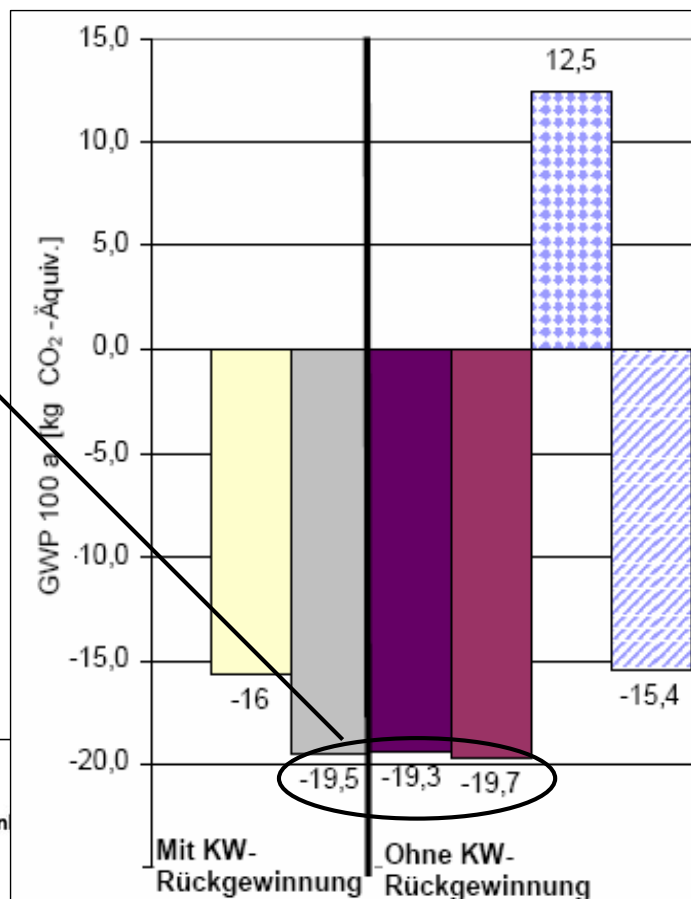
- Szenario 1: Geschlossene Anlage mit KW-Rückgewinnung über Aktivkohlefilter (Rethmann)
- Szenario 2: Geschlossene Anlage mit KW-Rückgewinnung über Gasverflüssigung (RWE)
- Szenario 3: Geschlossene Anlage ohne KW-Rückgewinnung (RWE, hypothetisch)
- Szenario 4: Offene Anlage ohne KW-Rückgewinnung (R-plus)
- Szenario 5a: Automobilschredder mit thermischer Beseitigung der SLF (R-Plus)
- Szenario 5b: Automobilschredder mit energetischer Verwertung der SLF (R-Plus)

Ergebnisse: Treibhauspotential GWP

Vergleich Szenario 1,2 mit 3,4:

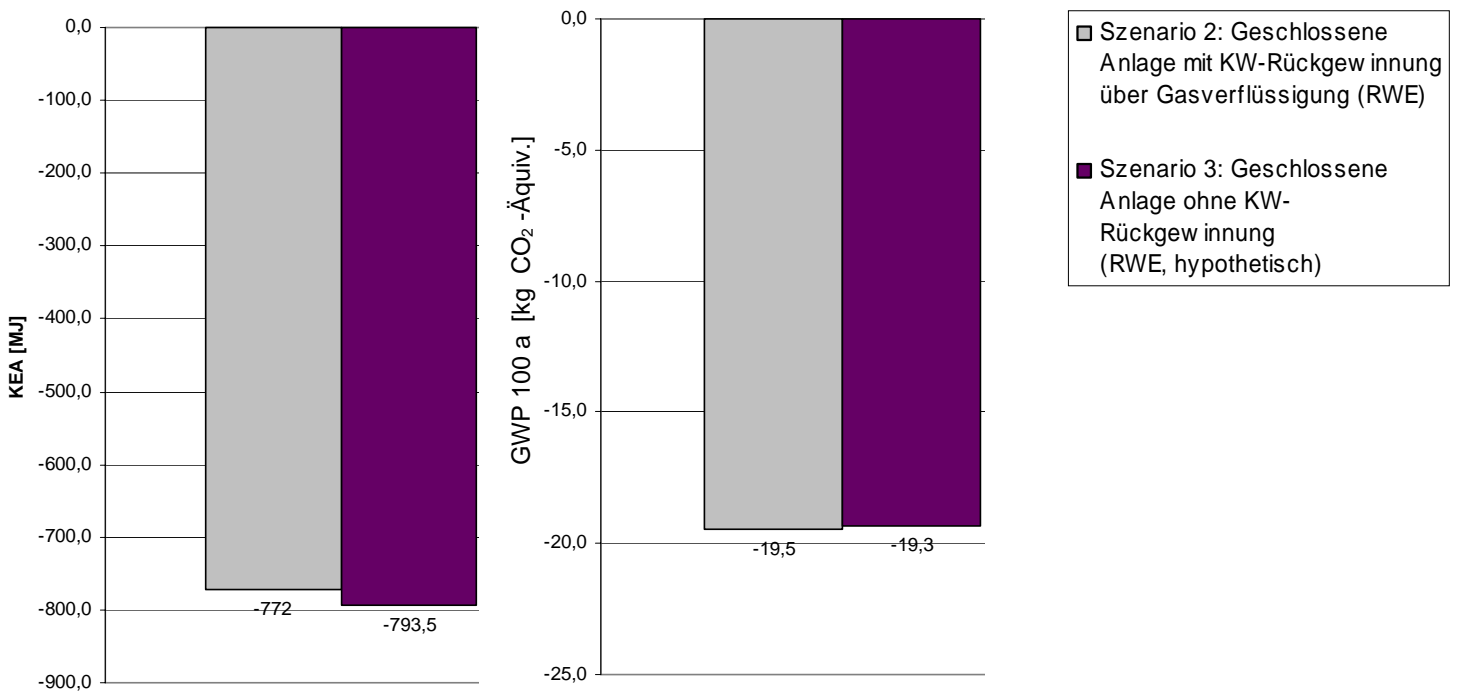
KW-Rückgewinnung hat für die Reduzierung des Treibhauseffekts **keinen signifikanten Vorteil gegenüber der Variante ohne Rückgewinnung.**

Szenario 4 schneidet am besten ab



- Szenario 1: Geschlossene Anlage mit KW-Rückgewinnung über Aktivkohlefilter (Rethmann)
- Szenario 2: Geschlossene Anlage mit KW-Rückgewinnung über Gasverflüssigung (RWE)
- Szenario 3: Geschlossene Anlage ohne KW-Rückgewinnung (RWE, hypothetisch)
- Szenario 4: Offene Anlage ohne KW-Rückgewinnung (R-plus)
- Szenario 5a: Automobilschredder mit thermischer Beseitigung der SLF (R-Plus)
- Szenario 5b: Automobilschredder mit energetischer Verwertung der SLF (R-Plus)

Gegenüberstellung der KEA- und GWP-Ergebnisse pro Kühlgerät der Szenarien 2 und 3 (gleiche Anlage)



Seite 13

Ergebnisse der KEA und GWP - Bewertung:

KEA-Untersuchungen (Kumulierter Energieaufwand):

Kohlenwasserstoff-Rückgewinnung ist im gesamten Behandlungsprozess mit einem höheren kumulierten Energieaufwand verbunden (21 MJ/Kühlgerät)

- Unter energetischen Gesichtspunkten ist es besser die KW nicht zurück zu gewinnen

GWP-Untersuchungen (Treibhauseffekt):

Kohlenwasserstoff-Rückgewinnung hat keinen signifikanten Einfluss auf den Treibhauseffekt

- Unter GWP-Gesichtspunkten ist es nicht lohnenswert, die KW zurück zu gewinnen

Seite 14

Interpretation der Ergebnisse

Um die Ergebnisse der Bewertung nach den zwei Kategorien KEA und GWP zu veranschaulichen, wurden die Ergebnisse in jeder Bewertungskategorie in

- Äquivalente der Stromerzeugung in kWh und
 - Äquivalente der mit dem Pkw gefahrenen Kilometer
- umgerechnet.

	Umrechnungsfaktor für 1kWh Stromerzeugung	Umrechnungsfaktor für 1 Pkw km
KEA [MJ]	10,44	2,241
GWP [kg CO ₂ -Äquiv.]	0,621	0,228

Quelle: SimaPro 5.1 und Gemis 4.2

Seite 15

Interpretation der Ergebnisse

Rangfolge der Szenarien als Ergebnis der Aufsummierung des KEA und GWP als Äquivalente der Stromerzeugung bzw. als Äquivalente der gefahrenen Pkw km

Rangnr.	Szenario	KEA und GWP als Äquivalente der Stromerzeugung im Vergleich mit Szenario 2 [kWh] *	KEA und GWP als Äquivalente der gefahrenen Pkw km im Vergleich mit Szenario 2 [Pkw km]*	Bemerkungen
1	Szenario 3	1,7	8,6	ohne KW-Rückgewinnung
2	Szenario 4	1,1	4,4	ohne KW-Rückgewinnung
3	Szenario 2	0,0	0,0	mit KW-Rückgewinnung
4	Szenario 1	-10,7	-38,0	mit KW-Rückgewinnung
5	Szenario 5b	-13,4	-49,5	ohne KW-Rückgewinnung (Schredder mit e.V.)
6	Szenario 5a	-95,6	-345,9	ohne KW-Rückgewinnung (Schredder ohne e.V.)

Seite 16

- Die Kohlenwasserstoff-Rückgewinnung aus dem PUR-Schaum der Kühlgeräte ist im gesamten Behandlungsprozess mit einem höheren kumulierten Energieaufwand (KEA) verbunden, mit dem eine geringe Reduzierung des Treibhauspotentials (GWP) erzielt wird.
- Die Aufsummierung der KEA und des GWP als Äquivalente der Stromerzeugung und als Äquivalente der gefahrenen Pkw Kilometer ergibt, dass die Recyclingverfahren ohne KW-Rückgewinnung besser abschneiden als Recyclingverfahren mit der KW-Rückgewinnung.