

Masterarbeit

Bestimmung der Wiederverwendungs-, Recycling-, und Verwertungsquote bei der Demontage einer Supermarkttiefkühltruhe

erstellt für / am

**AHT Cooling Systems GmbH / Institut für
Nachhaltige Abfallwirtschaft und
Entsorgungstechnik**

Vorgelegt von:

Julius Pirklbauer BSc
m0535220

Betreuer:

Dipl.-Ing. Renato Sarc
Mag. Dr. Daniela Sager
O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr. Karl E. Lorber

Leoben, 06.07.2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

AFFIDAVIT

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Kurzfassung

Bestimmung der Wiederverwendungs-, Recycling- und Verwertungsquote bei der Demontage einer Supermarkttiefkühltruhe

Mit Ziel, die Umwelt und ihre Bewohner bestmöglich zu schützen, wurden gesetzliche Vorschriften erlassen, welche die sachgerechte Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten genau definieren. Die Gesetze schreiben bestimmte Recycling- und Verwertungsquoten vor, die Inverkehrbringer von Kühl- und Tiefkühlgeräten zu erfüllen haben. Die Firma AHT Cooling Systems GmbH ist Hersteller solcher Geräte und benötigt genaue Zahlen über die Wiederverwendungs-, Recycling- und Verwertungsquoten für die Kühltruhe ATHEN XL ECO 210 AD, die durch eine unabhängige Einrichtung bestimmt werden sollen.

Neben der Erarbeitung der gesetzlichen Grundlagen auf nationaler und internationaler Ebene, der monetären Bewertung des Kühlschranksrecyclings sowie der Erstellung eines Vorkonzeptes zur Demontage beinhaltet diese Arbeit die schrittweise Zerlegung der Kühltruhe sowie eine Massen- und Stoffbilanz des Geräts zur Bestimmung der Behandlungsquoten. Mittels Informationen bezüglich dieser Quoten der einzelnen Bauteile, Werkstoffe und Substanzen können die Gesamtquoten für die gegenständliche Truhe berechnet werden.

Abstract

Determination of the reuse, recycling and thermal recovery rates during the disassembly of a supermarket refrigerator

To protect the environment and its inhabitants as best as possible, laws were passed, which define rules and measures for how to treat and dispose of WEEEs (waste electrical and electronic equipment) correctly. These laws state specific recycling and thermal recovery rates which have to be met for refrigerators. AHT Cooling Systems GmbH is the manufacturer of such equipment and needs exact figures for the recycling and thermal recovery rates for the model "ATHEN XL ECO 210 AD". These rates should be determined by an independent institution.

Apart from the investigation of the legal situation on national and international levels, the monetary analysis of the refrigerator recycling and the preliminary concept for the disassembling of the refrigeration unit, this thesis comprises the step-by-step dismantling of the unit as well as the balance of materials necessary for the determination of the reuse, recycling and thermal recovery rates. Based on the information of the rates for the single parts, materials and substances, the total rates for the unit can be determined.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG	5
1.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung.....	7
2 FIRMENBESCHREIBUNG AHT	8
2.1 Standorte	8
2.2 Firmengeschichte	9
2.3 Produktfelder	10
2.4 Produkttechnologien.....	11
2.4.1 Automatische Enteisung.....	11
2.4.2 Kompressor Technologie.....	11
2.4.3 Umweltfreundliche Stoffe.....	11
3 RECHTLICHE UND UMWELTRELEVANTE GRUNDLAGEN	12
3.1 Europäische Union	12
3.1.1 Abfallrahmenrichtlinie	12
3.1.2 WEEE-Richtlinie	13
3.1.3 RoHS	14
3.2 Österreich	15
3.3 Deutschland.....	16
3.4 USA	16
3.4.1 Environmental Protection Agency.....	16
3.4.2 ENERGY STAR.....	17
3.5 China	19
3.5.1 The circular economy promotion law of the People's Republic of China	19
3.5.2 Administrative measures for the prevention and control of environmental pollution by electronic waste.....	20
3.5.3 The regulations on the administration of the recovery and disposal of waste electrical and electronic products	20
4 DERZEITIGER RECYCLING IST-STAND	21
5 TRUHENBESCHREIBUNG	23
5.1 Athen XL ECO 210 AD	23
5.2 Vergleich mit den anderen Modellen	24
5.3 Lieferzustand	25

6	PRAKTISCHER TEIL	26
6.1	Entwicklung eines Vorkonzepts zur Demontage.....	26
6.2	Demontage der Truhe.....	30
6.3	Wiegen der Einzelteile	32
7	ERSTELLUNG DER MASSEN- UND STOFFBILANZ	35
7.1	Begriffsdefinitionen	35
7.2	Aufbau einer Materialflussanalyse in STAN.....	36
7.3	Materialflussanalyse der Kühltruhe.....	37
7.3.1	Umwandlung der Daten.....	37
7.3.2	Import- und Exportflüsse	40
7.3.3	Hauptprozess	40
7.3.4	Subsystem	41
7.3.5	Ergebnisse der STAN Berechnung.....	43
8	BESTIMMUNG DER QUOTEN.....	44
8.1	Wiederverwendungsquote	44
8.2	Recyclingquote	44
8.3	Verwertungsquote.....	44
8.4	Restanteil.....	44
9	MONETÄRE BEWERTUNG DER ENTSORGUNG.....	46
9.1	Mögliche Aufwendungen bei der Entsorgung	46
9.2	Mögliche Gewinne bei der Entsorgung	46
9.3	Gegenüberstellung der Aufwendungen und Einnahmen	48
10	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	49
11	VERBESSERUNGSPOTENTIALE.....	50
12	LITERATURVERZEICHNIS.....	51
12.1	Abkürzungsverzeichnis.....	53
12.2	Tabellen.....	54
12.3	Abbildungen.....	54
ANHANG I: WEEE-RICHTLINIE ANHANG I-A/B		
ANHANG II: EAG-VO ANHANG 3		
ANHANG III: DATENBLATT ATHEN XL ECO 210 AD		
ANHANG IV: LISTE ALLER EINZELTEILE DER KÜHLTRUHE		
ANHANG V: MATERIALFLUSSANALYSE, HAUPTPROZESS		

ANHANG VI: MATERIALFLUSSANALYSE, SUBSYSTEM

1 Einleitung

In Österreich werden pro Jahr fast 75.000 t an Elektro- und Elektronikaltgeräten gesammelt, wovon ca. 15.000 t Kühl- und Gefriergeräte ausmachen (1). Seit August 2005 ist in Österreich die Elektroaltgeräteverordnung (EAG-VO) (2) in Kraft. Eines der festgelegten Ziele dieser Verordnung ist die Vermeidung bzw. die umweltgerechte Behandlung der Abfälle von Elektro- und Elektronikaltgeräten. So werden u.a. die Ressourcen geschont, die Gesundheit der Menschen geschützt und die Einflüsse auf die Umwelt so gering wie möglich gehalten.

Ein Gerät ist als Elektro- oder Elektronikgerät zu bezeichnen, wenn zum ordnungsgemäßen Betrieb der Geräte elektrischer Strom oder elektromagnetische Felder benötigt werden, welche eine Wechselspannung mit maximal 1000V benötigen dürfen. Ein Elektrogerät wird zu einem Elektroaltgerät, sobald es laut Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG) §2 (3) als Abfall gilt. Das ist dann der Fall, wenn der Besitzer sich des Geräts entledigen will, entledigt hat oder es im öffentlichen Interesse liegt, das Gerät als Abfall zu bezeichnen. Die hier untersuchte Truhe hat eine Kantenlänge von über 50 cm und wird daher als Großgerät bezeichnet.

Besonders bei Kühlschränken ist ein funktionierendes Abfallwirtschaftskonzept von starker Bedeutung, da diese Geräte bei unsachgerechter Entsorgung, durch enthaltene Stoffe, z.B. Kälteflüssigkeiten und treibhausgasartige Truhenausschäumungen erhebliche Umweltschäden verursachen können. Mit Umsetzung der gesetzlichen Verpflichtung, der unentgeltlichen Rücknahme durch die Vertreiber und Hersteller vom 13.08.2005 wurde die Sammlung der Geräte deutlich vereinfacht (siehe Abbildung 1). Dies führte dazu, dass im Jahr 2006 in der Steiermark circa doppelt so viele Altgeräte wie im Jahr zuvor gesammelt wurden. (4)

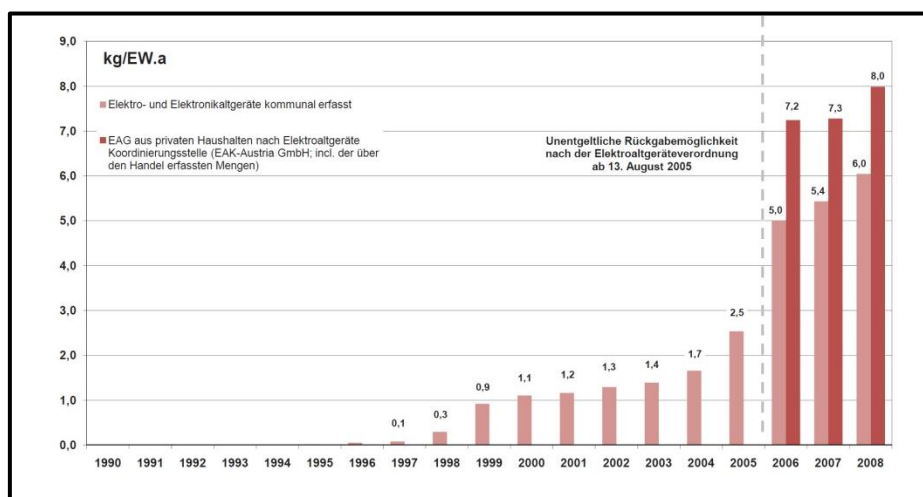


Abbildung 1: Elektro- und Elektronikaltgerätesammlung aus privaten Haushalten in der Steiermark (4)

Die EAG-VO besagt weiter, dass die gesammelten Geräte umweltgerecht behandelt werden müssen. Der Begriff Behandlung umfasst die Möglichkeiten der Verwertung (stofflich und

thermisch) und der Beseitigung (Deponierung) gemäß AWG (3). Speziell bei Kühlgeräten und Haushaltsgroßgeräten, wie in Abbildung 2 verdeutlicht, muss bei der Behandlung eine Recyclingquote von 75 Gew.-% und eine Verwertungsquote von 80 Gew.-% erreicht werden.

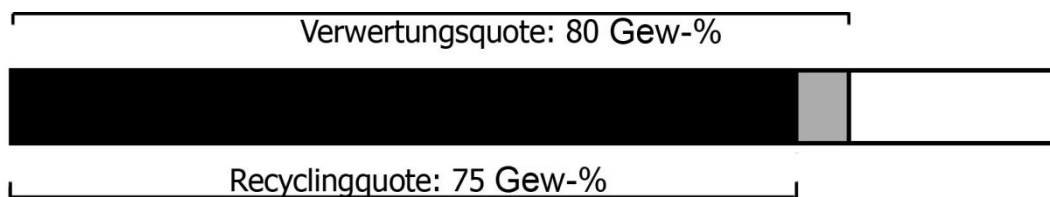


Abbildung 2: Geforderte Recycling- und Verwertungsquote der EAG-VO für Haushaltsgroßgeräte

Die Recyclingquote ist jener Anteil, der aussagt, wie viel Gewichtsprozent eines Altgeräts wiederverwendet oder recycelt werden können. Wobei der Vorgang des Recyclens als stoffliches Verwerten gesehen wird, bei dem ein Stoff wieder für seinen ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke eingesetzt werden kann. Die Verwertungsquote bezeichnet generell den Anteil des Altgeräts der sowohl stofflich als auch energetisch verwertet werden kann. Sie besteht aus der Recyclingquote und dem Anteil, der noch thermisch verwertet werden kann und muss dadurch immer größer sein als die Recyclingquote.

Um einer reinen thermischen Verwertung entgegen zu wirken, schreibt das AWG (Abfallwirtschaftsgesetz) bedingt durch die nationale Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie, eine Hierarchie zur Behandlung von Abfällen vor. Oberste Priorität hat die Abfallvermeidung, dann kommen Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, die sonstige Verwertung (z.B. energetische) und die Beseitigung. Dies bedeutet, dass solange ein Stoff ökologisch und ökonomisch recycelt werden kann, er nicht thermisch verwertet werden darf. Durch das Recyclen wird also maßgeblich zur Schonung der Ressourcen beigetragen.

1.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Die Firma AHT Cooling Systems GmbH ist Hersteller von Kühl- und Tiefkühlgeräten und hat die Verpflichtung die nationalen und internationalen gesetzlichen Vorschriften einzuhalten. Mit ca. 900 erzeugten Gefriereinheiten pro Tag und weltweitem Vertrieb ist es sehr wichtig, über die gesetzlichen Bestimmungen informiert zu sein.

Normalerweise hat der Hersteller die Verpflichtung, alte Kühlgeräte kostenfrei zurück zu nehmen und sich um die umweltgerechte Entsorgung zu kümmern. Da jedoch die AHT nur Geschäftskunden betreut, ist es möglich, BTB-Verträge (Business to Business) auszuhandeln, bei denen die Entsorgungsverpflichtung beim Kunden bleibt. Es liegt dennoch im Interesse der AHT im Rahmen der Konzeption ihrer Geräte, die Einhaltung der vorgeschriebenen Recycling- und Verwertungsquoten zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Masterarbeit werden für ein repräsentatives Produkt der AHT, die Tiefkühltruhe „Athen XL ECO 210 AD“, die Behandlungsquoten in einer unabhängigen Untersuchung bestimmt. Unter Behandlungsquoten sind in der gegenständigen Arbeit Recycling-, Verwertungs-, und Wiederverwendungsquoten zu verstehen. Neben der Bestimmung der gesetzlich geforderten Recycling- und Verwertungsquote wird auch die Wiederverwendungsquote erfasst und diskutiert.

Es werden die gesetzlichen Vorgaben auf nationaler und internationaler Ebene erarbeitet, um einen Überblick über die Gesetzeslandschaften in Österreich und in den Hauptexportländern (Deutschland, USA und China) zu erhalten.

Weiter wird ein Vorkonzept für die Demontage des Kühlgeräts ausgearbeitet, welches die Herangehensweise an die systematische Zerlegung der Truhe aufzeigt. Diesem Vorkonzept zugrundeliegend, folgt die Demontage der Truhe und eine Massenbilanz sowie eine Stoffstromanalyse, die mittels des Stoffflussprogramms STAN aufgestellt wurden. In diesem Programm können die einzelnen Stoffströme übersichtlich dargestellt und beurteilt werden. Im Rahmen dieser Analyse werden auch die Behandlungsquoten bestimmt, durch deren Anwendung, bezogen auf die Einzelteile der Truhe, die gesamten Wiederverwendungs- Recycling- und Verwertungsquoten bestimmt werden können.

Abschließend werden mögliche Erlöse und anfallende Behandlungskosten gegenüber gestellt, um das Recycling der Kühltruhen monetär zu bewerten.

2 Firmenbeschreibung AHT

Die AHT Cooling Systems GmbH (vormals Austria Haustechnik) ist einer der größten Hersteller für Kühl- und Tiefkühltruhen weltweit und hat ihren Sitz in Rottenmann in der Steiermark, Österreich.

2.1 Standorte

Neben Rottenmann, dem Standort in Österreich hat die AHT noch zehn weitere Niederlassungen weltweit. Die Abbildung 3 gibt eine geographische Verteilung dieser Niederlassungen (Changshu, China, USA, Mexiko, Brasilien, Hong Kong, Deutschland, Spanien, England und Türkei).

Das Besondere am Geschäftsmodell der AHT ist ein garantierter Service im jeweiligen Vertriebsland. Es werden nur in solchen Ländern Geräte verkauft, wo sich auch ein zertifizierter Servicepartner der Firma befindet. Da sich der gesamte Kundenkreis auf Geschäftskunden beschränkt, können spezielle BTB-Verträge (Business to Business) ausgehandelt werden. Viele dieser Großkunden benötigen die Möglichkeit einer Rundum-Versorgung. Mit dem Servicesystem „COOLPOINT®“ wird sichergestellt, dass Serviceleistungen von geschultem Personal durchgeführt werden, welche nur original Ersatzteile verwenden.



Abbildung 3: Standorte der AHT

2.2 Firmengeschichte

Der Standort in Rottenmann wurde schon im Jahre 1442 als Eisenwerk für industrielle Zwecke verwendet. Mit der Herstellung von Haushaltsgeräten wurde erst 1959 begonnen:

1959	Herstellung elektrischer Haushaltsgeräte der Fa. Bauknecht
1983	Neugründung des Werkes und Besitzerwechsel
1988	Privatisierung
1998	Erfolgreicher Börsengang
1999	Mehrheitsbeteiligungen an Refco S.A., Guatemala und KWR Deutschland
2000	Kooperation mit SFA in Istanbul, Türkei und Gründung der Vertriebsniederlassung für Getränkekühlung in Deutschland
2002	Gründung AHT Asien Beteiligung an SFA in Istanbul, Türkei Anteilsverkauf: KWR Übernahme durch Quadriga Capital Ltd.
2003	Anteilsverkauf: Refco Markteinführung von 100% umweltfreundlichen Geräten mit Propan als Kältemittel und Pentan als Treibmittel für Isolierschaum Umwandlung der AHT AG in die AHT Cooling Systems GmbH & Co KG
2004	Übernahme durch Equita Beteiligungen Fonds
2005	Gründung der AHT Cooling Systems USA Inc.
2006	Übernahme durch Quadriga Capital Ltd.
2007	Gründung der AHT Cooling Systems UK Ltd. (Chesham, Großbritannien) Gründung der AHT Cooling Systems (Changshu) Ltd. Gründung der AHT Cooling Systems Türkiye (Bursa, Türkei)
2008	Gründung der AHT Cooling Systems Asia Ltd. (Hong Kong) Übernahme von Caravell UK Ltd. und Integration in die AHT Gruppe

2.3 Produktfelder

Die Hauptgeschäftsfelder sind Kühl- und Tiefkühltruhen für Supermärkte, Eiscremetruhen sowie Getränkekühlung. Die Abbildung 4 zeigt Jahresumsätze von 2001–2009 nach Geschäftsfeldern. Der Bereich Kühl- und Tiefkühltruhen für Supermärkte macht dabei 60% des Gesamtumsatzes aus (100.000 produzierte Einheiten pro Jahr).

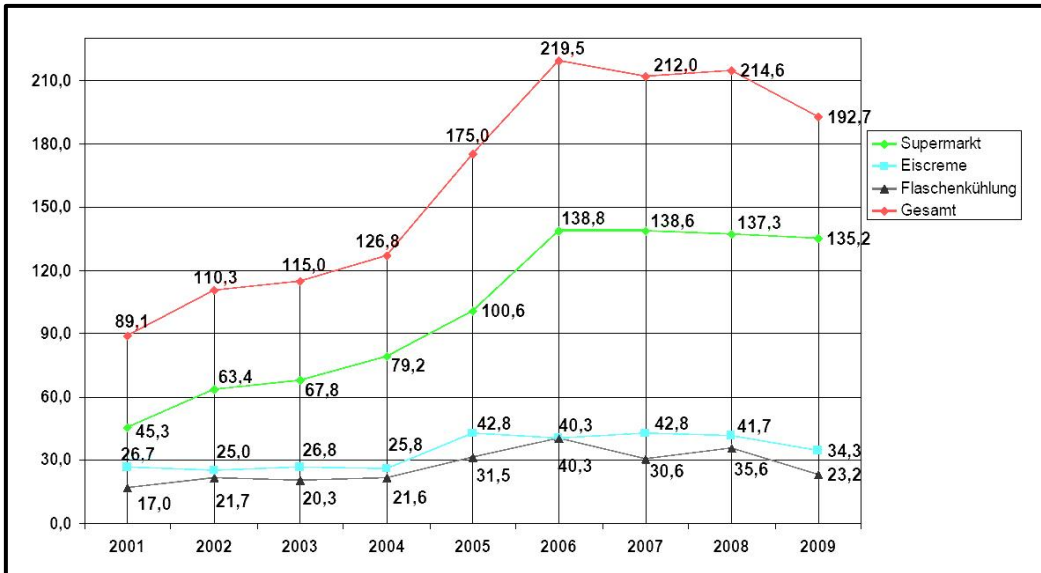


Abbildung 4: Jahresumsatz nach Produktfeldern

Der Gesamtumsatz hat sich innerhalb von zehn Jahren mehr als verdoppelt und ist auch im Vergleich zum Branchenmittel doppelt so stark angestiegen.

Der Großteil der Exporte in allen Kategorien geht, wie in Abbildung 5 zu erkennen, mit einem Prozentsatz von 60-80 % in die Europäische Union, wobei der Schwerpunkt in Deutschland liegt. Die Exportzahlen für Länder wie USA und China sind bis dato noch gering, da diese Länder erst 2005 (USA) und 2008 (China) erschlossen wurden.

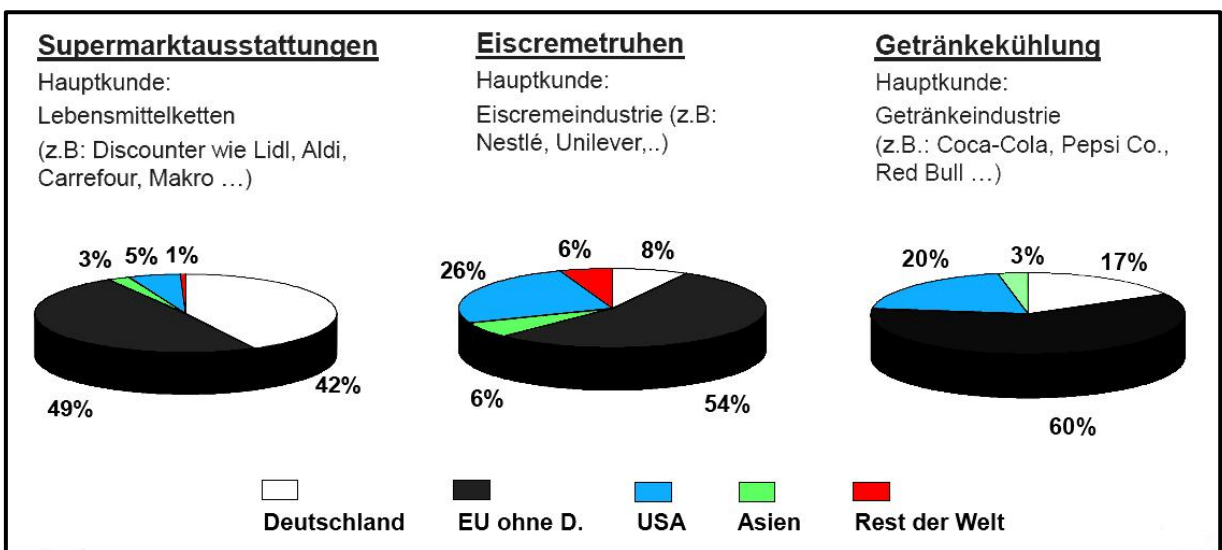


Abbildung 5: Hauptkunden und Exportmengenverteilung

2.4 Produkttechnologien

Das Besondere, was die AHT-Kühltruhen von anderen Herstellern unterscheidet, sind zwei innovative Technologien und die Entscheidung für ein umweltfreundlicheres Kühlmittel.

2.4.1 Automatische Enteisung

Die innovative automatische Enteisung ermöglicht ein erfolgreiches Abtauen der inneren Kühlwände. Produkte mit automatischer Enteisung, tragen die Abkürzung „AD“, was für die englische Bezeichnung „automatic defrosting“ steht. Durch kurzfristiges Erwärmen der Wände schmilzt das anhaftende Eis und wird über Abtaurinnen in den Maschinenraum geleitet, wo es verdunsten kann. Während des gesamten Abtauprozesses steigt die Warentemperatur nie über -15°C . So kann ein kontinuierlicher Betrieb über lange Zeit eingehalten werden, ohne dass die Waren während der Enteisung aus der Truhe entfernt werden müssen.

2.4.2 Kompressor Technologie

Ein innovativer drehzahl geregelter Kompressor ermöglicht eine Energieeinsparung von bis zu 25% gegenüber herkömmlichen Kompressoren.

Durch die Verwendung eines Dauermagneten, und das Ersetzen von bestimmten mechanischen Bauteilen (Bürsten und Kommutator) vom Gleichstrommotor mit elektronischen Steuereinheiten, kann je nach Situation die Drehzahl optimal angepasst werden. Der große Drehzahlbereich von 800 - 7500 U/min ermöglicht einen sehr leisen Betrieb bei guten Umgebungsbedingungen und eine schnelle Kühlleistung bei hoher Belastung. (5)

2.4.3 Umweltfreundliche Stoffe

Das gesamte Produktsortiment der AHT ist grundsätzlich frei von FCKW und FKW. Das Unternehmen setzt zudem nur wenige unterschiedliche Materialien ein, dadurch soll eine einfache Demontage ermöglicht und die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen erleichtert werden.

Die Entscheidung Propangas (R290) als Kühlmittel zu verwenden erwies sich als sehr zukunftssicher. Mit einem CO_2 -Äquivalenzwert von 3,3 (6) ist es im Vergleich zu herkömmlichen Kühlmitteln (z.B.: R404A) sehr umweltfreundlich.

In den USA darf aufgrund von sicherheitstechnischen Bestimmungen Propangas nicht verwendet werden. Als Ausgleich setzt man das Kühlmittel R404A ein, welches einen CO_2 -Äquivalenzwert von 3.500 besitzt. Das Kühlmittel besteht aus einem zeotropen Gemisch von 52% R143a ($\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$), 44% R125 (C_2HF_5), 4% R134a ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$). Es wird jedoch diskutiert, propangasbetriebene Geräte in den USA zuzulassen, da sie bereits seit langem erfolgreich in Europa eingesetzt werden. (7)

3 Rechtliche und umweltrelevante Grundlagen

Mit dem Ziel der Ressourcenschonung und der Verringerung der Umweltbelastungen wurden Gesetze erlassen, die vorschreiben, wie die Behandlung von großen Kühlgeräten sichergestellt werden soll. In diesem Kapitel werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen, welche das Behandeln eines Altkühlgerätes betreffen, für Österreich und die Hauptexportländer beschrieben.

3.1 Europäische Union

In der Europäischen Union werden Vorschriften erlassen, die es den Mitgliedsstaaten ermöglichen sollen, richtig mit den anfallenden Abfällen umzugehen. Die Behandlung von großen Kühlgeräten in der Abfallwirtschaft unterliegt vielen Bestimmungen, die von sehr allgemeinen Definitionen (Abfallrahmenrichtlinie) bis hin zu den genauen Behandlungsquoten (WEEE-Richtlinie) reichen.

Die Tabelle 1 soll einen Überblick über die relevanten europäischen Richtlinien geben und wie sie in den Mitgliedstaaten Österreich und Deutschland umgesetzt wurden. Die genauen Zusammenhänge und Unterschiede werden in den folgenden Punkten erklärt.

Tabelle 1: Umsetzung der europäischen Richtlinien in Österreich und Deutschland

Europäische Richtlinie	umgesetzt in Österreich als:	umgesetzt in Deutschland als:	Ziele
Abfallrahmenrichtlinie (2008)	Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) (2011)	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) (2010)	Begriff des Abfalls, Abfallhierarchie
WEEE-Richtlinie (2003), RoHS Richtlinie (2003)	Elektroaltgeräteverordnung (EAG-VO) (2008)	ElektroG (2010)	Bestimmungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte

Innerhalb der europäischen Union treten gesetzliche Regelwerke entweder in Form von Verordnungen oder Richtlinien in Kraft. Eine Verordnung ist ein Rechtsakt, welcher unmittelbar im jeweiligen Mitgliedsstaat umzusetzen ist. Alle in dieser Arbeit behandelten Bestimmungen werden in Form von Richtlinien an die Mitgliedstaaten verteilt. Richtlinien sind keine Gesetze im eigentlichen Sinn, haben aber einen bindenden Charakter. Die „Mindest-Bestimmungen“, die laut Richtlinien einzuhalten sind, müssen in die nationalen Gesetze der Mitgliedsstaaten eingearbeitet werden. Dies geschieht meist im Rahmen einer Übergangsfrist, bis zu deren Ende die Richtlinie in Form von Gesetzen eingebunden sein muss. Den einzelnen Ländern wird überlassen, die „Mindest-Bestimmungen“ zu übernehmen oder strengere Bestimmungen festzulegen und sie gesetzlich zu verankern.

3.1.1 Abfallrahmenrichtlinie

Die Abfallproblematik an sich wird mit der Abfallrahmenrichtlinie behandelt. Die Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle ist am 12.12.2008 in Kraft getreten und musste von den Mitgliedsstaaten bis zum 12.12.2010 in die Gesetzesstruktur eingearbeitet werden. (8)

Die Richtlinie beschreibt und definiert die grundlegenden Begriffe des Abfalls, der Abfallbehandlung und gibt Anweisungen zur Überwachung des gesamten Abfallzyklus, von der Erzeugung bis zur Beseitigung. Die in dieser Arbeit behandelte Kühltruhe wird laut Definition in dem Moment zu „Abfall“ in dem sich ihr Besitzer von ihr entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Da sie als Abfall deklariert ist, ist die von der Abfallrahmenrichtlinie vorgeschriebene Abfallhierarchie (vgl. Abbildung 6) einzuhalten, welche die Prioritäten in der Abfallbehandlung fixiert.

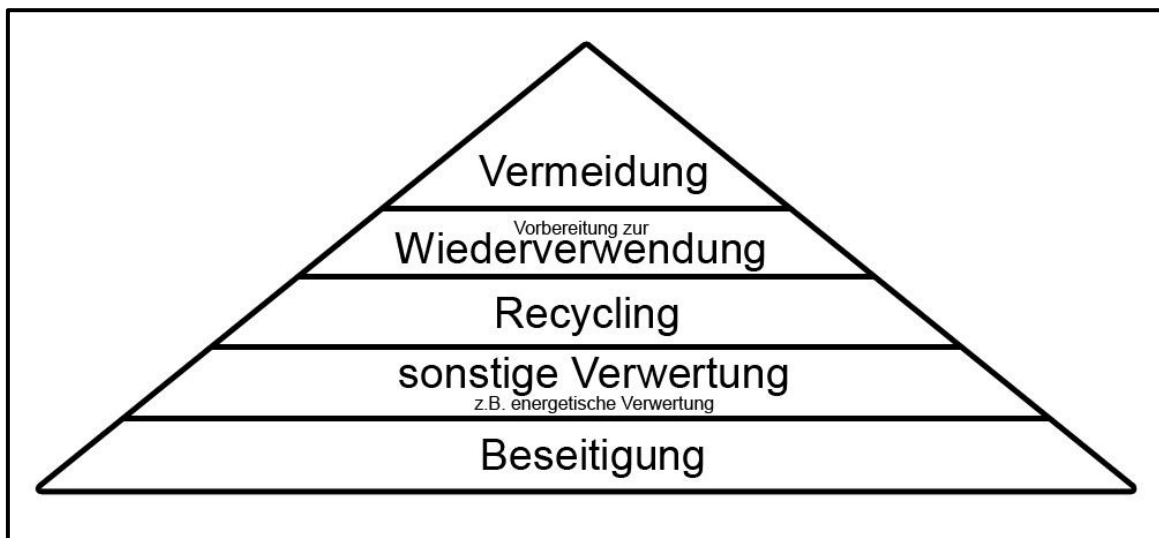


Abbildung 6: Fünfstufige Hierarchie der Abfallrahmenrichtlinie

Als oberste Priorität, jedoch mit dem kleinsten Handlungsspielraum, gilt die Abfallvermeidung. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung beinhaltet z.B. die Reinigung und Reparatur der angefallenen Abfälle, damit sie zum selben Zweck erneut eingesetzt werden können. Erweist sich eine Wiederverwendung als energieaufwändig und ökonomisch sowie ökologisch als nicht zweckmäßig, werden die Abfälle recycelt. Darunter werden jene Verwertungsverfahren verstanden, bei denen das erzeugte Produkt entweder für denselben Zweck oder andere Zwecke eingesetzt werden kann. Ist ein Recycling aus bereits genannten Gründen nicht mehr möglich, muss der Abfall einer sonstigen Verwertung zugeführt werden. Ziel dieser Verwertung ist es, die noch im Abfall gebundene Energie zu nutzen. Meist geschieht das durch energetische Verwertung, bei der der Abfall verbrannt wird und die chemisch gespeicherte Energie in Form von Wärme- oder Kraft-Wärme-Auskopplung genutzt werden kann. Kann der Abfall nicht mehr wirtschaftlich zu Verwertungszwecken genutzt werden, muss er, nach entsprechender Vorbehandlung, durch Deponierung beseitigt werden. (8)

3.1.2 WEEE-Richtlinie

Die am 13. Februar 2003 von der Europäischen Union erlassene „Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronikaltgeräte“, die kurz als **WEEE-Richtlinie** (**W**aste **E**lectrical and **E**lectronic **E**quipment) (9) bezeichnet wird, legt die genauen Voraussetzungen für die Vermeidung, Verringerung und umweltgerechte Entsorgung von Elektro- und

Elektronikaltgeräten fest. Die Mitgliedsstaaten mussten bis zum 13. August 2004 die Richtlinie in nationales Gesetz umsetzen, und bis zu diesem Stichtag ein nationales Rücknahmesystem aufgebaut haben.

Für Elektro- und Elektronikgeräte verpflichtet die Richtlinie, die Hersteller ihre Produkte als solche zu kennzeichnen. Das Kennzeichen wird in Form einer durchgestrichenen Mülltonne (Abbildung 7) ausgeführt und gibt den Hinweis, dass es sich um ein elektrisches oder elektronisches Gerät handelt, welches gesondert entsorgt werden muss.

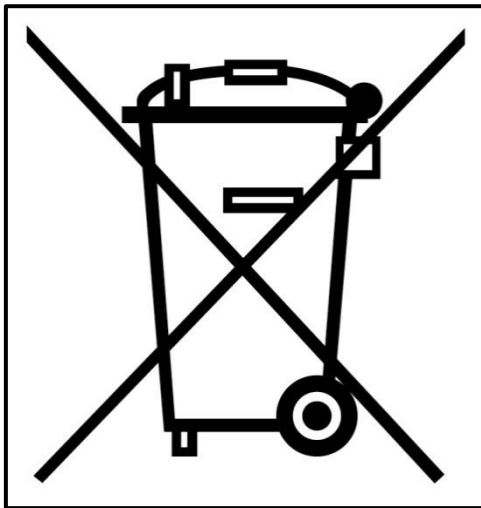


Abbildung 7: WEEE-Kennzeichnung für Elektro- und Elektronikgeräte

Die untersuchte Kühltruhe der AHT ist ein solches Elektrogerät und fällt laut WEEE-Richtlinie Anhang I-A Punkt 1 unter die Haushaltsgroßgeräte. Genauer laut Anhang I-B unter den Bereich der großen Kühlgeräte (die Anhänge I-A/B der Richtlinie liegen der Arbeit im Anhang I bei). Damit treffen im Artikel 7 Absatz 2a) folgende zu erreichenden Quoten zu: Es wird eine Recyclingquote von 75% und eine Verwertungsquote von 80% bezogen auf das durchschnittliche Gewicht pro Gerät gefordert. (9)

3.1.3 RoHS

Die Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung und Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikaltgeräten (10), auch als **RoHS** (**R**estriction of (the use of certain) **H**azardous **S**ubstances) bezeichnet, musste nach der Veröffentlichung am 27. Jänner 2003 bis zum 13. August 2004 inhaltlich in das nationale Recht der Mitgliedsstaaten umgesetzt werden.

Ziel dieser Richtlinie ist es, bestimmte gefährliche Stoffe aus Elektro- und Elektronikgeräten zu verbannen. Besonders in handelsüblichen Kühlschränken gilt es für Quecksilber und Blei, welches auf den Leiterplatten in bleihaltigem Lötzinn enthalten ist. Mit einer Änderung der Richtlinie am 18. August 2005 wurden konkrete Grenzwerte für die gefährlichen Stoffe festgelegt und liegen für Blei und Quecksilber bei maximal 0,1 Gew.-% bezogen auf die Produktgesamtmasse. (10)

3.2 Österreich

Die von der EU vorgeschriebenen Richtlinien sind in Österreich in Form von Gesetzen und Verordnungen verankert.

Die Abfallrahmenrichtlinie ist im AWG 2002 (Abfallwirtschaftsgesetz) umgesetzt. Dort finden sich die für Österreich definierten Bestimmungen für Abfall, sowie die Ziele und Grundsätze gemäß der 5-stufigen Abfallhierarchie (Abbildung 6). Eins der wesentlichen Ziele ist es, dass bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt. Nach der Novelle am 12. Dezember 2010 wird der Begriff „stoffliche Verwertung“ als „Recycling“ bezeichnet. (3)

Die WEEE-Richtlinie und die RoHS sind gemeinsam in Form der EAG-VO (Elektroaltgeräteverordnung) seit 13. August 2005 im österreichischen Recht verankert. Mit dem BGBl. II Nr. 496/2008 wurde sie zuletzt auf den neuesten Stand gebracht und hält sich an die Vorgaben der europäischen Richtlinien.

Die im Rahmen dieser Masterarbeit untersuchte Kühltruhe (Athen XL ECO 210 AD) ist laut EAG-VO §3 ein Elektrogerät, da es für den ordnungsgemäßen Betrieb elektrischen Strom mit 220V Wechselspannung benötigt und unter eine der in Anhang I genannten Gerätekategorien fällt (Punkt 1: Haushaltsgroßgeräte [u.a.: große Kühlgeräte]). Sie gilt weiter als ein Elektroaltgerät, da sie nach dem §2 des AWG 2002 als Abfall gilt.

In der WEEE-Richtlinie genauso wie in der EAG-VO ist auch festgelegt, dass pro Jahr und Einwohner mindestens 4 kg Elektro- und Elektronikaltgeräte gesammelt werden müssen. Hersteller müssen dies, entweder selbst übernehmen, beziehungsweise an einem Entsorgungssystem teilnehmen. Nach den Daten des Bundesabfallwirtschaftsplans 2011 (BAWPI.) wurden in Österreich 2009 75.600 t Elektro- und Elektronikaltgeräte gesammelt, davon waren 14.761 t Kühl- und Gefriergeräte. Berechnet mit dem Bevölkerungsstand 2009, wurden in diesem Jahr $9,32 \text{ kg}/\text{Einwohner}$ gesammelt, was deutlich über der verlangten Menge ($4 \text{ kg}/\text{Einwohner}$) liegt. (11)

Die geforderten Behandlungsquoten für die Kühltruhe finden sich im Anhang 3 der EAG-VO (diese Seite liegt der Arbeit in Anhang II bei) und decken sich mit den von der EU verlangten Werten. Es muss eine Recyclingquote von 75 Gew.-% und eine Verwertungsquote von 80 Gew.-% erreicht werden. (2)

3.3 Deutschland

In Deutschland wird der Umgang mit Abfällen, durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/ AbfG) (12) vorgeschrieben. Es ist mit 27. September 1994 in Kraft getreten und wurde mit dem 11. August 2010 auf den letzten Stand gebracht. Am 30. März 2011 wurde ein „Entwurf eines Gesetzes zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts“ vom Bundestag beschlossen (13). Seit diesem Entwurf wurde die ursprünglich dreistufige Abfallhierarchie (Vermeidung, Verwertung, Beseitigung) durch die in der EU-Richtlinie vorgeschriebene fünfstufige Hierarchie ersetzt (vgl. Abbildung 6).

Das KrW-/ AbfG wird durch viele spezifische Verordnungen (z.B. Verpackungsverordnung, Deponieverordnung) ergänzt, um alle Wirtschaftsbereiche vollständig und konkret zu behandeln. (12)

Mit dem „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten“ (ElektroG) (14) wird die umweltfreundliche Behandlung und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten sichergestellt. Das ElektroG ist am 16. März 2005 in Kraft getreten und wurde am 11. August 2010 zuletzt geändert. Mit diesem Gesetz werden, vergleichbar der EAG-VO in Österreich die Ziele der WEEE- und RoHS- Richtlinie verständlich umgesetzt.

Neben der Vorgabe, 4 kg pro Jahr und Einwohner an Elektro- und Elektronikgeräten zu sammeln und die Geräte mit dem vorgeschriebenen Zeichen zu versehen, fällt nach deutschem Gesetz laut Anhang I auch die Truhe unter „Haushaltsgroßgeräte“ (Große Kühlgeräte).

Unter §12 Verwertung im ElektroG finden sich die geforderten Quoten für die Behandlung großer Kühlgeräte. Sie unterscheiden sich nicht von der EU vorgelegten Richtlinie und sagen aus, dass eine Recyclingquote von 75 Gew.-%, sowie eine Verwertungsquote von 80 Gew.-% erreicht werden muss. (14)

3.4 USA

Die Environmental Protection Agency (EPA) kümmert sich in den USA um die Entsorgung der Elektroaltgeräte und die Einhaltung der Gesetze. Gemeinsam mit dem ENERGY STAR-label sind die Rahmenbedingungen für das Kühltruhenrecycling festgelegt.

3.4.1 Environmental Protection Agency

Die EPA hat im Oktober 2009 durch die Einführung von RAD (Responsible Appliance Disposal) damit begonnen, die Ozonschichtbelastungen und die Emissionen von Treibhausgasen zu verringern. Das RAD-program stellt sicher, dass seine Partner die Schadstoffe aus den Elektroaltgeräten nach Stand der Technik (best practices) entfernen. Die Voraussetzungen, um das RAD-program zu erfüllen, sind wie folgt:

- Das Kühlmittel muss vor der Zerkleinerung aus der Kühleinheit entfernt und entweder zur Wiederverwendung gespeichert oder zerstört werden,
- der Füllschaum muss herausgeholt und zerstört werden,
- Metalle, Plastik und Glas müssen recycelt werden,
- PCBs, Quecksilber und Öl müssen entfernt und adäquat entsorgt werden.

Die EPA wirkt in diesem Fall als technische Verwaltungsstelle für die Überprüfung und Anwendung des RAD-programs. Sie liefert eine Aufschlüsselung der jährlich anfallenden ozonschädlichen Stoffe (ODS, Ozone Depleting Substances) und Emissionswerte der Treibhausgase (GHG, greenhouse gasses). Die Partner des RAD-programs werden dann in Form einer Gegenüberstellung dieser Werte mit den eingesparten Emissionen und Kosten belohnt. Diese Ergebnisse werden in Form von Berichten in der Presse, eigenen Broschüren, und speziellen Auszeichnungen der Öffentlichkeit präsentiert. (15)

Das amerikanische Gesetz (federal law¹) fordert zwei bestimmte Punkte:

1. Das gesamte Kühlmittel muss vor der Zerlegung oder Behandlung entfernt werden (40CFR² Part 82 Subpart F) und
2. universal waste³, Öle und PCBs müssen entsprechend behandelt und gelagert werden (40CFR Part 273, 279, 761).

Die jeweiligen Bundesstaaten können zusätzliche Bestimmungen vorschreiben. Der Staat Kalifornien hat 2006 ein Gesetz erlassen, dass nur vom Staat zertifizierte Unternehmen Stoffe wie Quecksilber, Öle und PCBs behandeln dürfen. Derzeit gibt es aber noch kein Gesetz innerhalb der USA, welches vorschreibt, dass PU-Schaum aufbereitet werden muss, obwohl dieser bei alten Haushaltskühlschränken die größte Quelle der ODS und GHGs darstellt. (15)

3.4.2 ENERGY STAR

Um umweltfreundliche Produkte in den USA zu kennzeichnen, wurde das ENERGY STAR-label (vgl. Abbildung 8) in den Staaten etabliert. Hiermit soll die Belastung der Umwelt durch Treibhausgase und andere schädliche Emissionen verringert sowie die aufgebrachte Energie so effizient als möglich genutzt werden. Weiters soll es den Verbrauchern ermöglichen, umweltfreundliche Produkte sofort als solche identifizieren zu können.

¹ Federal Law bezeichnet das landesübergreifende Gesetz, welches in allen Bundesstaaten Gültigkeit hat

² Code of Federal Regulations of the United States, Bundesstaaten übergreifende Vorschriften

³ (Abfall, der nicht als gefährlich bezeichnet ist, jedoch am Austreten in die Umwelt gehindert werden muss [z.B.: Quecksilber])



Abbildung 8: ENERGY STAR-label

Damit ein Produkt das ENERGY STAR-label erhält, muss es sechs bestimmte Voraussetzungen erfüllen:

- Die Produktkategorie muss zu einem signifikanten Teil zur Energieeinsparung beitragen können (kleine Stückzahlen mit großer Einsparung, große Stückzahlen mit kleiner Einsparung),
- die Produkte müssen den Verbraucherwünschen und dem Komfortbedarf bei erhöhter Energieeffizienz entsprechen,
- falls das Produkt im Verkauf mehr als ein nicht zertifiziertes Produkt kostet, müssen sich die Mehrkosten innerhalb einer realistischen Zeitspanne durch Energieeinsparungen wieder gerechnet haben,
- die Energieeffizienz muss durch eine für alle zugängliche und offene Technologie erreicht werden,
- die Einsparungen und die Produktleistung können gemessen und durch Tests bestätigt werden,
- das Label muss das Produkt offensichtlich von den anderen Produkten abheben.

Durch Weiterentwicklungen der Technologien, des Marktes oder anderer auftretender Änderungen wird das Label kontinuierlich angepasst, um über lange Zeit als Zeichen für die effizientesten Produkte zu stehen. (16)

Im amerikanischen Recht steht zwar geschrieben, dass die Kühlfüssigkeiten und schädlichen Stoffe entfernt und behandelt werden müssen, die Kooperationspartner im RAD-program müssen den PU-Schaum und Wertstoffe gewinnen. Produkte, die mit dem ENERGY STAR-label versehen sind, müssen besonderes Augenmerk auf Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz legen, jedoch finden sich nirgendwo geforderte Quoten bzgl. der Recyclierbarkeit und thermischen Verwertbarkeit.

3.5 China

Alle im chinesischen Recht vorhandenen Gesetze zu diesem Thema sind noch sehr jung. Das Gesetz: „Measures for the control of pollution from electronic information products“ (Maßnahmen zur Kontrolle der Schadstoffbelastungen von elektronischen Produkten der Informationstechnologie) wurde 1995 erlassen. Dieses Gesetz ist nur eine ungefähre Niederschrift mit keinen detaillierten Bestimmungen. Nach einer Revision im Jahre 2004 zielt es auf eine Standardisierung von WEEE Recyclingprozessen und eine Verringerung versteckter Umweltbelastungen ab. Durch den Fokus auf Elektronikgeräte der Informationstechnologie treffen viele Bestimmungen nicht auf Kühlgeräte zu.

Neben diesem Gesetz existieren noch drei andere Gesetze, welche in den folgenden Punkten behandelt werden. (17)

3.5.1 The circular economy promotion law of the People's Republic of China¹

Das Gesetz wurde am 29. August 2008 von der „Standing Committee of the National People's Congress“ erlassen und ist mit 1. Jänner 2009 in Kraft getreten.

Diese Regelung fördert die Kreislaufwirtschaft im Land und ein nachhaltiges Wirtschaften. Fokus liegt bei den Produzenten, welche die Verantwortung für die Behandlung und Verwertung übernehmen müssen. Damit sollen die Erzeuger zur Herstellung von leicht recyclebaren Produkten ermuntert werden.

Es beinhaltet weiter, dass ein „compulsory recycling catalogue“² erstellt werden muss, in dem die Voraussetzungen für das Recycling der einzelnen Produkte aufgelistet sind. In diesem Katalog sind unter anderem auch Klimaanlage, Kühlgeräte, Waschmaschinen, PCs und TV-Geräte enthalten.

Weiters besagt das Gesetz auch, dass Second-Hand-Märkte zertifiziert, eingeschränkt und standardisiert werden sollen und dass das Auseinandernehmen sowie die Wiederverwendung der WEEEs nur von qualifizierten Unternehmen durchgeführt werden darf. (17)

¹ „Gesetz zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft in China“

² Verpflichtender Recycling Katalog

3.5.2 Administrative measures for the prevention and control of environmental pollution by electronic waste¹

Das Gesetz wurde im September 2007 von der "Environmental Protection Administration" erlassen und ist mit 1. Februar 2008 in Kraft getreten.

Diese ordnungsrechtlichen Maßnahmen dienen der Vereinheitlichung von Verhaltensweisen zur Erzeugung, Verwendung, Zerlegung, Lagerung und Beseitigung elektronischer Altgeräte und sollen die Umweltbelastungen durch diese Geräte verhindern und kontrollieren.

Die Maßnahmen machen die Hersteller, Importeure und Verkäufer erstmals für das Recycling verantwortlich, wobei jegliche Missachtung mit einer Geldstrafe geahndet wird. (17)

3.5.3 The regulations on the administration of the recovery and disposal of waste electrical and electronic products²

Diese Bestimmungen wurden von der "State Council" am 25. Februar 2009 erlassen und sind am 1. Jänner 2011 in Kraft getreten, um die Rückgewinnung und die Entsorgung von WEEEs zu regulieren und um ein funktionierendes Abfallwirtschaftssystem aufzubauen.

Umgesetzt wird dieses Vorhaben durch sogenanntes „multi-channel recovery“. Ein System, bei dem Entsorgungsunternehmen und staatliche Recycling Methoden eng zusammen arbeiten. Das multi-channel recovery bietet zum Beispiel derzeit Möglichkeiten Altgeräte abholen zu lassen, in neue einzutauschen („Old for New“), Reparaturreinrichtungen und Stadtabfallrecycling.

Um diese neuen Recyclingsysteme im Land zu etablieren, wurde eine zwei-jährige Vorbereitungszeit eingeräumt, die mit Jänner 2011 ausgelaufen ist. Während dieser Zeit galt es, die neuen Bestimmungen bekannt zu machen, den Recycling Katalog zu vervollständigen und den Herstellern, Verkäufern und Entsorgern ausreichend Know-how zu vermitteln.

Dieses Gesetz beinhaltet auch die von der „Standardization Administration of the People's Republic of China“ herausgegebenen Werte der minimalen und gewünschten Verwertungsquoten. Es wird von einer „Recoverability rate“ gesprochen, was im europäischen Raum der Verwertungsquote entspricht. (18) Nach dieser Liste beträgt die minimal geforderte Verwertbarkeit eines Kühlgeräts in China 85 Gew.-% und die gewünschte Verwertbarkeit 88 Gew.-%. (17)

¹ Ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Vermeidung und Kontrolle von Umweltbelastungen durch Elektro- und Elektronikaltgeräten

² Bestimmungen der Administration zum Recycling und der Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten

4 Derzeitiger Recycling Ist-Stand

Das derzeitige Vorgehen beim Kühltruhenrecycling soll hier anhand des Beispiels der AVE Österreich GmbH, einem der größten Entsorgungsunternehmen Österreichs, erläutert werden. Von den jährlich, in Österreich anfallenden, 320.000 Kühlgeräten werden ca. ein Drittel bei der AVE behandelt. Hauptsächlich werden am Standort in Timelkam Haushaltskühlchränke behandelt. Truhen der Größe, wie sie die AHT herstellt, fallen bei der AVE etwa 5.000 Stück/a an.

Die Kühltruhe wird am Gelände der AVE ohne Glasdeckplatten angeliefert, diese werden bereits vor dem Transport der stofflichen Verwertung zugeführt. Aus Kühleinheit wird zuerst, mit Hilfe einer Unterdruckzange, die Kühlflüssigkeit abgesaugt, welche getrennt gesammelt und energetisch verwertet wird. Danach wird der Kompressor ausgebaut, da dieser eine sehr reine Eisenfraktion darstellt. Von Hand wird die Truhe mit speziellen Schneidgeräten zerkleinert und die Eisen-Versteifungsschiene ausgebaut, einerseits um die Schneidmühlen vor übermäßigem Verschleiß zu schützen und um einen weiteren schweren Metallteil besonders rein zu gewinnen. Die nach der Vorzerkleinerung in vier Teile geteilte Truhe, wird in eine geschlossene Schneidmühle eingebracht. Durch die mit Unterdruck betriebene Mühle kann sichergestellt werden, dass keine Stäube oder schädliche Gase in die Umwelt gelangen. Während des gesamten Recyclingprozesses fällt 1 Gew.-% an Stäuben und Kleinstteilen an, welche gesammelt und thermisch verwertet werden.

Nach der Zerkleinerung wird zwischen drei Stofffraktionen unterschieden, die in Abbildung 9 dargestellt sind.

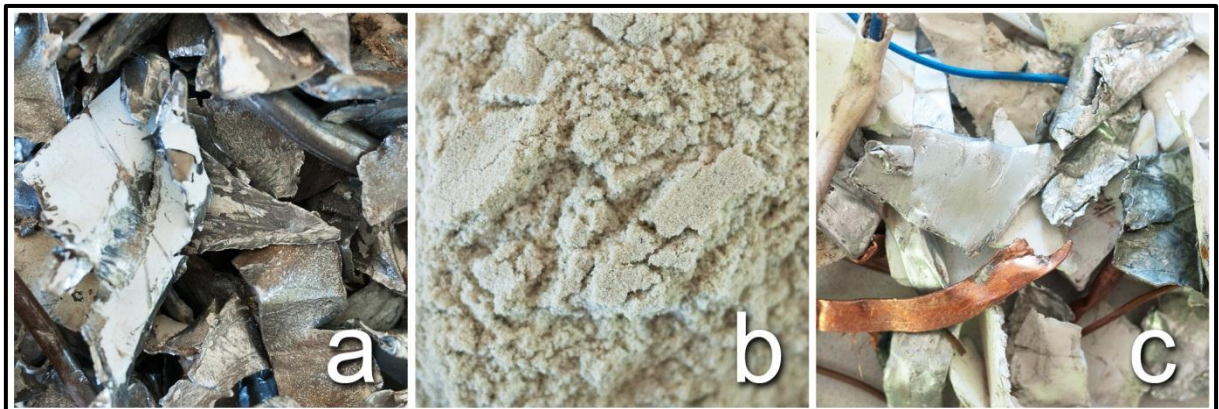


Abbildung 9: Fraktionen der Kühlschrankaufbereitung: a) Eisen, b) PU-Schaum, c) Kunststoff- und Nichteisenmetallmischung

Das Eisen wird mittels Magnetabscheidern vom Rest der Shredderfraktion abgetrennt und kann Stahlwerken zur Wiedereinschmelzung verkauft werden.

Der PU-Schaum (Montageschaum auf Polyurethanbasis) wird in Silos bei ca. 70 °C zum Ausgasen der FCKWs gezwungen. Dieser Vorgang wird als Matrixentgasung bezeichnet. Danach werden die Partikel zu feinem Mehl vermahlen und damit stofflich aufbereitet. Dieses

Pulver wird als ÖKOPUR bezeichnet und kann ebenfalls vertrieben werden. Die Feuerwehr setzt es zum Beispiel als Ölbindemittel ein.

Die Kunststoff- und Nichteisenmetallmischung wird von einem externen Betrieb stofflich weiter behandelt. Es entstehen daraus drei weitere Fraktionen, welche in Abbildung 10 dargestellt sind.



Abbildung 10: Fraktionen aus der Aufbereitung der Kunststoffnichteisenmetallmischung: a) Aluminium, b) Kupfer, c) Kunststoffgranulat

Das bedeutet, dass bei einem klassischen Kühlschrankrecyclingprozess folgende Fraktionen anfallen: Eisen, PU-R Pulver (ÖKOPUR), Aluminium, Kupfer und Kunststoffgranulat. (19)

5 Truhenbeschreibung

Dieser Abschnitt beschreibt den Typ und den Aufbau des untersuchten Truhenmodells, vergleicht es mit den anderen von der AHT angebotenen Truhentypen und beschreibt in welchem Zustand die Truhe für die Zerlegung angeliefert wurde.

5.1 Athen XL ECO 210 AD

Die „Athen XL ECO 210 AD“ ist aktuell das größte und am weitesten entwickelte Modell der Produktpalette der AHT. Es weist einen Bruttoinhalt von 1.177 dm³ und ein Bruttogewicht von 164 kg (inklusive der Verpackung und prozessbedingter Inneneinrichtung) auf.

Die Bezeichnung der Truhe beinhaltet wichtige Informationen zur Ausstattung. „Athen XL“ ist die Bezeichnung für die Produktkategorie, wobei das XL, verglichen mit anderen Truhentypen, für größeren Bruttoinhalt bei gleichen Abmessungen steht. „ECO“ bezeichnet die Verwendung von optimierter Technologie und Konstruktion. In weiterer Folge bedeutet das, dass der Innenraum mit einer Kombination aus Kunststoffwanne und Aluminiumwänden, statt komplett aus Aluminium, ausgeführt ist. Wie in Abbildung 11 zu erkennen ist, steht die Nummer „210“ für die Länge des Geräts in cm, wodurch die Größe des Produkts sofort erkannt werden kann. Das Gerät verfügt über eine automatische Enteisung, weshalb es mit AD gekennzeichnet ist. Hiermit wird ermöglicht, bei voller gefrorener Beladung die Innenwände zyklisch abzutauen, ohne dabei die Ware hohen Temperaturschwankungen auszusetzen. Das abgetaute Wasser wird über die Abtropfrinnen in den Maschinenraum geleitet und dort verdunstet.

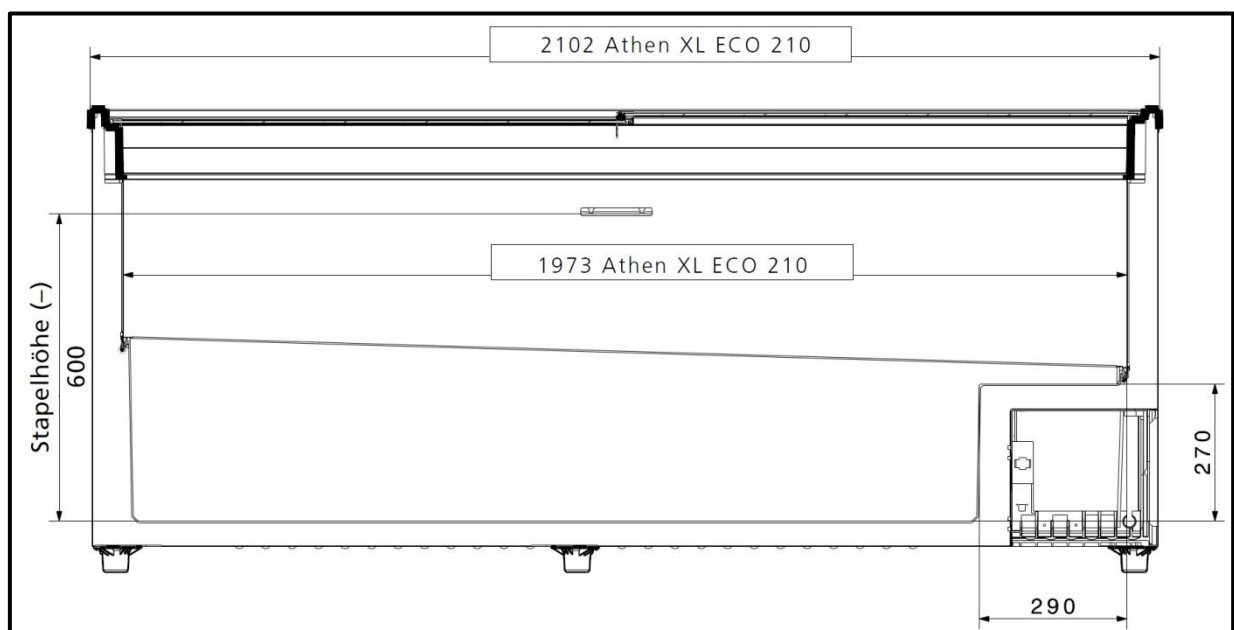


Abbildung 11: Abmessungen der Athen XL ECO 210 AD VS (20)

Alle Geräte der AHT sind frei von FKW, FCKW, PCB, PCT, Asbest, Formaldehyd, Cadmium und benetzungstörenden Substanzen. (21)

Als Kältemittel wird Propangas (R290, C₃H₈) verwendet, welches im Kühlkreislauf bei ca. 30 bar kondensiert und verdampft wird. Im untersuchten Modell werden zum Betrieb 110 g benötigt.

Das gesamte Datenblatt mit der Produktbeschreibung für die Athen XL ECO 210 AD befindet sich in Anhang III.

5.2 Vergleich mit den anderen Modellen

Es treten schon innerhalb der einzelnen Truhentypen (siehe Abbildung 12) viele unterschiedliche Produktausführungen auf.

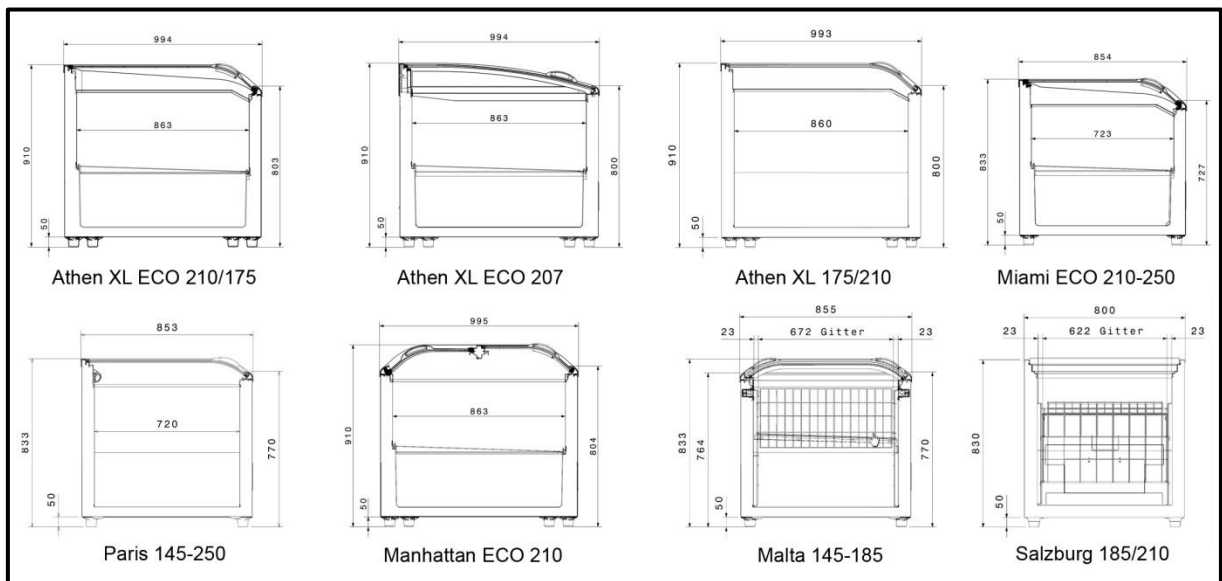


Abbildung 12: Vergleich des Kühltruhen sortiments (20)

Jede Produktkategorie bietet, die Truhenlänge betreffend, unterschiedliche Ausführungen. Diese kann von 145 cm bis 250 cm schwanken und liefert den entscheidendsten Teil der quotenverändernden Parameter. Ein größerer Truhenkörper steigert den prozentuellen Anteil der volumen- und flächenbezogenen Materialien gegenüber nahezu gleichbleibenden maschinellen Einrichtungen.

Die Athen XL ECO, Athen XL und Paris werden sowohl mit dem Kältemittel R290 als auch mit R404A gebaut, die Modelle Miami ECO und Manhattan nur mit R290 und die Modelle Malta und Salzburg nur mit R404A. Die Unterschiede in der Wahl des Kältemittels beeinträchtigen den Truhenvergleich zur Berechnung der Quoten nur minimal, da das Gewicht des Kältemittels nur etwa 0,1 % des Gesamtgewichts ausmacht. Aus ökologischer Sicht ist die Verwendung von R290 eindeutig vorzuziehen, da die Umweltbelastung durch das Kältemittel ca. 1000-fach geringer ist.

Bei allen Modellen außer Malta und Manhattan gibt es unterschiedliche Bauweisen, je nachdem wie sie im Supermarkt aufgestellt werden sollen. Wenn zum Beispiel mehrere Truhen in einer Gruppe aufgestellt werden, gibt es für alle anderen Modelle eine Ausführung

als „Kopfgerät“, welche einen optisch ansprechenden Abschluss einer Tiefkühlinsel ermöglicht. Die Materialkombination ist nach wie vor dieselbe wie die der „Reihengeräte“, allein die Form ist angepasst.

Beim Vergleich der einzelnen Truhenkategorien untereinander (siehe Abbildung 12) sind die Formunterschiede am auffälligsten. Es gibt erneut Unterschiede innerhalb der Produktkategorie, wie zum Beispiel bei der Athen XL ECO, das Modell mit 207 cm Länge weist im Vergleich zu den Modellen mit 175 und 210 cm Länge eine andere Form auf. In der Abbildung 12 ist weiters ersichtlich, dass die Truhenmodelle mit der „ECO“ Bezeichnung eine andere Innenbehälterform aufweisen, was auf die Verwendung der Kunststoffwanne zurückzuführen ist. Bei allen Modellen werden Glasfenster, Stahlblechhüllen und FKW- und FCKW-freie PU Schäume verwendet.

Neben der Größenunterschiede innerhalb der Kategorien und den ECO Ausführungen, bei denen die Kunststoffwanne den Kunststoffgehalt der Truhe massebezogen erhöht und den Aluminiumgehalt senkt, sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten so gering, dass ein Vergleich der Anderen mit der hier behandelten Truhe, bezogen auf die Behandlungsquoten, gemacht werden kann.

5.3 Lieferzustand

Für die Untersuchung im Rahmen dieser Masterarbeit wurde die Athen XL ECO 210 AD vor ihrer offiziellen Produktveröffentlichung bereitgestellt und wies einige Unterschiede zum marktfertigen Produkt auf:

Das angebrachte Typenschild bezeichnete die Truhe als „Athen210 XL (U)AD“ was der Bezeichnung des Vorgängermodells entspricht. Trotz der fehlerhaften Bezeichnung handelte es sich um das ECO Modell, da die Kunststoffwanne bereits eingebaut war. Die mitgelieferten Glasdeckplatten entsprachen nicht den original zugehörigen, sie waren jedoch fast passgenau und bezogen auf Größe und Gewicht vergleichbar. Das Kühlmittel wurde der gelieferten Truhe schon am Firmengelände, aufgrund der Arbeitssicherheit und der dort vorhandenen Möglichkeiten, entfernt.

Die Truhe befand sich, bis auf diese Unterschiede, im Neuzustand und wurde komplett in der Originalverpackung mit Verpackungsmaterial, Bedienungsanleitung und Zubehörteilen (wie z.B.: Warengitter) für die Untersuchung bereitgestellt.

6 Praktischer Teil

Der praktische Teil der Arbeit erläutert die einzelnen Arbeitsschritte, die zur Bestimmung der gesuchten Wiederverwendungs-, Recycling- und Verwertungsquote notwendig sind. Dies beinhaltet die Entwicklung eines Vorkonzepts zur Demontage der Kühltruhe, die Demontage an sich, das Erstellen einer Stoffstromanalyse mittels der Software „STAN“, das Aufstellen einer Massenbilanz, die Gegenüberstellung von möglichen Erlösen und Behandlungskosten sowie schlussendlich die Berechnung der Behandlungsquoten.

6.1 Entwicklung eines Vorkonzepts zur Demontage

Die angelieferte Athen XL ECO 210 AD wurde für ihre Demontage in vier Systeme eingeteilt. Diese Systeme wurden örtlich gewählt, um eine rasche Zuteilung der Einzelteile zu ermöglichen.

Wie in Abbildung 13 ersichtlich handelt, es sich bei diesen Systemen um die Verpackung, das Truhenzubehör, den Truhenkörper und den elektrischen Teil. Die Nummerierung der Systeme bleibt über die gesamten Arbeitsschritte unverändert und soll die Übersichtlichkeit der Teilbereiche unterstützen. Die Verpackung bildet ein eigenes System, da der Abfall der Einzelteile zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt wie der Rest anfällt. Die anderen Teile werden bei der Demontage getrennt und bilden somit auch eigene Systeme.

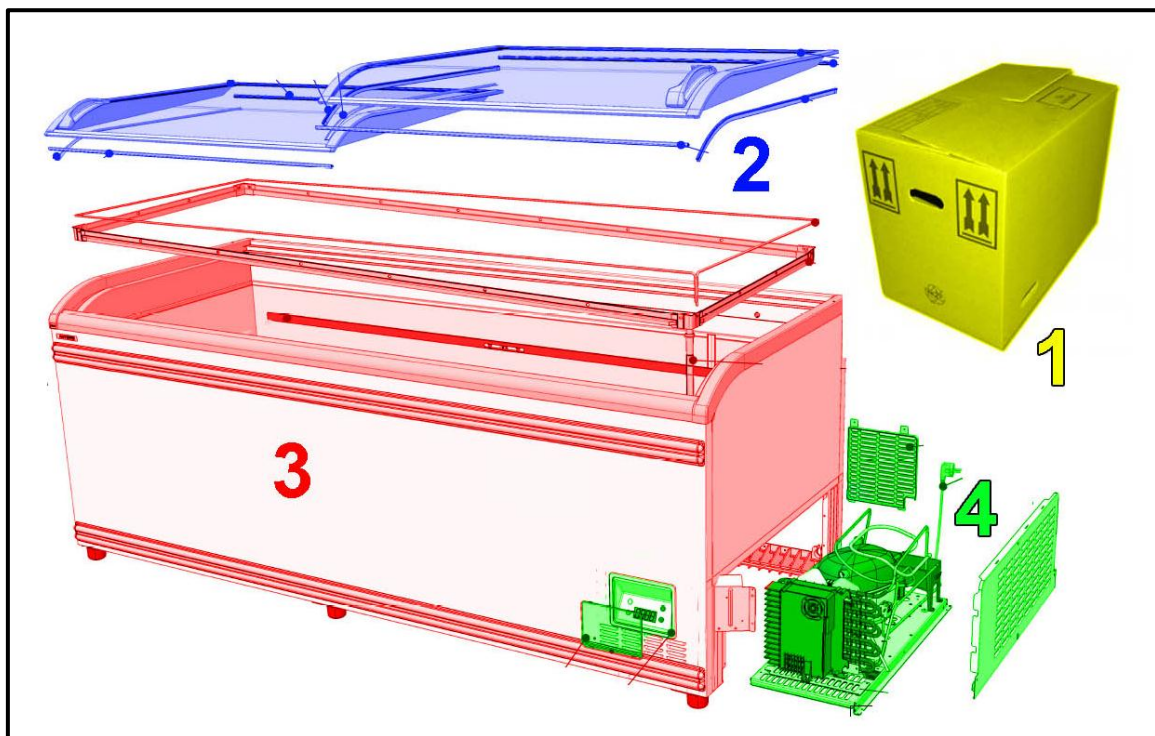


Abbildung 13: Einteilung der Truhe in Systeme: „1 Verpackung“, „2 Truhenzubehör“, „3 Truhenkörper“, „4 elektrischer Teil“

Das System 1 Verpackung, beinhaltet, wie in Abbildung 14 ersichtlich, die bei der Anlieferung umgebenden Schutzmaterialien, welche zum sicheren Transport der Truhe

notwendig sind. Sie werden für den Betrieb des Geräts nicht benötigt und werden im Normalfall gleich nach der Aufstellung des Geräts entsorgt. Das System 1 Verpackung besteht zu einem großen Massenanteil aus Karton, Polystyrol und Kunststoffolie.

Die Nummern innerhalb der folgenden Abbildungen stehen für Beispiele einzelner Bauteile der Systeme und sind nicht vollständig abgebildet. Die Größenunterschiede und die Anzahl der Teile sind zu hoch um sie einzeln sinnvoll darzustellen und beschreiben zu können.

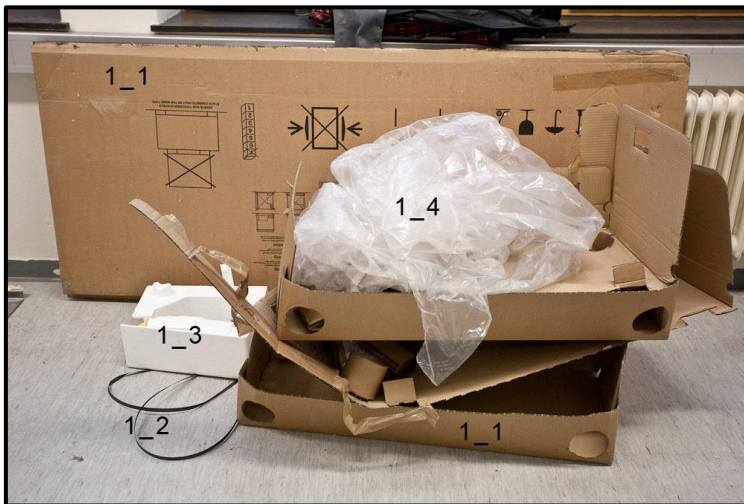


Abbildung 14: Truhensystem: 1 Verpackung mit den Bauteilen: 1_1 Verpackungskarton, 1_2 PP-Umreifband, 1_3 Styroporpolster, 1_4 Verpackungsfolie

Das System 2 Truhenzubehör, welches gesondert untersucht wird, besteht, wie in Abbildung 15 ersichtlich, aus leicht entfernbaren nicht fest mit der Truhe verbundenen Teilen. Es beinhaltet die Gittereinbauten, Aluminiumluftleitbleche und auch die Glasdeckplatten, welche sehr leicht, durch Herausheben aus der Leitschiene, zu entfernen sind. Weiters sind die Kunststofffüße inkludiert, da diese im Vorhinein abmontiert werden mussten, um die Truhe in den Versuchsraum zu befördern. Zu 2 Truhenzubehör wird auch noch die Betriebs- und Wartungsanleitung sowie der Kunststoffeisschaber gezählt.

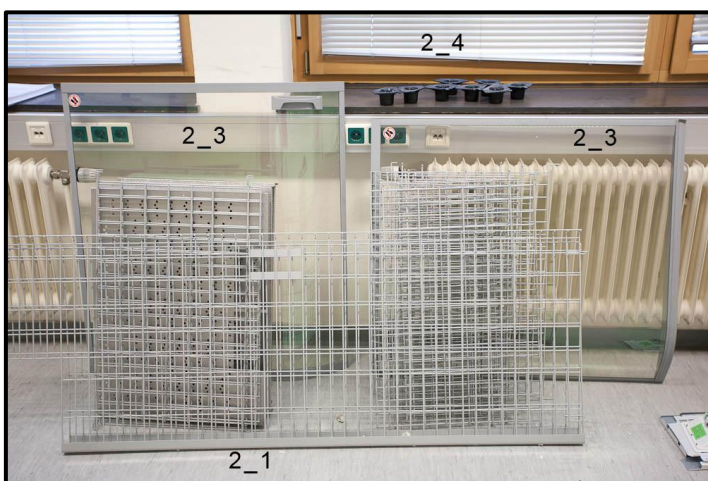


Abbildung 15: Truhensystem: 2 Truhenzubehör u.a. mit den Bauteilen: 2_1 Warengitter, 2_3 Glasdeckplatten, 2_4 Gleitfüße

Das System 3 Truhenkörper (vgl. Abbildung 16) besteht volumenbezogen zum größten Teil aus PU-Schaum, welcher die innenliegenden Kühlrohre und außenliegenden Verdampferrohre umschließt. Der PU-Schaum ist außen von einer Stahlblechschicht und innen mit einer Kombination aus Aluminium und Kunststoff umgeben. Zum Körper gehört auch die aus Eisen bestehende massenmäßig sehr große Versteifungsschiene. Der Truhenkörper ist sowohl auf das Volumen als auch auf die Masse bezogen das größte System.



Abbildung 16: Truhenkörper: 3 Truhenkörper

Das System 4 elektrischer Teil beinhaltet alle zum Betrieb der Truhe benötigten elektrischen Gerätschaften. Wie in Abbildung 17 zu erkennen ist, besteht das System hauptsächlich aus metallischen Bauteilen, wobei der Kompressor einer der eisenreichsten und der am leichtesten zu verwertende Teil der Truhe ist. (19)

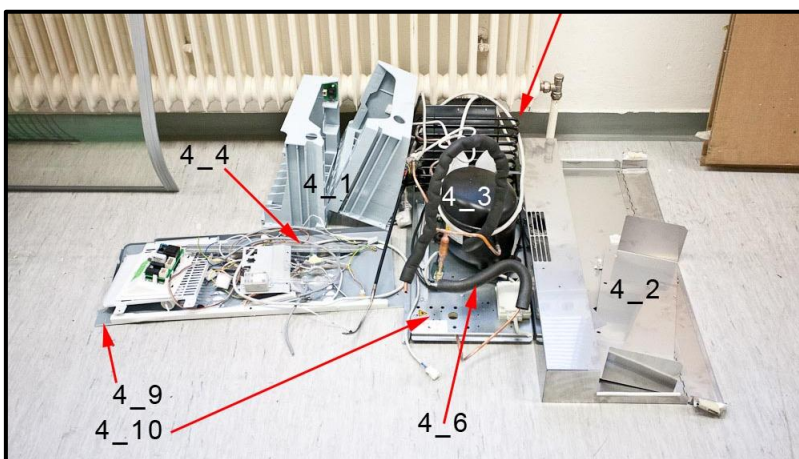


Abbildung 17: Truhenkörper: 4 elektrischer Teil u.a. mit den Bauteilen: 4_1 Aggregatauflage hellblau, 4_2 Kühlraumlüftung, 4_3 Kompressor, 4_4 Kabel und Stecker, 4_6 Isolierschlauch, 4_9 lackiertes Blech, 4_10 feuer- und spritzverzinkte Bleche

Zum elektrischen Teil gehören auch die Innenraumbelüftung, das Steuerungspanel mit Transformator, die für den elektrischen Betrieb notwendigen Kabel, die Verdunstungsschale und das beginnende Rohrsystem mit dem Kondensator.

Jeder Einzelteil, der im Rahmen der Zerlegung angefallen ist, wurde mit einer Nummer versehen. So kann jeder Bauteil, auf eine Nummer reduziert betrachtet werden ohne, dass es zu Verwechslungen kommt. Die Bezeichnung setzt sich aus der Nummer des Systems (z.B. 2 für Truhenzubehör) und einer fortlaufenden Nummerierung zusammen. Gemeinsam mit einer wörtlichen Bezeichnung, ähnlich der Liste der Bauteile von AHT, kann so jedem Teil eine Reihe von Parametern zugewiesen werden, die für die Berechnung der Behandlungsquoten notwendig sind. Die detaillierte Beschreibung der Nummerierung ist in Kapitel 7.3.1 „Umwandlung der Daten“ dargestellt.

Die Parameter sind, wie in Tabelle 2 ersichtlich, neben der Nummerierung und der Bezeichnung der Einzelteile, mit einer Einteilung in die Stoffklasse, einem Kommentar für etwaige Verunreinigungen sowie dem Gewicht des Bauteils versehen.

Tabelle 2: Einteilung der Materialien während der Demontage am Beispiel „Warengitter“ des Systems „2 Truhenzubehör“

Nummer	Bezeichnung	Material	Verunreinigung	Gewicht [g]
2_1	Warengitter Trenngitter	pulverbeschichteter Stahldraht	lackiert	29.719

6.2 Demontage der Truhe

Die Zerlegung der gesamten Kühltruhe erfolgte ausschließlich manuell, um mögliche Schwierigkeiten im Rahmen der Demontage erkennen zu können und alle Truhenbestandteile separat erfassen zu können und ist nicht mit einer maschinellen Zerlegung, wie es in Österreich normalerweise durchgeführt wird, zu vergleichen.

Die Demontage wurde nach den erarbeiteten Vorgaben des Vorkonzepts durchgeführt und begann mit der Entfernung der Verpackungsmaterialien und des gesamten Truhenzubehörs. Die Kunststofffüße wurden schon vor Beginn der Demontage der Truhe gelöst.

Die geklebten Stoßschutzleisten konnten rückstandsfrei von der Außenhülle abgezogen werden. Geringfügigere Schwierigkeiten bereitete die Innenraumbelüftung (siehe Abbildung 18), welche durch die von der Produktion schon abgenutzten Schrauben relativ schwer zu demontieren war. Die Kabel der Innenraumbelüftung wurden in den elektrischen Teil durchgezogen.



Abbildung 18: Verschraubung der Innenraumbelüftung

Um die Lade des elektrischen Teils herauszuziehen, wurden, mittels eines Trennschleifers, alle abgehenden Kabel und Rohrleitungen abgetrennt. So war es in kurzer Zeit möglich, die gesamte elektrische Einheit inklusive dem Input-Panel aus der Truhe zu entfernen. Die gesamte elektrische Einheit ist durchgehend verschraubt und war somit leicht in ihre Einzelteile zerlegbar.

Die Verschraubungen am Truhenkörper mussten mit dem Trennschleifer aufgetrennt werden, da diese produktionsbedingt innen lagen. Wie in Abbildung 19 zu erkennen ist, ließen sich die Bleche relativ leicht vom PU-Schaumkorpus trennen und der Materialmix von Verdampferrohren, Wärmeleitpaste, Klebeband, PU-Schaum und Stahlblech ist sehr gut sichtbar.



Abbildung 19: Abheben der äußeren Stahlblechhülle

Nachdem die Bleche abgehoben waren, wurden die außen liegenden Wärmetauscherrohre inklusive der Wärmeleitpaste aus dem PU-Schaum entfernt und hinterließen einen fast reinen PU-Schaum Körper (vgl. Abbildung 20), welcher nur mehr von der Stahlversteifungsschiene durchzogen war. Die oberen Kunststoffleisten erwiesen sich als die am aufwändigsten zu zerlegenden Bauteile der gesamten Truhe. Nur mit viel Aufwand gelang ein Abtrennen vom restlichen Truhenkörper. Mit einem ausreichend großen Trennschleifer oder einer Hydraulikschere könnten diese Leisten viel einfacher abgelöst werden.



Abbildung 20: PU-Schaum Körper

Die Aluminiuminnenwand und die Kunststoffwanne wurden analog zu den Außenblechen vom Korpus abgezogen. Die inneren Kühlrohre wurden herausgezogen und anschließend die gesamte PU-Schaum Form zerkleinert.

Jedes ausgebaute Einzelteil wurde den Systemen zugeteilt, nummeriert und beschriftet. Die gesamte Liste findet sich in Anhang IV.

6.3 Wiegen der Einzelteile

Zur Bestimmung der Masse der Einzelteile wurde eine Sartorius ISI 10 / FD 150 IGG-S Waage verwendet mit einem Wiegebereich von 150 kg, einer Genauigkeit von 1 g und einer Standardabweichung von $\leq \pm 1$ g. Vor dem Wiegen wurde die Waage mittels der eingebauten Wasserwaage genau austariert und im Laufe des gesamten Ablaufs darauf geachtet, dass keine Verschiebung der Waage nach dem Ausgleichen stattfindet. Bei allen Einzelteilen wurde während des Wiegens auf eine mittige und gleichmäßige Ausrichtung der Bestandteile wertgelegt, um eine möglichst richtige Wiegung zu garantieren.

Viele Einzelteile lagen nicht in reiner Form vor, sondern waren zum Teil beschichtet. Zum Beispiel waren die Innenrohre (vgl. Abbildung 21) mit einer großen Menge von Wärmeleitpaste umgeben. Um den tatsächlichen Stoffgehalt für die verunreinigten Bestandteile bestimmen zu können, wurde eine repräsentative Probe genommen, welche zuerst inklusive der Rückstände gewogen und dann von Hand gesäubert wurde. Nach nochmaligem Wiegen des reinen Rohres konnte durch Vergleich der Massen (Formel 6.3 – 1) der äquivalente Massegehalt für den Rest der Innenrohre bestimmt werden. Für die Innenrohre ergibt sich ein Eisengehalt von 62,8 Gew.-% und ein Wärmeleitpastenrestgehalt von 37,2 Gew.-%.



Abbildung 21: Wärmeleitpaste und Kunststoffolie an den Innenrohren

$$\frac{m_{\text{rein}}}{m_{\text{gesamt}}} \times 100 = \text{Metallgehalt \%} \quad (6.3 - 1)$$

Zu weiteren häufigen Rückständen zählten PU-Schaum-Anhaftungen an Metallen und Kunststoffen (siehe Abbildung 22). Massebezogen beeinflussen die PU-Anhaftungen das Gewicht der Bauteile mit weniger als 1 Gew.-%



Abbildung 22: PU-Schaum-Anhaftungen auf Stahlplättchen

Wie in Tabelle 3 ersichtlich beläuft sich das Gesamtgewicht der Truhe inklusive aller Teile auf 180,3 kg (bei der Berechnung wurden 110 g des Propan Kältemittels nicht mit einberechnet, da die Truhe im bereitgestellten Zustand schon entleert war).

Tabelle 3: System- und Gesamtgewichte

System	Masse [kg]
1 Verpackung	9,6
2 Truhenzubehör	53,5
3 Truhenkörper	92,1
4 elektrischer Teil	25,1
Gesamt	180,3

Die firmeninterne Masse laut Typenschild beträgt 152 kg, zusammen mit den nachträglich hinzukommenden beweglichen Zubehöerteilen (ca. 29,8 kg), welche nicht mit dem System Truhenzubehör verwechselt werden dürfen, ergibt sich ein Gesamtgewicht von 181,8 kg.

Wird das berechnete Gesamtgewicht der Einzelteile mit der firmeninternen Gesamtmasse verglichen, ergibt sich eine Abweichung von weniger als 1 Gew.-%. Dieser Unterschied ist auf mehrere Gründe zurückzuführen:

Durch das Wiegen sehr vieler, sehr leichter Teile wird die Ungenauigkeit der Waage erhöht, da eine mögliche, immer vorhandene, Abweichung mit jedem gewogenen Teil einen stärkeren Einfluss auf die Gesamtsumme hat.

Bei den gewogenen Teilen der Truhe handelte es sich um ein noch nicht veröffentlichtes Produkt. Die angebrachte Plakette gibt das Gewicht der Truhe (Athen210 XL(U)AD) mit

152 kg an, das fertige Produkt (Athen XL ECO 210 (U) AD) laut Prospekt (Stand: 02/2011) (20) wiegt 153 kg. Außerdem wurde die untersuchte Truhe mit Glasdeckplatten eines älteren Modells geliefert, was auch noch für abweichende Gewichtsunterschiede verantwortlich sein könnte.

7 Erstellung der Massen- und Stoffbilanz

Die Bilanzierung der Tiefkühltruhe wird mit dem Stoffflussanalyseprogramm STAN durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein, von der TU-Wien entwickeltes Programm zur Durchführung von Stoffflussanalysen nach ÖNORM S 2096 (22) (23). Es ermöglicht die Berechnung komplizierter Stoffstromsysteme und eine grafische Darstellung der Komponenten.

7.1 Begriffsdefinitionen

STAN bietet die Möglichkeit zur Durchführung von sowohl Stoff- als auch Materialflussanalysen. Im Fall der einzelnen Bauteile der untersuchten Kühltruhe muss korrekterweise von einer Materialflussanalyse (MFA) gesprochen werden, da sowohl Stoffe als auch Güter in den Flüssen behandelt werden. Alle hier definierten Begriffe wurden der ÖNORM S 2096-1 entnommen (22):

- **Material** ist der Überbegriff von Stoffen und Gütern und bezeichnet beide gleichermaßen.
- Ein **Stoff** ist ein Material, welches aus identischen Einzelteilen besteht und entweder ein chemisches Element oder eine chemische Verbindung in reiner Form darstellt (z.B.: Eisen Fe, Propan C₃H₈, Wasser H₂O).
- Trinkwasser zum Beispiel kann nicht als Stoff bezeichnet werden, da es nicht vollständig aus H₂O besteht, sondern diverse Minerale und Spurenelemente enthält und wird daher als **Gut** bezeichnet.
- Unter **Fluss** wird die Bewegung eines Materials in Systeme hinein, aus Systemen heraus oder zwischen Prozessen bezeichnet, er wird mit der Einheit Masse pro Zeit angegeben. Ein Fluss in ein System wird als Import, aus einem System heraus als Export bezeichnet. Führt er in einen Prozess hinein oder aus einem Prozess heraus, wird er als Input oder Output bezeichnet.
- **Prozesse** sind Vorgänge der Umwandlung, des Transportes oder der Lagerung von Materialien. Diese Prozesse können ganze Anlagen oder simple Vorgänge wie eine Lagerung darstellen. Die Vorgänge innerhalb eines Prozesses werden nicht betrachtet, der Prozess wird als Black Box dargestellt. Um einen Prozess detaillierter zu beschreiben kann ein Subsystem innerhalb eines Prozesses erzeugt werden.
- Innerhalb eines Prozesses wird mit **Transferkoeffizienten** gearbeitet. Er gibt den Anteil eines in den Prozess eingeführten Materials aus, welcher in einen bestimmten Output geleitet wird. Die Summe der Transferkoeffizienten aller Outputs für ein Material muss immer 1 ergeben.
- Im Fall einer MFA, wird immer innerhalb eines **Systems** gearbeitet. Es beinhaltet eine Menge von Prozessen, welche untereinander durch Flüsse verbunden sind. Es ist durch seine Systemgrenzen definiert, welche eine zeitliche und räumliche Abgrenzung darstellen.

- Unter einer **Materialflussanalyse** wird eine Identifizierung und Quantifizierung aller relevanten Flüsse von Materialien in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System verstanden sowie eine Bilanzierung der Materialien innerhalb dieses Systems.
- Es ist auch möglich eine **Sensitivitätsanalyse** durchzuführen, welche eine Untersuchung der Änderung bestimmter Ausgangsgrößen zur Änderung von Eingangsgrößen beschreibt. Bei Eingangsgrößen kann es sich sowohl um Materialparameter als auch um Systemgrenzen oder Anfangsbedingungen handeln. Die Sensitivität beschreibt wie stark eine Veränderung der Ausgangsgröße y von einer Veränderung der Eingangsgröße x abhängig ist. Sie kann absolut,

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (7.1-1)$$

und relativ,

$$S_m(y, x) = \frac{\frac{\Delta y}{\bar{y}}}{\frac{\Delta x}{\bar{x}}} \quad (7.1-2)$$

angegeben werden. S_m wird als Sensitivitätskoeffizient bezeichnet.

7.2 Aufbau einer Materialflussanalyse in STAN

Die Erstellung einer MFA in STAN erfolgt durchgehend auf einer grafischen Oberfläche. Das Programm ermöglicht die Erstellung aufwändiger Systeme mittels sehr wenigen und einfachen Bausteinen.

Auf ein anfangs leeres Blatt werden von der Werkzeugpalette (siehe Abbildung 23) verschiedene Elemente gezogen und miteinander zu einer beliebig komplizierten Analyse verbunden. Es stehen, neben einem Auswahl- und Textfeldwerkzeug, die typischen Bausteine zur Erstellung von MFAs (Prozesse, Systemgrenzen, Bilanzfeld, Import-, Export- und Verbindungsflüsse), zur Verfügung. Die einzelnen Elemente werden per Maus miteinander verbunden und zu einem logisch funktionierenden System aufgebaut.

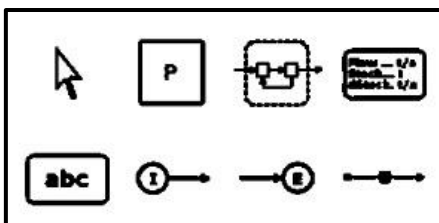


Abbildung 23: Werkzeugpalette in STAN

Alle Flüsse werden in Form von Pfeilen dargestellt, welche je nach transportierter Masse unterschiedlich breit dargestellt werden. So kann schnell erkannt werden, wo große Mengen im System anfallen. Jeder Fluss hat eine Kurzbezeichnung und einen Namen, neben diesen Eigenschaften können noch weitere Parameter wie zum Beispiel die Masse pro Zeiteinheit angegeben werden.

Die Verhältnisse und Änderungen, die in einem Prozess vor sich gehen, werden über die Transferkoeffizienten (TK) ausgedrückt. Jeder Input muss mit jedem Output über einen TK verknüpft sein. Hat ein Prozess nur einen Input und einen Output muss der TK 1 (100%) sein (sofern keine Lagerveränderung in diesem Prozess stattfindet).

In jedem Prozess kann ein Subsystem erzeugt werden, welches es ermöglicht, die einzelnen Vorgänge innerhalb des Prozesses weiter aufzuschlüsseln und zu veranschaulichen. Im Subsystem des Prozesses liegen alle Inputs als Importflüsse und alle Outputs als Exportflüsse vor. Diese Importe können nun erneut durch verschiedene andere Prozessabläufe geleitet werden, um die Exporte zu berechnen.

Sind alle Importe des Systems definiert, alle Beziehungen zwischen Inputs und Outputs vollständig angegeben und alle Flüsse verbunden, können die daraus resultierenden Exportströme, nach einer automatischen Überprüfung der Systemintegrität, berechnet werden. Sollte das System überbestimmt sein oder fehlt ein wichtiger Parameter, stellt STAN einen Fehlerbericht zur Verfügung, mit dem die fehlgeschlagene Berechnung leichter repariert werden kann.

7.3 Materialflussanalyse der Kühltruhe

In STAN wurde eine MFA zur Bestimmung der einzelnen Behandlungsquoten erstellt. Obwohl mit STAN normalerweise Analysen von dynamischen Systemen und Prozessabläufen untersucht werden, wurde im Fall der Kühltruhe diese Auswertung und Berechnung gewählt, um in diesem statischen System veränderte Parameter eingeben zu können und die daraus resultierenden Quoten sofort berechnen zu können. Obwohl nicht buchstäblich Materialströme in die Truhe hinein und wieder herausfließen, lassen sich die Berechnungen analog durchführen. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit die Quoten umgehend in grafischer Form vorliegen zu haben.

Die Truhe ist als einzelner Hauptprozess dargestellt, in welchen als Importe die Einzelteile der Truhe hinein geleitet werden. Im Subsystem des Hauptprozesses werden, mittels acht weiteren Prozessen, die TK berechnet und es führen vier Exporte heraus. Diese stellen die Behandlungsquoten der Truhe dar. In diesem Abschnitt wird die Vorgehensweise genau erläutert.

Die gesamte grafische Darstellung mit den Ergebnissen den Berechnungen der MFA befindet sich in Anhang V.

7.3.1 Umwandlung der Daten

Durch einige Einschränkungen in STAN wird Microsoft Excel 2010 als Listen- und Tabellenkalkulationsprogramm verwendet, um alle Daten in übersichtlicher Form eingeben und bearbeiten zu können.

Die im Anhang III befindliche Tabelle wurde bereits bei der Demontage der Truhe angelegt und stellt eine vollständige Liste aller Einzelteile dar. Sie dient einerseits der übersichtlichen Darstellung aller zur Verfügung stehender Informationen und andererseits bilden diese Zellen auch die Grundlage für alle weiteren Berechnungen in Excel und im Stoffflussprogramm STAN, um die verschiedenen Behandlungsquoten zu berechnen. Sie ist in vier Bereiche unterteilt, wobei jeder Bereich für ein Truhensystem steht (z.B.: 3 Truhenkörper). So wird die örtliche Trennung der Truhensysteme fortgeführt.

Wie in Tabelle 4 näher aufgezeigt, wird jeder Bauteil genau beschrieben. Anhand eines Beispiels, der Verdampferberohrung, sollen alle Eigenschaften, die in der Liste enthalten sind, erläutert werden. Die Verdampferberohrung besitzt die Nummer „3_11“, das bedeutet sie gehört zum System 3 Truhenkörper und ist der elfte Teil in diesem System. Unter der Kategorie „Material“ ist beschrieben, um welchen Stoff oder welches Gut es sich handelt. Da es sich bei den Einzelteilen sowohl um Stoffe als auch um Güter handelt, wird der Überbegriff Material verwendet. In diesem Fall ist das Material auch mit einer Prozentangabe versehen, da die Berohrung Rückstände von Wärmeleitpaste aufweist und diese Menge abgezogen wird. Das Gewicht von 3.385 g setzt sich demzufolge aus 2.126 g (62,8 Gew.-%) Aluminium und 1.259 g (37,2 Gew.-%) Wärmeleitpaste und Verpackungsklebeband zusammen. Diese Zusammensetzung spiegelt sich auch in den spezifischen Behandlungsquoten wider. Aluminium lässt sich zu 100 Gew.-% stofflich verwerten, die Wärmeleitpaste und das Klebeband finden sich nach vielen Umwandlungsprozessen in deponierbarer Hochofenschlacke aus dem Metallrecyclingprozess wieder und sind so zu 100 Gew.-% der „Rest“-Fraktion zugeteilt (19).

Tabelle 4: Parameter der Einzelteile

Nummer	Bezeichnung	Material	Rückstände	Wiederverwendung	Stoffliche Verwertung	Thermische Verwertung	Rest	Gewicht [g]
3_11	Verdampferberohrung	62,8% Aluminium	Wärmeleitpaste + Klebeband	0,0%	62,8%	0,0%	37,2%	3.385

Die Quoten der einzelnen Behandlungsmöglichkeiten sind in Gew.-% angegeben und stehen für die spezifischen Behandlungsquoten der einzelnen Materialien, die aus den Informationen eines Gesprächs mit dem Entsorgungsunternehmen AVE Österreich GmbH in Hörsching entnommen wurden (19). Die Prozentangabe in der Spalte „Rest“ steht für den Anteil der nicht mehr verwertet werden kann und beseitigt werden muss.

Zur Erlangung der spezifischen Behandlungsquoten wurden noch weiterführende Gedanken angestellt, um eine möglichst korrekte Berechnung der Quoten zu ermöglichen. Jeder Bauteil wurde nach dem Ort seines Recyclings beurteilt und die Behandlungsquoten darauf bezogen. Grundsätzlich lassen sich alle in der Kühltruhe enthaltenen Kunststoffe stofflich zu Kunststoffgranulat aufbereiten. Die Kunststoffumrahmung und Dichtungen, welche auf den Glasdeckplatten fixiert sind, werden mit den Deckplatten im Altglas entsorgt und fallen beim Glasrecycling als Störstoffe an. Sie werden somit keiner eigenen stofflichen Verwertung unterzogen und daher als „Rest“ bezeichnet. Genauso verfahren wurde mit anderen Teilen, wie zum Beispiel der Stahlaußenwand, welche lackiert ist.

In der Tabelle findet sich weiters eine Aufsummierung aller Bauteilmassen, mit welcher die einzelnen Massen der Systeme und die Gesamtmasse in Kapitel „Wiegen der Einzelteile“ 6.3 berechnet wurden.

Für eine Übertragung der Daten in STAN ist eine Umformung notwendig. Deshalb befindet sich auf dem zweiten Tabellenblatt eine Tabelle, welche die Daten aus dem ersten Blatt in eine derartige Form bringt, dass die Daten leicht in STAN übertragen werden können. Jeder Bauteil in der gesamten Excelliste hat die gleiche Kurzbezeichnung und Benennung wie in STAN. Ein dynamisch programmiertes Makro ermöglicht eine Zuteilung und Umwandlung der einzelnen Behandlungsquoten aus dem ersten Tabellenblatt. Ein Button auf der zweiten Seite startet das Makro und fügt die im ersten Tabellenblatt eingetragenen Behandlungsquoten, in Transferkoeffizienten umgewandelt, in die für STAN vorbereitete Liste ein. Dadurch, dass das Makro jedes Mal dynamisch die Tabelle untersucht und auffüllt, können auch nachträglich Änderungen in der Excelliste und im STAN System durchgeführt werden (zum Beispiel eine veränderte Sortierung der Flüsse), ohne dass ein fehlerhafter Übertrag stattfindet. Einzig muss sichergestellt werden, dass das zweite Tabellenblatt in Excel vor der Aktivierung des Makros mit der Aufzufüllenden in STAN ident ist (siehe Abbildung 24). Die Zusammenhänge mit den Transferkoeffizienten werden in einem späteren Kapitel genauer erläutert.

Prozess	Prozessname	Ein->Aus	TK (berec)	A	B	C	D	E	F
S1	Verpackung	1_1 -> VP-WV	0	25	2011 Güter	S1	Verpackung	1_1 -> VP-WV	0
S1	Verpackung	1_2 -> VP-R	0	26	2011 Güter	S1	Verpackung	1_2 -> VP-R	0
S1	Verpackung	1_2 -> VP-ST	0	27	2011 Güter	S1	Verpackung	1_2 -> VP-ST	0
S1	Verpackung	1_2 -> VP-TH	1	28	2011 Güter	S1	Verpackung	1_2 -> VP-TH	1
S1	Verpackung	1_2 -> VP-WV	0	29	2011 Güter	S1	Verpackung	1_2 -> VP-WV	0
S1	Verpackung	1_3 -> VP-R	0	30	2011 Güter	S1	Verpackung	1_3 -> VP-R	0
S1	Verpackung	1_3 -> VP-ST	0	31	2011 Güter	S1	Verpackung	1_3 -> VP-ST	0
S1	Verpackung	1_3 -> VP-TH	1	32	2011 Güter	S1	Verpackung	1_3 -> VP-TH	1
S1	Verpackung	1_3 -> VP-WV	0	33	2011 Güter	S1	Verpackung	1_3 -> VP-WV	0
S1	Verpackung	1_4 -> VP-R	0						
S1	Verpackung	1_4 -> VP-ST	0						

Abbildung 24: Übertragung der Transferkoeffizienten zwischen Excel und STAN

7.3.2 Import- und Exportflüsse

Die im Programm STAN definierten Importflüsse, welche in den Hauptprozess „Kühltruhe“ führen, stehen für die einzelnen Bauteile, die während der Demontage bestimmt wurden. Insgesamt 53 individuelle Ströme führen in den Prozess hinein. Als Beispiel wurde zur Veranschaulichung das kleinste System (1 Verpackung) gewählt (siehe Abbildung 25). Alle Einzelteile der Systeme sind in Form einer Baumstruktur zusammengefasst und besitzen neben dem eingezeichneten Gewicht und der Bezeichnung noch weitere Parameter, wie die Nummerierung und spezifische Transferkoeffizienten. Die unterschiedliche Breite der Importpfeile in der grafischen Darstellung von STAN besagt, dass die Dicke des abgebildeten Pfeiles proportional der Masse des Materials ist, welches er transportiert.

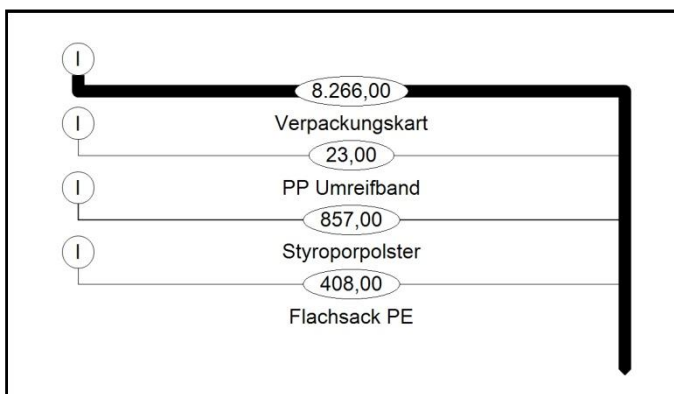


Abbildung 25: Importflüsse des Systems: 1 Verpackung

Die Exportflüsse aus dem Hauptprozess stehen für die einzelnen Behandlungsquoten. Sie besitzen keine eingegebenen Massenwerte, sondern berechnete Massenanteile, die sich dann prozentuell vergleichen lassen. Die ausgehenden Ströme sind mit den zugewiesenen Quoten bezeichnet.

7.3.3 Hauptprozess

Der Hauptprozess ist in Abbildung 26 dargestellt und bezeichnet die gesamte Kühltruhe. In diese Box gehen alle Bauteile, welche den definierten Systemen zugeteilt sind, in Form von Importe hinein und die Ergebnisse (Behandlungsquoten) als Exporte wieder nach außen.

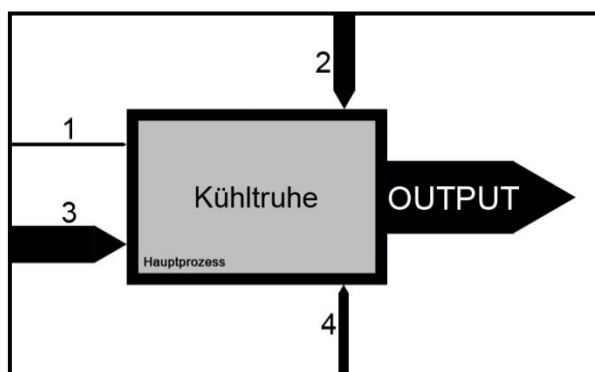


Abbildung 26: Hauptprozess „Kühltruhe“ mit den Importflüssen: 1 Verpackung, 2 Truhenzubehör, 3 Truhenkörper, 4 elektrischer Teil

Werden auf dieser Ebene Eigenschaften der Importströme (z.B.: zur Untersuchung eines anderen Kühlschranksmodells) geändert, können nach einer automatischen Neuberechnung sofort die Auswirkungen an den Exportflüssen erkannt werden, ohne tiefer in die Systematik des Programms eintreten zu müssen. So lassen sich sehr schnell Quoten für unterschiedliche Kühlschranksmodelle berechnen.

Innerhalb des Hauptprozesses befindet sich das Subsystem, welches die Berechnungen für die auf der Ebene des Hauptprozesses liegenden Ergebnisse durchführt.

7.3.4 Subsystem

Alle Importe und Exporte des Hauptprozesses liegen zu Beginn der Erstellung des Subsystems vor. Um eine gesamte Systemberechnung erfolgreich durchführen zu können, müssen alle eingehenden Ströme über Prozesse und Verbindungsflüsse logisch mit den ausgehenden Strömen verbunden werden. Fehlt ein essentieller Parameter wie die Masse oder ein Transferkoeffizient, kann die Berechnung nicht durchgeführt werden. Eine detaillierte Darstellung des Subsystems befindet sich im Anhang VI.

Im Subsystem sind die vier für diese Arbeit definierten Systeme (1 Verpackung, 2 Truhenzubehör, 3 Truhenkörper, 4 elektrischer Teil) enthalten. So werden die einzelnen Stoffströme nochmals genauer aufgeschlüsselt, um ein übersichtlicheres Bild zu geben, wie sich die vier Systeme auf die Behandlungsarten aufteilen.

In das Subsystem wurden insgesamt acht Prozesse eingebaut. Vier der Prozesse stehen für die vier untersuchten Systeme (1 Verpackung, 2 Truhenzubehör, 3 Truhenkörper, 4 elektrischer Teil) und ermöglichen eine verbesserte Zuweisung der einzelnen Transferkoeffizienten auf die eingehenden Ströme. Die vier Prozesse werden in Folge als Systemprozesse bezeichnet. Die anderen vier Prozesse stehen für die Behandlungsarten (Wiederverwendung, stoffliche Verwertung, thermische Verwertung, Rest). Sie werden in Folge als Summenprozesse bezeichnet.

Jeder der vier Systemprozesse teilt sich auf die vier Summenprozesse auf. Als Beispiel wurde wieder das System 1 Verpackung gewählt und seine Aufteilung auf die Behandlungsarten ist in Abbildung 27 aufgezeigt. Der Systemprozess „Verpackung“ teilt jeden eingehenden Bauteil je nach seinen Parametern auf die vier Behandlungsarten auf. Diese Aufteilung wird durch die Verwendung der Transferkoeffizienten durchgeführt. Der Materialstrom 1_1 Verpackungskarton ist vollständig stofflich verwertbar, daher wird seine Masse im Systemprozess Verpackung zu 100 % an den Prozess der stofflichen Verwertung weitergeleitet. Dies geschieht mittels eines Transferkoeffizienten von 1. Die anderen drei TKs des Materials 1_1, welche zu den verbleibenden Behandlungsarten führen, haben den Wert 0.

So teilt sich jeder einzelne Bauteil auf die vier Behandlungsarten auf, verliert an dieser Stelle seine Identität als Bauteil an sich und wird nur mehr als Masse zugehörig einer

Behandlungsart betrachtet. In Summe müssen die vier TKs eines jeden Bauteils 100 % (also 1) ergeben.

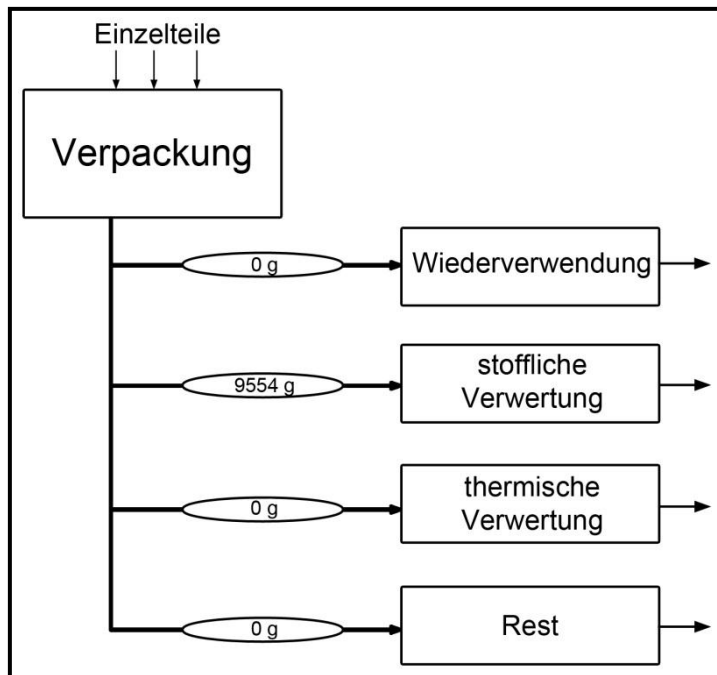


Abbildung 27: Subsystemdetail: Aufteilung der Materialmassen mittels Transferkoeffizienten

Mit den drei anderen Systemen (2 Truhenzubehör, 3 Truhenkörper, 4 elektrischer Teil) wird analog verfahren, alle Outputs der Systemprozesse fließen in die Summenprozesse, welche zur Aufsummierung der Massen der Inputs dienen. Die Summenprozesse benötigen keine variablen Transferkoeffizienten mehr, weil sie lediglich dazu dienen, aus den vier eingehenden Strömen der Systemprozesse die Summe zu bilden. Da jeder Prozess nur einen Output besitzt, wird von STAN automatisch die Summe gebildet. Ist die Berechnung erfolgreich, erhält man die gesuchten Exporte, die aus dem Subsystem wieder in den Hauptprozess führen.

Nachdem das Subsystem fertig aufgebaut ist, befinden sich im Bereich der Systemprozesse alle variabel einzugebenden Transferkoeffizienten. Im Menüpunkt „mfa-daten bearbeiten“ lassen sich alle Koeffizienten in Form einer Tabelle anzeigen. An diesem Punkt ist es notwendig, die in Excel generierte Liste in die von STAN zu kopieren. Um sicher zu gehen, dass die Liste von STAN mit der des zweiten Tabellenblatts übereinstimmt, kann die gesamte Liste in STAN als *.csv Datei exportiert und in das zweite Blatt übertragen werden. Nach einer Neuberechnung durch das Makro können die Daten in STAN übertragen werden und es lassen sich die neuen Behandlungsquoten gleich berechnen.

7.3.5 Ergebnisse der STAN Berechnung

Nachdem alle Daten korrekt eingegeben wurden und die Berechnung erfolgreich durchgeführt werden konnte, liegen vier Exporte aus dem Hauptprozess vor. Standardmäßig werden die Exporte in Form von Massen dargestellt, unter den erweiterten Einstellungen können jedoch alle Flüsse auf die Exporte oder Importe bezogen werden. Die Folge ist eine massenanteilmäßige Darstellung aller Ströme bezogen auf die Exportflüsse.

Die vier Ausgangsströme: Wiederverwendung, stoffliche Verwertung, thermische Verwertung und Rest liegen in Form von Anteilen vor (siehe Abbildung 28). Aus diesen Einzelquoten können die Wiederverwendungs-, Recyclings- und Verwertungsquote leicht berechnet werden.

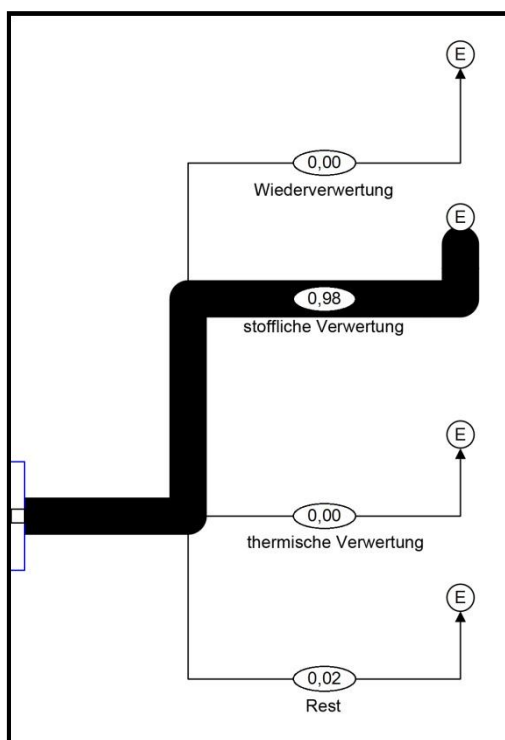


Abbildung 28: Ergebnisse aus STAN

8 Bestimmung der Quoten

Für die Bestimmung der Quoten werden die Ergebnisse aus STAN herangezogen und diskutiert.

8.1 Wiederverwendungsquote

Die Wiederverwendungsquote bei Kühlschränken im Allgemeinen hat sich im Laufe der Arbeit als 0 Gew.-% herausgestellt, da es für den Entsorger meist viel aufwändiger ist einen gewissen Bauteil ordnungsgemäß auszubauen, zu beurteilen und zu reinigen, als ihn einem Recycling zuzuführen, welche die Bauteile meist ohnehin für einen gleichwertigen Zweck einsetzt.

Im Fall der hier behandelten Truhe wären zum Beispiel die Glasdeckplatten für eine Wiederverwendung in Frage gekommen. Die Glasdeckplatten werden vor dem Transport zum Recyclingplatz entfernt und einer stofflichen Verwertung unterzogen. Beim Transport der Kühltruhen würden die Glasdeckplatten zerstört werden und somit ein Verletzungsrisiko darstellen. (19)

8.2 Recyclingquote

Die Recyclingquote setzt sich, wie im rechtlichen Teil der Arbeit beschrieben aus der Wiederverwendungs- und stofflichen Verwertungsquote zusammen. Da im Fall des Kühlschränkreyclings die Wiederverwendungsquote entfällt, entspricht die stoffliche Verwertungsquote der gesuchten Recyclingquote. Mit über 98 Gew.-% liegt die berechnete Recyclingquote sehr hoch und zeigt deutlich, dass der überwiegende Teil der untersuchten Truhe recycelt werden kann. Durch die beim derzeitigen Kühlschränkreycling anfallenden Stäube von 1 Gew.-% während der mechanischen Aufbereitung (Hammermühle Shredder), muss die realistische Recyclingquote auf 97 Gew.-% korrigiert werden. Durch die Verwendung umweltschonender Materialien und der geringen Anzahl an unterschiedlichen Stoffen kann die geforderte Quote von 75 Gew.-% erreicht werden.

8.3 Verwertungsquote

Die Verwertungsquote setzt sich aus der zuvor berechneten Recyclingquote und der Quote der thermischen Verwertung zusammen. Die zuvor abgezogenen Stäube aus dem Recyclingprozess werden thermisch verwertet. Zusätzlich kommt noch ein sehr geringer Teil aus der MFA-Rechnung hinzu welcher sich als nicht signifikant erwiesen hat. Die Verwertungsquote erreicht mit über 98 Gew.-% ein höheres Ergebnis wie die berechnete Recyclingquote zuvor. Die Truhe kann also bis auf 2 Gew.-% stofflich und thermisch verwertet werden.

8.4 Restanteil

Der Anteil von 2 Gew.-%, der schlussendlich beseitigt werden muss, ergibt sich hauptsächlich aus der stofflichen Verwertung der verunreinigten Eisenteile. Dieser Anteil

durchläuft zwar auch einen stofflichen Behandlungsschritt, wird jedoch nicht aufbereitet, sondern fällt als Störstoff bei der Aufbereitung des recycelten Stoffes an. Die Störstoffe finden sich meist in der Schlacke der Metallaufbereitung wieder, welche deponiert werden kann.

9 Monetäre Bewertung der Entsorgung

In diesem Abschnitt wird erörtert, in wie weit es sich aus wirtschaftlicher Sicht lohnt, Kühltruhen zu recyceln und ob tendenziell eher Gewinne oder Verluste zu erwarten sind.

9.1 Mögliche Aufwendungen bei der Entsorgung

Zu den Aufwendungen, welche beim klassischen Kühlschranksrecycling in Europa anfallen, zählen die erwarteten Kosten wie Lager- und Behandlungsplätze, die technischen Maschinen und Werkzeuge zur Zerkleinerung und Aufbereitung, das Personal und die Transportkosten.

Bei den meisten Kühlschränken muss eine thermische Behandlung des PU-Schaums durchgeführt werden, um die enthaltenen FKWs und FCKWs auszutreiben. Nur so kann er weiter stofflich verwertet werden. Derzeit ist noch jede Kühleinheit mit dieser Art von PU-Schaum gefüllt, im Fall der modernen Industriekühltruhe ATHEN XL von AHT ist die Aufschäumung bereits frei von jeglichen Treibhausgasen. Damit fällt dieser kostenaufwändige Behandlungsschritt in Zukunft weg.

Die Kühlmittel werden derzeit gesammelt und müssen thermisch behandelt werden.

Speziell für die Großkühltruhen der AHT ist ein weiterer Arbeitsschritt, im Vergleich zu Haushaltskühlschränken, durchzuführen. Durch die in den Truhenkörper eingelassene Versteifungsschiene muss die Truhe per Hand vorzerkleinert werden und erfordert somit mehr Zeit und Personalaufwand.

9.2 Mögliche Gewinne bei der Entsorgung

Aus dem Kühlschranksrecycling entstehen fünf sehr reine Fraktionen, von denen jede für einen Verkauf geeignet ist.

Die massenmäßig größte Fraktion bietet das Eisen, welches je nach aktuellem Eisenpreis an der Börse gut an Stahlwerke zur Rückeinschmelzung verkauft werden kann. Der derzeitige Eisenpreis liegt bei € 300-320,- pro Tonne für Shredderstahlschrott (Stand April 2011) (24). Bei einem Eisengehalt von ca. 100 kg kann mit ca. € 31,- pro Truhe gerechnet werden. Wie in Abbildung 29 ersichtlich, ist der Stahlpreis für Shredderschrott sehr starken Schwankungen unterlegen. Nachdem im Jahr 2007 der Kurs relativ konstant blieb, stiegen im Jahr 2008 die Shredderschrottkurse bis zur Mitte des Jahres, bezogen auf Beginn des Jahres, um 170 % an und fielen bis zum Jahresende auf 35 % des Jahreshöchstwerts. Seit 2009 bis heute ist bei Stahlpreis eine stetige Steigerung zu erkennen.

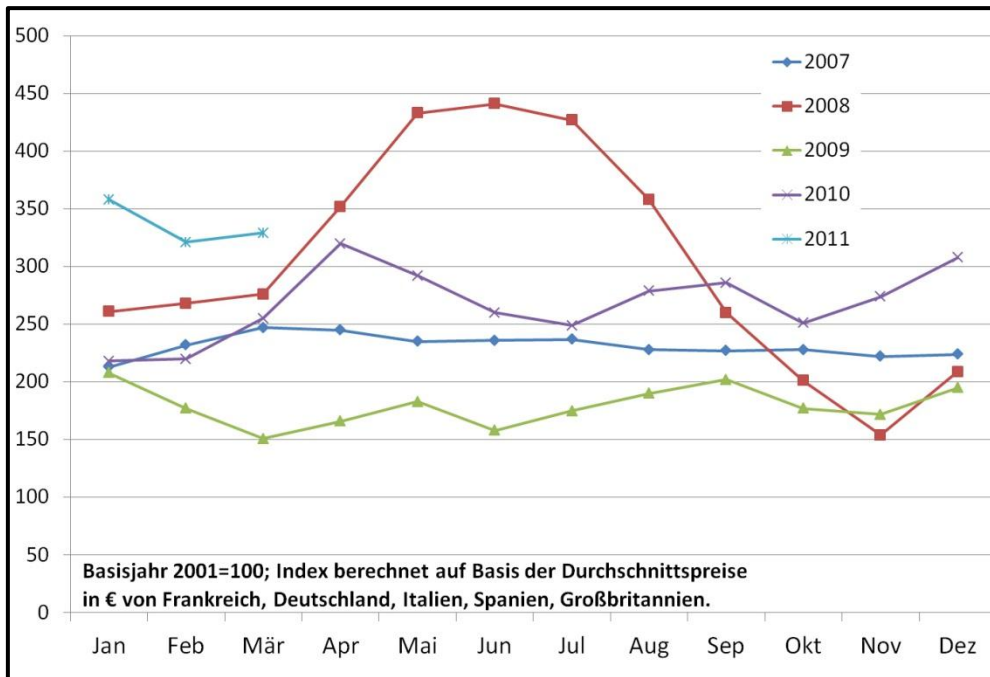


Abbildung 29: Preisschwankungen von Shredderstahlschrott der letzten 5 Jahre (25) (26)

Die anderen Metalle Kupfer und Aluminium werden auch in einer sehr reinen Form aufbereitet und können weiterverkauft werden. Der Markt von Aluminium und Kupfer ist, wie der von Stahl, von Preisschwankungen geprägt. Wie in Abbildung 30 ersichtlich, sind die Preise von Aluminium und Kupfer innerhalb eines Jahres um ca. 50 % gestiegen. Derzeit liegt der Preis von hochgradigem Aluminium bei \$/t 2.598,- (31.03.2011) (24) und bei Kupfer \$/t 9.519,- (30.03.2011) (24). Bei einem Aluminiumgehalt von ca. 8,5 kg könnten € 15,-¹ pro Kühlgerät, bei einem Kupfergehalt von ca. 1,7 kg könnten € 11,-¹ pro Kühlgerät erzielt werden.

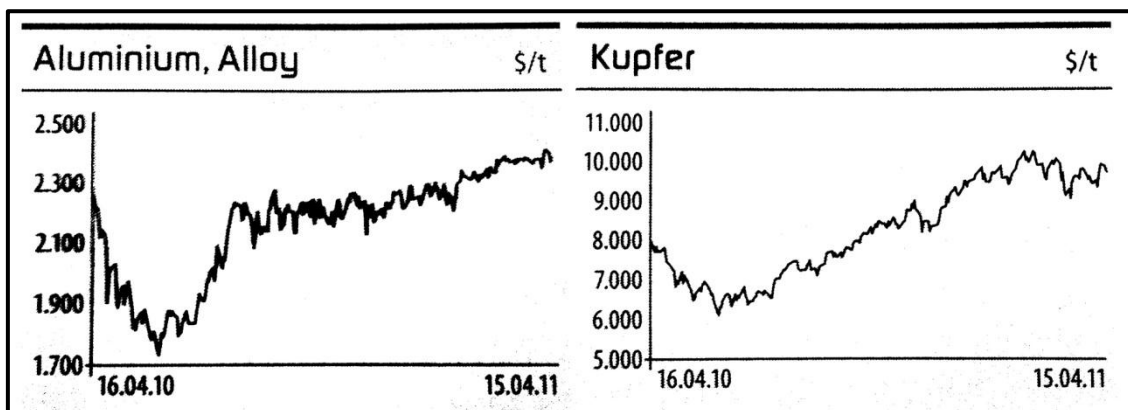


Abbildung 30: Preisschwankungen von Al und Cu innerhalb des letzten Jahres (24)

¹ US-Dollar zu Euro Umrechnung basierend auf dem Kurs vom 25.05.2011 (\$ 1,- - € 0,71) der Österreichischen Nationalbank (ÖNB)

Die gesamten Kunststoffe werden zu einem Kunststoffmischgranulat verarbeitet und können auch als Produkt verkauft werden.

Der PU-Schaum wird nach der Matrixentgasung stofflich verwertet und fein vermahlen. Durch seine guten Eigenschaften als Ölbindemittel wird auch er als das Produkt ÖKOPUR bei der Feuerwehr eingesetzt. (vgl. Kapitel 4)

Das Propan, welches derzeit in der Kühltruhen der AHT als Kältemittel verwendet wird, würde sich sehr gut als Treibstoff bzw. Nutzgas eignen und wird möglicherweise in Zukunft auch als gewinnbringendes Produkt gehandelt. Derzeit wird es gesammelt und thermisch mit anderen Kältemitteln behandelt (19).

9.3 Gegenüberstellung der Aufwendungen und Einnahmen

Ob und in welchem Ausmaß sich das Kühlschranksrecycling rechnet, hängt vom aktuellen Stahlpreis an der Börse ab. Stahl ist sowohl massenmäßig als auch monetär die tragende Fraktion des Kühlschranksrecyclings. Die sehr wertvollen Metalle Aluminium und Kupfer sind vom Erlös her interessant, jedoch ist die Aufbereitung aufwändiger als beim Stahl.

Zum Zeitpunkt des Gesprächs (5.4.2011) (19) bei der AVE, bewegten sich die Gewinne aus der Aufbereitung um € 7,- pro Kühlgerät, bzw. € 100-250,- pro Tonne an Kühlgeräten. Diese sehr enge Gewinnspanne verdeutlicht, dass sich durch leichte Veränderungen am Stahlmarkt der Punkt zwischen einer positiven und einer negativen Bilanz sehr schnell verändern kann.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Nach der Bestimmung der Recycling- und Verwertungsquoten, lässt sich feststellen, dass sich diese Truhe sehr gut zum Recycling nach ihrer Nutzungszeit eignet. Die großen Truhen können nach einer Handzerkleinerungsvorstufe genauso wie herkömmliche Haushaltskühlschränke in die dafür vorgesehenen Shredderanlagen eingebracht werden. Aufgrund der vielen umweltfreundlich gewählten Materialien lässt sich die Truhe fast vollständig stofflich behandeln.

Die problematischen Stoffe wie der FKW- und FCKW-haltige PU-Schaum wurden, im Vergleich zu den derzeit recycelten Schränken, durch Isopentan expandierten PU-Schaum ersetzt und erhöhen daher die Recyclingquote. Durch den Einsatz von wenigen Materialien fallen beim Auftrennen der Truhe eine überschaubare Menge an Fraktionen an. Zum Beispiel die in der Kühltruhe eingesetzten Kunststoffsorten werden gemeinsam stofflich zu Kunststoffgranulat, welches als neues Produkt verkauft wird, verwertet.

Mit einer **Recyclingquote von 97 Gew.-%** und einer **Verwertungsquote von 98 Gew.-%** wird das in der WEEE-Richtlinie und in der EAG-Verordnung vorgegebene Ziel von 75 bzw. 80 Gew.-% problemlos erreicht. Auch die gewünschten Verwertungsquoten in China von 85 bzw. 88 Gew.-% können eingehalten werden.

Bei einem Vergleich mit den anderen Truhen aus dem Sortiment der AHT verändert sich die Recyclingquote nur bedingt, da die Materialkombinationen sehr ähnlich sind und die Modelle sich hauptsächlich in der Größe unterscheiden. Die Teile, bei welchen eine vollständige stoffliche Behandlung nicht möglich ist, verändern sich mit der Größe der Truhe adäquat (äußere und innere Metallwand, Verrohrung, Kunststoffrahmen der Glasdeckel) und beeinflussen die Quote nicht.

Anzumerken ist, dass hohe Quoten auch auf die nachhaltige Entwicklung der Abfallwirtschaft in Österreich zurückzuführen sind. Durch rechtliche und technologische Maßnahmen, den vorsorgenden Umweltschutz sowie die menschliche Akzeptanz kann ein funktionierendes System entwickelt und umgesetzt werden. Durch Bestehen eines derartigen Systems kann der unbefugten Beseitigung von Elektroaltgeräten entgegengewirkt werden.

11 Verbesserungspotentiale

Eine Steigerung der in dieser Arbeit bestimmten Quoten ist nur mehr bedingt möglich, da die derzeitigen Verluste nicht am Kühlschranksrecycling selbst, sondern an den technologischen Methoden der stofflichen Behandlung der einzelnen Stoffe liegen. Während des Recyclings in der Anlage fällt 1 Gew.-% an Stäuben an und die restlichen 2 Gew.-% sind Materialien, die an den der stofflichen Behandlung zugeführten Stoffen anhaften. Sie fallen dort als Störstoffe an, obwohl sie sich grundsätzlich zur stofflichen Behandlung eignen würden.

Da sich das gesamte Kühlschranksrecycling derzeit wirtschaftlich nur knapp rechnet, steht eine weitere Behandlungsstufe der z.B. Zerkleinerung und Auftrennung außer Frage. Ob sich bei einer erhöhten Aufbereitungstiefe wirklich eine höhere Recyclingquote ergibt, ist nicht sicher, da die anfallende Menge an Stäuben durch zusätzliche Behandlungsschritte möglicherweise erhöht werden würde.

Einzig das verwendete Kältemittel Propan könnte, da es bereits ohnehin gesammelt werden muss, wenn es sich in Kühlschränken allgemein durchsetzt, als Nutzgas weiterverwendet werden und müsste nicht, wie derzeit mit den anderen schädlicheren Kältemitteln thermisch behandelt werden. Hervorzuheben ist allerdings die Ersetzung herkömmlicher Kältemittel, wie das in den USA verwendete R404A, durch Propan, welches eine um den Faktor 1000 geringere Umweltbelastung darstellt. An den Behandlungsquoten an sich würden sich zwar nur etwa 0,1 Gew.-% ändern, jedoch ist Propan aus rein ökologischer Sicht eindeutig vorzuziehen.

Verbesserungspotential im Truhenaufbau ist durch die hohen Quoten nur mehr in geringem Umfang möglich. Um eine weitere Auftrennung zu ermöglichen, wäre es eine Option die Kunststoffrahmen der Glasdeckplatten leicht entfernbar zu machen, damit bei der stofflichen Aufbereitung von Glas weniger Störstoffe anfallen und die Kunststoffrahmen gemeinsam mit der restlichen Kühltruhe dem weiteren Kühlschranksrecycling zugeführt werden können. Oder es kann eine Möglichkeit gefunden werden, die Kunststoffmenge zu reduzieren bzw. die Deckplatten zur Gänze aus Glas zu fertigen.

12 Literaturverzeichnis

- (1) Elektroaltgeräte Koordinierungsstelle Austria GmbH: Tätigkeitsbericht 2009, S52.
- (2) BGBl. II Nr. 121/2005: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (Elektroaltgeräteverordnung – EAG-VO), 2008.
- (3) BGBl. I Nr. 102/2002: Bundesgesetz vom 16. Juli 2002 über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), 2011.
- (4) Amt der steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19D: Landes Abfallwirtschaftsplan Steiermark 2010, 2010.
- (5) AHT Cooling Systems GmbH: Company Presentation: Rottenmann, 2010.
- (6) Forster, P., Ramaswamy, V.: Inter Governmental Panel on Climate Change IPCC, Online im www unter URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf> : Stand: 01.06.2011.
- (7) Michael, G.: Fresh & Easy to Test Propane as Refrigerant, Online im www unter URL: http://supermarketnews.com/news/fresheasy_propane_0415/index.html : Supermarket News, Stand: 15. April 2011.
- (8) Europäische Union: Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, 2008.
- (9) Europäische Union: Richtlinie 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronik- Altgeräte, 2003.
- (10) Europäische Union: Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten, 2003.
- (11) Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundesabfallwirtschaftsplan 2011 Entwurf, 2011.
- (12) Bundesrepublik Deutschland: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG), 2010.
- (13) Bundesrepublik Deutschland: Entwurf eines Gesetzes zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts. 30. März 2011.

- (14) Bundesrepublik Deutschland: Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz - ElektroG), 2010.
- (15) Environmental Protection Agency: Responsible Appliance Disposal (RAD) Program, Online im www unter URL: <http://www.epa.gov/ozone/partnerships/rad/> : Stand: 19.04.2011.
- (16) Energy Star: How a Product Earns the ENERGY STAR Label, Online im www unter URL: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_how_earn : Stand: 19.04.2011.
- (17) Wang, Y., et al.: Recent developments in waste electrical and electronics equipment legislation in China, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 47:437-448, 2010.
- (18) EUR-Lex: Der Zugang zum EU-Recht, Online im www unter URL: <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=en&ihmlang=en&lng1=en,de&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=417713:cs&page=> , Stand: 20.04.2011
- (19) Kern, K., Hable, N., Niedermayr, A.: AVE Hörsching, AVE Timelkam (Oberösterreich), Gespräch vom 12. April 2011.
- (20) AHT Cooling Systems GmbH: Aktuelle Produktfolder der Kühltruhen, 2011.
- (21) AHT Cooling Systems GmbH: Betriebs und Wartungsanleitung, 2010.
- (22) ÖNORM S2096-1: Stoffflussanalyse, Teil1: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Begriffe, Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien, 1.1.2005.
- (23) ÖNORM S 2096-2: Stoffflussanalyse, Teil2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik, Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien, 1.1.2005.
- (24) EUWID: Recycling und Entsorgung, Ausgabe 14 vom 5.4.2011.
- (25) EUWID: Recycling und Entsorgung, Ausgabe 4 vom 20.01.2009; Ausgabe 6 vom 09.02.2010.
- (26) EUWID: Recycling und Entsorgung, Ausgabe 16 vom 19.04.2011.

12.1 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AD	Automatic Defrosting
AHT	Austria HausTechnik
AVE	Abfall Ver- und Entsorgung, österreichischer Entsorgungsbetrieb
AWG	AbfallWirtschaftsGesetz
BTB	Business-To-Business
ca.	circa
cm	Centimeter
EAG-VO	ElektroAltGeräteVerOrdnung
EPA	Environmental Protection Agency
FCKWs	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
FKWs	Fluor-Kohlenwasserstoffe
Gew.-%	Gewichtsprozent, Massenprozent
GHG	Green House Gas, Treibhausgas
GWP	Global Warming Potential, CO ₂ -Äquivalent
ODS	Ozone Depleting Substances
PCBs	PolyChlorierteBiphenyle
PCT	PolyChlorierteTerphenyle
PE	PolyEthylen
PP	PolyPropylen
PUR	PolyURethan
PU-Schaum	PolyUrethan-Schaum
R290	Kältemittel Propan
R404A	Kältemittel, zeotropes Gemisch aus 52% R143a (C ₂ H ₃ F ₃), 44% R125 (C ₂ HF ₅), 4% R134a (C ₂ H ₂ F ₄)
RAD	Responsible Appliance Disposal
STAN	Software für Stoffflussanalysen
TK	Transferkoeffizient
u.a.	unter anderem
UK	United Kingdom
USA	United States of America
Vgl.	Vergleiche
WEEEs	Waste Eletrical and Electronic Equipments
z.B.	zum Beispiel

12.2 Tabellen

Tabelle 1: Umsetzung der europäischen Richtlinien in Österreich und Deutschland	12
Tabelle 2: Einteilung der Materialien während der Demontage am Beispiel „Warengitter“ des Systems „2 Truhenzubehör“	29
Tabelle 3: System- und Gesamtgewichte	33
Tabelle 4: Parameter der Einzelteile	38

12.3 Abbildungen

Abbildung 1: Elektro- und Elektronikaltgerätesammlung aus privaten Haushalten in der Steiermark	5
Abbildung 2: Geforderte Recycling- und Verwertungsquote der EAG-VO für Haushaltsgroßgeräte	6
Abbildung 3: Standorte der AHT	8
Abbildung 4: Jahresumsatz nach Produktfeldern	10
Abbildung 5: Hauptkunden und Exportmengenverteilung	10
Abbildung 6: Fünfstufige Hierarchie der Abfallrahmenrichtlinie	13
Abbildung 7: WEEE-Kennzeichnung für Elektro- und Elektronikgeräte	14
Abbildung 8: ENERGY STAR-label	18
Abbildung 9: Fraktionen der Kühlschranksaufbereitung: a) Eisen, b) PU-Schaum, c) Kunststoff- und Nichteisenmetallmischung	21
Abbildung 10: Fraktionen aus der Aufbereitung der Kunststoffnichteisenmetallmischung: a) Aluminium, b) Kupfer, c) Kunststoffgranulat	22
Abbildung 11: Abmessungen der Athen XL ECO 210 AD VS	23
Abbildung 12: Vergleich des Kühltruhsortiments	24
Abbildung 13: Einteilung der Truhe in Systeme: „1 Verpackung“, „2 Truhenzubehör“, „3 Truhenkörper“, „4 elektrischer Teil“	26
Abbildung 14: Truhensystem: 1 Verpackung mit den Bauteilen: 1_1 Verpackungskarton, 1_2 PP-Umreifband, 1_3 Styroporpolster, 1_4 Verpackungsfolie	27
Abbildung 15: Truhensystem: 2 Truhenzubehör u.a. mit den Bauteilen: 2_1 Warengitter, 2_3 Glasdeckplatten, 2_4 Gleitfüße	27
Abbildung 16: Truhensystem: 3 Truhenkörper	28

Abbildung 17: Truhensystem: 4 elektrischer Teil u.a. mit den Bauteilen: 4_1 Aggregatauflage hellblau, 4_2 Kühlraumlüftung, 4_3 Kompressor, 4_4 Kabel und Stecker, 4_6 Isolierschlauch, 4_9 lackiertes Blech, 4_10 feuer- und spritzverzinkte Bleche	28
Abbildung 18: Verschraubung der Innenraumbelüftung	30
Abbildung 19: Abheben der äußeren Stahlblechhülle	31
Abbildung 20: PU-Schaum Körper	31
Abbildung 21: Wärmeleitpaste und Kunststoffolie an den Innenrohren	32
Abbildung 22: PU-Schaum-Anhaftungen auf Stahlplättchen	33
Abbildung 23: Werkzeugpalette in STAN	36
Abbildung 24: Übertragung der Transferkoeffizienten zwischen Excel und STAN.....	39
Abbildung 25: Importflüsse des Systems: 1 Verpackung.....	40
Abbildung 26: Hauptprozess „Kühltruhe“ mit den Importflüssen: 1 Verpackung, 2 Truhenzubehör, 3 Truhenkörper, 4 elektrischer Teil.....	40
Abbildung 27: Subsystemdetail: Aufteilung der Materialmassen mittels Transferkoeffizienten	42
Abbildung 28: Ergebnisse aus STAN	43
Abbildung 29: Preisschwankungen von Shredderstahlschrott der letzten 5 Jahre.....	47
Abbildung 30: Preisschwankungen von Al und Cu innerhalb des letzten Jahres	47

ANHANG IA

Von dieser Richtlinie erfasste Gerätekategorien

1. Haushaltsgroßgeräte
 2. Haushaltskleingeräte
 3. IT- und Telekommunikationsgeräte
 4. Geräte der Unterhaltungselektronik
 5. Beleuchtungskörper
 6. Elektrische und elektronische Werkzeuge (mit Ausnahme ortsfester industrieller Großwerkzeuge)
 7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte
 8. Medizinische Geräte (mit Ausnahme aller implantierten und infizierten Produkte)
 9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente
 10. Automatische Ausgabegeräte
-

ANHANG IB

Auflistung der Produkte, die im Sinne dieser Richtlinie zu berücksichtigen sind und unter die in Anhang IA aufgeführten Kategorien fallen

1. Haushaltsgroßgeräte

Große Kühlgeräte
Kühlschränke
Gefriergeräte
Sonstige Großgeräte zur Kühlung, Konservierung und Lagerung von Lebensmitteln
Waschmaschinen
Wäschetrockner
Geschirrspüler
Herde und Backöfen
Elektrische Kochplatten
Elektrische Heizplatten
Mikrowellengeräte
Sonstige Großgeräte zum Kochen oder zur sonstigen Verarbeitung von Lebensmitteln
Elektrische Heizgeräte
Elektrische Heizkörper
Sonstige Großgeräte zum Beheizen von Räumen, Betten und Sitzmöbeln
Elektrische Ventilatoren
Klimageräte
Sonstige Belüftungs-, Entlüftungs- und Klimatisierungsgeräte

2. Haushaltskleingeräte

Staubsauger
Teppichkehrmaschinen
Sonstige Reinigungsgeräte
Geräte zum Nähen, Stricken, Weben oder zur sonstigen Bearbeitung von Textilien
Bügeleisen und sonstige Geräte zum Bügeln, Mangeln oder zur sonstigen Pflege von Kleidung
Toaster
Friteusen
Mühlen, Kaffeemaschinen und Geräte zum Öffnen oder Verschließen von Behältnissen oder Verpackungen
Elektrische Messer
Haarschneidegeräte, Haartrockner, elektrische Zahnbürsten, Rasierapparate, Massagegeräte und sonstige Geräte für die Körperpflege
Wecker, Armbanduhren und Geräte zum Messen, Anzeigen oder Aufzeichnen der Zeit
Waagen

3. IT- und Telekommunikationsgeräte

Zentrale Datenverarbeitung:
Großrechner
Minicomputer
Drucker
PC-Bereich:
PCs (einschließlich CPU, Maus, Bildschirm und Tastatur)
Laptops (einschließlich CPU, Maus, Bildschirm und Tastatur)

Anhang 3

Einteilung der Geräte

Sammel- und Behandlungs- kategorien	Geräte-kategorien gemäß Anhang 1	Verwertungsziele des durch- schnittlichen Gewichts je Gerät		Mengen- schwellen in kg für die Meldung eines Abhol- bedarfs
		Verwertungs- quote in %	Quote der Wiederver- wendung und der stofflichen Verwertung für Bauteile, Werkstoffe und Substan- zen in %	
Großgeräte*	Haushaltsgroßgeräte (exkl. Kühl-, Gefrier- und Klimageräte)	80	75	4000
	IT&T-Geräte (exkl. Bild- schirmgeräte)	75	65	
	Beleuchtungskörper – groß (exkl. Gasentladungslampen)	70	50	
	Elektrische und elektronische Werkzeuge – groß	70	50	
	Spiel-, Sport- und Freizeitge- räte – groß	70	50	
	Automatische Ausgabegeräte ohne Kühlvorrichtung	80	75	
	Medizinische Geräte – groß	-	-	
Kühl- und Ge- friergeräte	Überwachungs- und Kontroll- instrumente – groß	70	50	2000
	Kühl- und Gefriergeräte und Klimageräte	80	75	
Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte	Automatische Ausgabegeräte mit Kühlvorrichtung	80	75	1500
	IT&T-Geräte – Monitore (Ka- thodenstrahlröhre, LCD- und Plasmamonitore)	75	65	
	Unterhaltungselektronik – Fernsehgeräte (Kathoden- strahlröhre, LCD- und Plas- mamonitore)	75	65	
Elektrokleingerä- te*	Überwachungs- und Kontroll- instrumente – Monitore	70	50	1500
	Haushaltskleingeräte	70	50	
	IT&T-Geräte (exkl. Bild- schirmgeräte)	75	65	
	Unterhaltungselektronik (exkl. Bildschirmgeräte)	75	65	
	Beleuchtungskörper – klein (exkl. Gasentladungslampen)	70	50	
	Elektrische und elektronische Werkzeuge – klein	70	50	
	Spiel-, Sport- und Freizeitge- räte – klein	70	50	
	Medizinische Geräte – klein	-	-	
Überwachungs- und Kontroll- instrumente – klein	70	50		



ATHEN XL ECO

Kühl- und Tiefkühlgerät. Steckerfertig.



Die neue Generation:
extrem sparsam.



Die ökonomische Dimension der Kühl- und Tiefkühlgeräte. Unglaublich sparsam!

ATHEN XL ECO. Hier trifft modernes, verkaufsförderndes Design auf großzügiges Volumen. Durch den höheren Nettoinhalt ergibt sich ein breiteres Warenangebot und dadurch ein deutliches Mehrverkaufspotenzial. Die brillante LED-Innenbeleuchtung sorgt für eine äußerst attraktive Warenpräsentation. Technisch optimiert ist die ATHEN XL ECO ein wahres Energiesparwunder.

Ihre Vorteile

- Hohe Energieeinsparung im Vergleich zu herkömmlichen Verbundanlagen
- Maximale Energieeffizienz durch elektronisch drehzahlgeregelten Kompressor
- **AHT e-conomize:** Zusätzliche hohe Energiesparpotenziale durch umfassende Optimierungen in Technologie und Konstruktion
- Neuer Kunststoff-Innenbehälter für noch mehr Warenhygiene und einfache Reinigung
- Verbesserte Wareneinsicht bei optimiertem Nutzinhalt
- Ökologisch unbedenklich durch das natürliche Kältemittel Propan
- Vollkommen FCKW- und FKW-frei
- Gesicherte Warenqualität durch konstante Innentemperatur mit hohen Leistungsreserven
- Steckerfertig ohne Installationsaufwand
- Geringe Investitions- und Betriebskosten
- Kältetechnisch wartungsfrei



Temperaturbereiche

- Kühlen: +3 °C bis +15 °C
- Tiefkühlen: -18 °C bis -23 °C
- Fleisch und Hackfleisch kühlen: 0 °C bis +2 °C

Aufstellvarianten

- Einzelgerät
- Reihenplatzierung
- Blockplatzierung
- **Tiefkühlinsel** – ATHEN XL Modelle in Blockplatzierung können beidseitig mit einem Kopfgerät versehen werden
- Erweiterbar mit handelsüblichen Regalaufsätzen



Semi-automatische Geräteenteisung – ein perfektes System!

Regelmäßige Enteisung . . .



. . . bei konstanter Warentemperatur!



Zubehör*

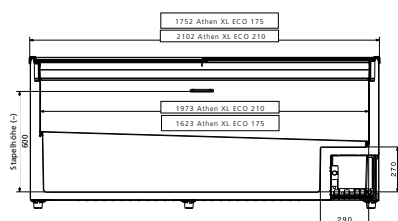
- **Trennwandgitter und Stellroste** zur verkaufsfördernden Warenpräsentation
- **Leuchtaufsatz** in verschiedenen Ausführungen
- **Stoßschutzleisten** in verschiedenen Farben lieferbar
- **Abdeckungen** für die Blockaufstellung
- **Wasserschutzleisten** verhindern das Eindringen von Staub und Wasser unter die Geräte

* Fordern Sie unseren Zubehörfolder an.

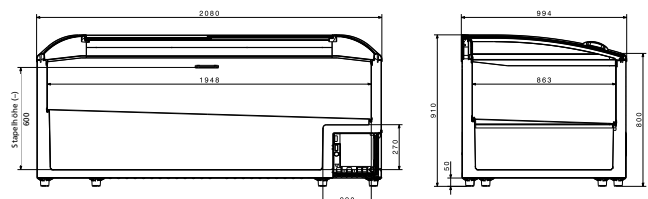
Technische Daten		ATHEN XL ECO 175 (U)* AD LED	ATHEN XL ECO 207 (U)* AD LED	ATHEN XL ECO 210 (U)* AD LED
Bruttoinhalt	Liter	956	1158	1177
Nettoinhalt nach EN 23953	Liter	680/452/655	847/561/810	862/571/825
Warenpräsentationsfläche (TDA)	m ²	1,44	1,79	1,75
Klassifizierung nach EN 23953		3S/3S/3L1	3S/3S/3L1	3S/3S/3L1
Umgebungstemperaturbereich	°C	+16 bis +25	+16 bis +25	+16 bis +25
Regelbereich der Innentemperatur	°C	+3 bis +15/ 0 bis +2/-18 bis -23	+3 bis +15/ 0 bis +2/-18 bis -23	+3 bis +15/ 0 bis +2/-18 bis -23
Schalldruck in 1 m Abstand	dB(A)	44	44	43,3
Elektrische Kenndaten				
Nennspannung/-frequenz	V/Hz	220-240/50	220-240/50	220-240/50
Nennleistungsaufnahme	W	380	380	380
Nennleistungsaufnahme LED-Licht	W	42	38	55
Nennstrom	A	2,9	2,9	2,9
Absicherung	A	16	16	16
Energieaufnahme (bei 25 °C)	kWh/24 h	3,0/3,2/6,2	3,3/3,6/7,3	3,1/3,4/6,4
Länge des Anschlusskabels	mm	1750	1750	1750
Kältetechnische Daten				
Kältemittel		R290	R290	R290
Kältemittelmenge	g	110	120	120
max. zul. Betriebsdruck	bar	30	30	30
Abmessungen				
Länge außen/innen	mm	1752/1623	2080/1948	2102/1973
Tiefe außen/innen	mm	994/863	994/863	994/863
Eingriffshöhe vorne/Außenhöhe	mm	803/910	800/910	803/910
Stapelhöhe	mm	620/420/600	620/420/600	620/420/600
Gewicht				
Gewicht netto (exkl. Verpackung, inkl. prozessbedingter Inneneinrichtung)	kg	136	150	153
Gewicht brutto (inkl. Verpackung und prozessbedingter Inneneinrichtung)	kg	147	161	164

* Universalgerät: Die Temperaturbereiche Kühlung +3 °C bis +15 °C/Fleisch- u. Hackfleischkühlung 0 °C bis +2 °C/Tiefkühlung -18 °C bis -23 °C können mit diesem Gerät abgedeckt werden.

ATHEN XL ECO 175-210



ATHEN XL ECO 207

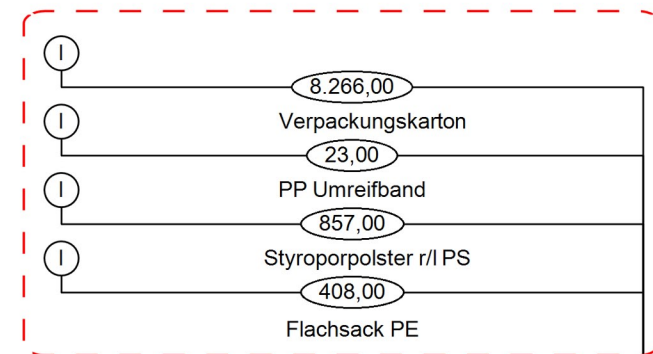


1. Verpackung										
Nummer	Bezeichnung	Material	Rückstände	Wiederquote	Stofflichequote	Thermischequote	Rest	Gewicht [g]	Systemgewicht [kg]	
1_1	Verpackungskarton	Karton		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	8266	9,554	
1_2	PP-Umreifband	PolyPropylen		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	23		
1_3	Styroporpolster	PolyStyrol		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	857		
1_4	Flachsack, Verpackungsfolie	Poly Ethylen		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	408		
2. Truhenzubehör										
Nummer	Bezeichnung	Material	Rückstände					Gewicht [g]	Systemgewicht [kg]	
2_1	Warengitter, Trenngitter	pulverbeschichteter Stahldraht	lackiert	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	29719	53,531	
2_2	Luftleitbleche Boden + Lagerrrost	Aluminiumlegierung nach EN 573: EN AW -5052 (AlMg2,5-1/2hart)		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	2283		
2_3	Glasdeckel + Kunststoffrahmen									
2_3a	Glasplatten	Glas		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	19702		
2_3b	Seitenteil Glasplatten	ABS		0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	222		
2_3c	Dichtungen Glasplatten	weich PVC		0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	5		
2_4	Gleitfüsse	PA, 30% Glasfaser		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	663		
2_4a	Schrauben	verzinkter Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	58		
2_5	Bedienungsanleitung Jumbo	Papier unbeschichtet SW		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	856		
2_6	Eisschaber	Polystyrol (SB)		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	23		
3. Truhenkörper										
Nummer	Bezeichnung	Material	Rückstände					Gewicht [g]		Systemgewicht [kg]
3_1	Versteifungsschiene, Winkelschiene	Stahl	PU-Schaum	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	13260	92,087	
3_2	Abdeckrahmen	PVC (1309)	PU-Schaum	0,00%	99,00%	0,00%	1,00%	4759		
3_3	Winkelschiene Rahmenheizung	FPZ Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	413		
3_4	Stossschutzleisten	hart PVC	Klebefolie	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1359		
3_5	Kältemittelkreislauf	Kupfer	PU-Schaum	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1445		
3_6	Thermoelementkabeln	Silikon ummantelt mit CuSt		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	225		
3_7	Aussengehäuse	Stahl lackiert	25µm Polyesterlack, PU-Schaum	0,00%	98,00%	0,00%	2,00%	25113		
3_8	FPZ + SVZ Bleche	Stahl feuerverzinkt	verzinkt	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	9675		
3_9	Innenbehälter Alu	85% Aluminiumlegierung nach EN 573 EN AW-1050A (Al99,5-3/4hart)	Wärmeleitpaste	0,00%	85,00%	0,00%	15,00%	3946		
3_10a	Aussenhautverflüssigerberohrung o. Rückstand	Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1410		
3_10b	Aussenhautverflüssigerberohrung mit Rückstand	65% Stahl	Wärmeleitpaste + Verpackungklebeband	0,00%	65,00%	0,00%	35,00%	2311		
3_11	Verdampferberohrung	62,8% Aluminium	Wärmeleitpaste + Verpackungklebeband	0,00%	62,80%	0,00%	37,20%	3385		
3_12	Rahmenheizung	Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	197		
3_13	Abstandshalter Verdampfer	Stahl	PU-Schaum	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	228		
3_14	Sonstige Stoffe		Klebebänder, Kunststoffe, Kitt, Wärmeleitpaste	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	372		
3_15	PU-Ausschäumung	PU-Schaum	Kitt, kleine Kunststoffteile	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	14089		
3_16	Innenbehälterwanne	ABS	PU-Schaum	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	9900		
4. Elektrischer Teil										
Nummer	Bezeichnung	Material	Rückstände					Gewicht [g]	Systemgewicht [kg]	
4_1	Aggregatauflage hellblau	RESIN ABS 269490		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1828	25,067	
4_2	Kühlraumlüftung									
4_2a	Bleche	Edelstahl 1.4301		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	3812		
4_2b	Lüftungsmotor+Verteiler			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	746		
4_2c	Schrauben	verzinkter Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	12		
4_2d	Dichtungen	Weich PVC		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	5		
4_3	Kompressor	Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	10142		
4_4	Kabel + Stecker	Kupfer, Kunststoff, Eisen etc.		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	945		
4_5a	Lüftermotor			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	484		
4_5b	Lüfterrotor			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	33		
4_6	Isolierschlauch			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	41		
4_7	Vorverflüssiger	Stahl	lackiert	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	952		
4_8	Rohre im Maschinenraum, Ausgleichsgefäß	Kupfer		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	194		
4_9	Lackiertes Blech	lackierter Stahl	25µm Polyesterlack	0,00%	99,00%	0,00%	1,00%	1043		
4_10	Feuer&Spritzverzinkte Bleche	FPZ, SVZ Stahl	verzinkt	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	2840		
4_11	Verdunsterschale+ Abdeckung Steuereinheit	ABS		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	584		
4_12	Silikondichtmasse	Silikonkitt		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	27		
4_13	Magnetventil			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100		
4_14	Schrauben	VZ Stahl		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	110		
4_15	Platinen, Elektronik			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	554		
4_16	Kunststoffe			0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	360		
4_17	Kühlerplatte	Aluminium		0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	207		
4_18	Filtertrockner	Kupfer		0,00%	90,00%	0,00%	10,00%	48		
4_19	Kühlmittel R290	C3H8 Propan		0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	110		
Truhengesamtmasse [kg]									180,239	

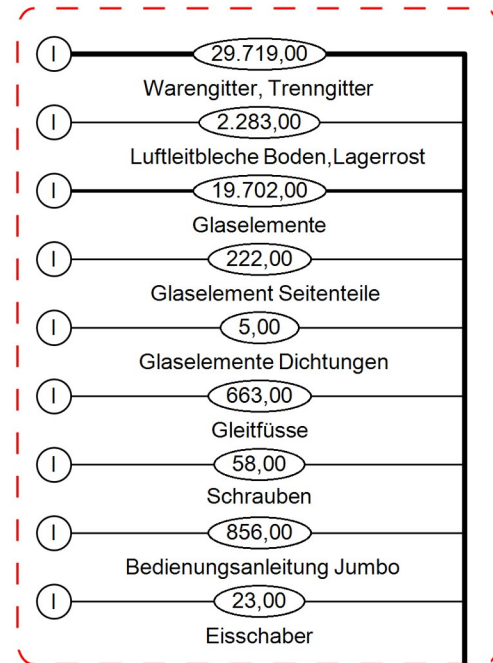
Übersicht: Kühltruhen Hauptprozess

Legende:

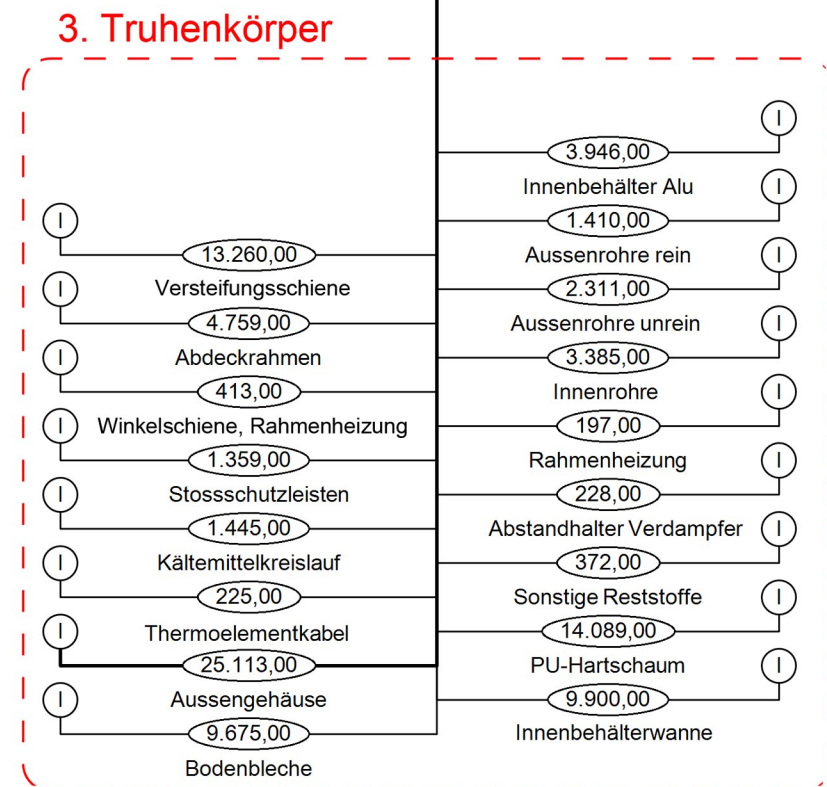
	Massenangabe der Importe in g
	Importflüsse
	Truhensysteme
	Massenanteil (Gew.-%)



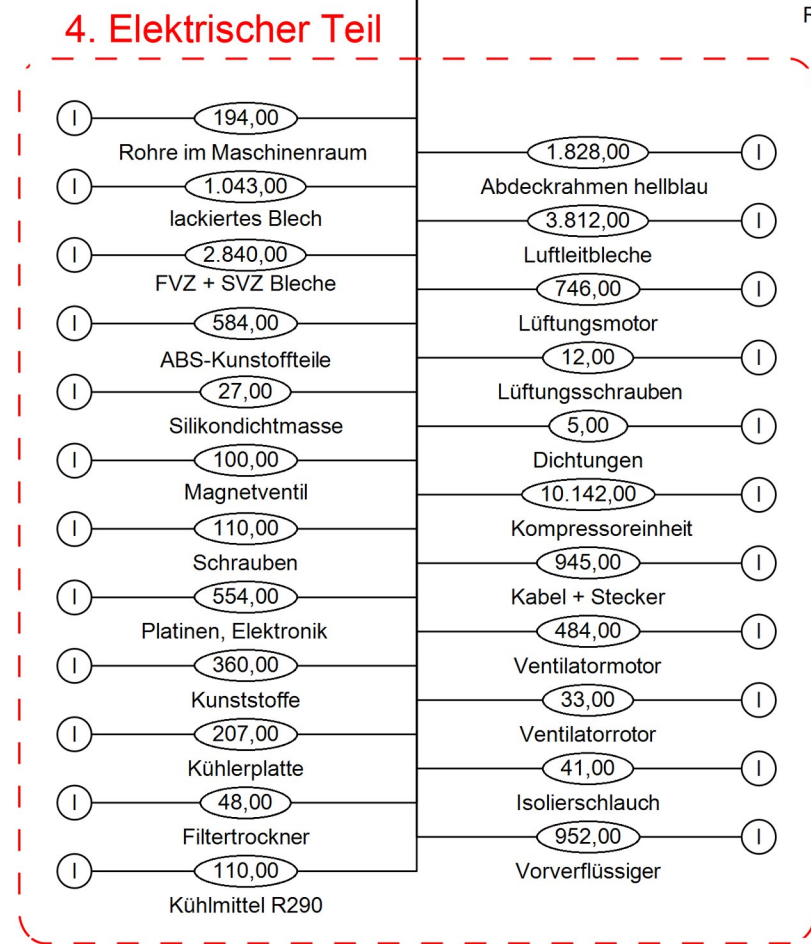
1. Verpackung



2. Truhenzubehör



3. Truhenkörper



4. Elektrischer Teil

Kühltruhe

0,00 Wiederverwendung

0,98 Stoffliche Verwertung

0,00 Thermische Verwertung

0,02 Rest

Übersicht: Kühltruhen Subsystem

