



Niederösterreichische

Gesamtkunststofftonne -

Wertstoffliche, ökologische und
ökonomische Bewertung

Bericht 2015



UMWELT- UND
ENERGIEWIRTSCHAFT

Impressum

Eigentümer, Herausgeber, Verleger:

Land Niederösterreich

Amt der NÖ Landesregierung

Abteilung Umwelt – und Energiewirtschaft

3109 St. Pölten, Landhausplatz 1, Haus 17

Tel. 02742/9005- 14201

E-mail: post.ru3@noel.gv.at

DI Elisabeth Punesch

Projektleitung und Layout:

Montanuniversität Leoben

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Univ.-Prof. DI Dr. mont. Roland Pomberger

DI Lukas Kranzinger

Mag. DI Kerstin Schopf

Fachliche Unterstützung:

DI Werner Toppel

NÖ Umweltverbände

Weitere Informationen unter:

<http://www.noel.gv.at/Umwelt/Abfall.html>

Druck: Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

© November 2015, St. Pölten

Niederösterreichische,

Gesamtkunststofftonne -

Wertstoffliche, ökologische und
ökonomische Bewertung

Bericht 2015

Amt der NÖ Landesregierung

Abt. Umwelt und Energiewirtschaft (RU3)

Sachgebiet: Abfallwirtschaft und Ressourcenschonung

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-----------|
| 1 EINLEITUNG | 4 |
| 2 ZIELSETZUNG | 5 |
| 2.1 Technik | 5 |
| 2.2 Verwertung, Trends und Märkte..... | 5 |
| 2.3 Kosten..... | 6 |
| 3 DEFINITIONEN..... | 7 |
| 4 STAND DER ERKENNTNISSE ZUR WERTSTOFFTonne | 9 |
| 4.1 Projekte und deren Status | 9 |
| 4.2 Ergebnisse der bislang durchgeführten Projekte | 12 |
| 4.2.1 Zuweisungskatalog und Ablauf der Pilotprojekte..... | 12 |
| 4.2.2 Auswirkungen der Einführung auf das Sammelgemisch | 13 |
| 4.2.3 Auswirkungen der Einführung auf Sortieranlagen | 17 |
| 5 MODELL | 18 |
| 5.1 Allgemein | 20 |
| 5.2 Sammlung..... | 23 |
| 5.2.1 Aufkommen an Leichtverpackungen | 23 |
| 5.2.2 Restmüllaufkommen..... | 25 |
| 5.2.3 Erfassungsquoten..... | 27 |
| 5.2.4 Annahme der Mengenverschiebungen..... | 28 |
| 5.2.5 Erfassungskosten | 29 |
| 5.2.6 Ökologische Betrachtung der Erfassung | 29 |
| 5.3 Sortierung LVP und RM | 30 |
| 5.3.1 Stand der Technik der LVP-Sortierung..... | 30 |
| 5.3.1.1 Nahinfrarotspektroskopie..... | 32 |
| 5.3.1.2 Analyse der LVP-Sortieranlagen in NÖ | 33 |
| 5.3.1.3 Brantner Entsorgung | 34 |
| 5.3.1.4 Nemetz Entsorgung..... | 34 |
| 5.3.1.5 WNSKS | 35 |
| 5.3.2 Zuteilung der Sortierfraktionen zu Wertstoffen | 37 |
| 5.3.3 Sortierkosten | 37 |
| 5.3.4 Ökologische Betrachtung der Sortierung..... | 38 |
| 5.4 Verwertung | 38 |
| 5.4.1 Stoffliche Verwertung | 39 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4.1.1 | Vermarktung der Outputfraktionen einer Sortieranlage (Experten, Interview) | 39 |
| | Kennzahlen der Marktentwicklung..... | 41 |
| | Wirtschaftliches Potential der StNVP | 42 |
| | Erlöse und Kosten in der Modellbetrachtung..... | 42 |
| 5.4.2 | Thermische Verwertung | 43 |
| 5.4.3 | EBS-Aufbereitung..... | 43 |
| 5.4.4 | Verwertungskosten..... | 44 |
| 5.4.5 | Ökologische Betrachtung der Verwertung..... | 44 |
| 5.5 | Modellvarianten..... | 44 |
| 5.5.1 | Realistisches-Modell..... | 45 |
| 5.5.2 | Maximal-Modell | 45 |
| 5.5.3 | Minimal-Modell | 46 |
| 5.5.4 | Ökonomische Szenarien | 46 |
| 5.6 | Wertstoffpotential im Sperrmüll | 47 |
| 6 | ERGEBNISSE & DISKUSSION | 50 |
| 6.1 | LVP-Mehrvolumen nach Umstellung..... | 50 |
| 6.2 | RM-Volumeneinsparung pro Cluster und Sammeltyp..... | 51 |
| 6.2.1 | Gesamtökologische Bewertung..... | 53 |
| 6.2.2 | Auswirkungen der Restmüllzusammensetzung auf den H_u (Unterer Heizwert).54 | |
| 6.2.3 | Kostenveränderung RM-Sammlung und Ausfall des Zukauf 1..... | 54 |
| 6.2.4 | Ökonomische Szenarien (Gelbe Tonne System bzw. Verband) | 55 |
| 6.2.5 | Restmülleinsparungen..... | 62 |
| 6.2.6 | Kosten für die Sammlung pro Sammelsystem | 63 |
| 7 | PRO UND CONTRA DER GKT | 65 |
| 7.1 | Sozial: | 65 |
| 7.2 | Ökologisch: | 65 |
| 7.3 | Ökonomisch: | 66 |
| 8 | ZUSAMMENFASSUNG | 68 |
| 9 | ANHANG | 71 |
| 10 | VERZEICHNISSE | I |
| 10.1 | Literatur..... | I |
| 10.2 | Abkürzungsverzeichnis | V |
| 10.3 | Tabellen | VI |
| 10.4 | Abbildungen | VII |

1 Einleitung

Das Amt der niederösterreichischen Landesregierung, vertreten durch die Abteilung Umwelt und Energiewirtschaft (RU3), hat gemeinsam mit den Umweltverbänden, vertreten durch den Verein der niederösterreichischen Umweltverbände, eine Studie betreffend der „Einführung einer Gesamt-Kunststofftonne – pro und contra“ vergeben.

Basis der Untersuchung ist der Status quo der Kunststoffverpackungssammlung aus Haushalten in Niederösterreich. Derzeit existieren landesweit fünf verschiedene Sammelsysteme für Kunststoffverpackungen. Im Rahmen der Studie sollen nun Grundlagen erarbeitet werden um die Möglichkeit einer Vereinheitlichung mit Einführung einer Gesamt-Kunststofftonne zu überprüfen. Dabei soll die Gesamt-Kunststofftonne zur Sammlung von Kunststoffverpackungen, Verbundverpackungen aus Kunststoff sowie stoffgleichen Nichtverpackungen dienen. Holz-, Keramik- und Metallverpackungen sollen nicht über die Gesamt-Kunststofftonne entsorgt werden.

Im Zuge der Untersuchung erfolgte eine Betrachtung der Sammlung, Sortierung und Verwertung hinsichtlich der Gesichtspunkte Technik, Trend, Märkte und Kosten. Daraus ist eine Entscheidungsgrundlage bezüglich der Ökologie, Ökonomie und der Benutzerfreundlichkeit einer Gesamt-Kunststofftonne gearbeitet worden. Des Weiteren sind die Kosten bei einer allfälligen Umstellung für die einzelnen Verbände abgeschätzt worden.

Im Sinne einer zukunftsorientierten Abfallwirtschaft, ist der Ressource Altkunststoff und der stofflichen Verwertung über Sekundärprodukte mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Daher sind eine Steigerung des Erfassungsgrades und eine Erhöhung der Sekundärrohstoffqualität anzustreben. Die Studie „Gesamt-Kunststofftonne“ setzt sich dies über eine Ausschöpfung des Potentials an Kunststoffen im Restmüll sowie eine Verringerung des Fehlwurfanteils durch die Mitsammlung von stoffgleichen Nichtverpackungen zum Ziel.

2 Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgt eine Untersuchung zur Initiierung der Gesamt-Kunststofftonne in Niederösterreich. Diese Studie hat das Ziel die Pro und Contras des Konzepts Gesamt-Kunststofftonne aufzuzeigen. Zentrale Forschungsfragen sind in den folgenden Themengebieten eingebettet:

- Technik
- Verwertung, Trends, und Märkte sowie
- Kosten

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Forschungsfragen beschrieben.

2.1 Technik

- Welches Mehr-Volumen ist bei der Sammlung erforderlich?
- Welche technischen Anforderungen werden an die Sortierung gestellt?
- Welche umweltrelevanten Auswirkungen (CO₂-Äquivalente) sind im Überblick mit der Umstellung auf die Gesamt-Kunststofftonne verbunden?
- Verbessert sich bei der Einführung einer Gesamt-Kunststofftonne die Qualität der Verpackungssammlung in Bezug auf den Erfassungsgrad als auch bezüglich der stofflichen Verwertungsquote?
- Welche Verwertungsmöglichkeiten, betreffend Quantität und Qualität, bestehen für die Kunststoffanteile im Sperrmüll?

2.2 Verwertung, Trends und Märkte

- Welche Kunststoffsorten sind für eine stoffliche Verwertung technologisch, ökonomisch und ökologisch geeignet?
- Gibt es nationale oder internationale Märkte für das gesammelte Material?
- Wie stellt sich die Marktentwicklung für die gängigsten Kunststoffarten in den letzten fünf Jahren dar und lassen sich daraus Trends ableiten?
- Wie stellt sich die Marktentwicklung für Sekundärrohstoffe aus Kunststoff dar?
- Welches stoffliche und thermische Verwertungspotential besteht für die getrennt erfassten Kunststoffverpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen?
- Wie stellt sich die Restmüllzusammensetzung vor und nach der Systemumstellung dar und welchen Heizwert weist der Restmüll in beiden Fällen auf?

2.3 Kosten

- Welche Kosten treten pro Cluster und Sammelsystem bis zu einer Sortieranlage auf?
- Welche Kostenänderungen je Cluster und Sammelsystem können bei einer Umstellung auf die Gesamt-Kunststofftonne beobachtet werden?
- Welche detaillierten Kosten – Sortierkosten, Logistikkosten, Vermarktungskosten und Verwertungskosten – treten auf?
- Können Erlöse bei der Vermarktung der getrennt erfassten Kunststoffe erzielt werden?

Nichtziele sind die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Einführung einer Gesamt-Kunststofftonne sowie die Abgrenzung der Eigentumsverhältnisse.

Die aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse, zu welchen Kosten und Bedingungen eine Umstellung für einen Verband/eine Stadt umsetzbar ist, sollen als Basis für die Entscheidung der niederösterreichischen Landesregierung und Umweltverbände herangezogen werden.

3 Definitionen

Dieses Kapitel dient der Darstellung einzelner Begriffsdefinitionen, um den Denk- und Lesefluss des Berichtes aufrecht zu erhalten.

Erfassungspotential (Wertstoffpotential)

Die am Ort der Abfallentstehung tatsächlich anfallende Menge an Wertstoff, und damit die theoretische Obergrenze der erfassbaren Menge von Wertstoffen.

$$\text{Erfassungspotential} = \text{Masse Wertstoff in Gelber Tonne} + \text{Masse Wertstoff in RM}$$

Erfassungsquote (Wertstoffquote)

Sagt aus wie viel des produzierten Mülls nicht im Restmüll landet, sondern nach Altstoffen getrennt gesammelt wird. Somit ergibt sich das Verhältnis zwischen produzierten Müll und der in Altstoffsammelstellen (Gelbe Tonnen) erfassten Stoffe.

$$\text{Erfassungsquote} = \frac{\text{Masse Wertstoff in Gelber Tonne}}{\text{Masse Wertstoff Erfassungspotential}} * 100$$

Sortierquote (Gelbe Tonne)

Die Sortierquote ergibt den Anteil der aus der Leichtverpackungssammlung erfassten und aussortierten Wertstoffmenge. Die Masse der erfassten Wertstoffe ist die Summe aus den Massen der Gelben Tonne und den Massen der Altstoffsammelzentren.

$$\text{Sortierquote} = \frac{\text{Masse Wertstoff verwertbar}}{\text{Masse Wertstoff erfasst}} * 100$$

Verwertungsquote

Die Verwertungsquote ist das Erfassungspotential minus den Verlusten aus der Sortierung (Fehlwürfe, Störstoffe, Verunreinigungen,...). Dafür muss die Sortierquote erhoben werden.

$$\text{Verwertungsquote} = \frac{\text{Masse Wertstoff verwertbar}}{\text{Wertstoffpotential}} * 100$$

Leichtverpackungen (LVP)

Im Zuge des vorliegenden Berichtes fallen unter den Begriff Leichtverpackungen folgende Sammelfractionen (ARA 2014):

- Kunststoffflaschen für Getränke, Wasch- und Reinigungsmittel sowie Körperpflegemittel
- Joghurtbecher
- Kunststoffsäcke und -tragetaschen
- Kunststofftuben und -kanister
- Kunststoffdeckel und -verschlüsse
- Blister-Verpackungen
- Styropor-Verpackungen
- Obst- und Fleischtassen aus Kunststoff
- Kunststoffnetze und Jutesäcke
- Holzsteigen

Stoffgleiche Nichtverpackung (StNVP)

Im Rahmen der Studie fallen unter den Begriff stoffgleiche Nichtverpackungen unter anderen folgende Sammelfractionen (UBA 2011):

- Folien wie Frischhaltefolien, Dokumentenhüllen und Kunststoffhandschuhe
- Kinderspielzeug
- Frischhalteboxen
- Videokassetten sowie CD- und DVD-Hüllen
- Blumenkästen
- Dämmplatten aus expandiertem Polystyrol
- Filzstifte und Kugelschreiber
- Einwegspritzen
- Kleiderbügel
- Putzeimer und Wäschekörbe
- Fold-, Transport- und Stapelkisten

4 Stand der Erkenntnisse zur Wertstofftonne

Hauptsächlich sind Modellvorhaben aus Deutschland bekannt, deren Ausführung und Ergebnisse nachfolgend dargestellt werden. Zusätzlich wurde auch in Österreich ein Pilotprojekt in der Steiermark durchgeführt. Zu diesem Projekt sind jedoch keine Daten vorhanden.

4.1 Projekte und deren Status

In einigen Gebieten von Deutschland bestehen bereits getrennte Wertstofffassungssysteme, in welchen neben Leichtverpackungen auch stoffgleiche Nichtverpackungen gesammelt werden. Dies ist auf das Kreislaufwirtschaftsgesetz des Bundes zurückzuführen, das bereits früh die Erfassung von Wertstoffen fokussierte. Vor allem seit der Novelle im Jahre 2010, die Schaffung rechtlicher Grundlagen für eine künftige Wertstofftonne beinhaltete, erfolgen detailliertere wissenschaftliche Betrachtungen der Wertstoffsammelsysteme. (BSR 2010) Insbesondere die Vereinheitlichung dieser wurde diskutiert.

Mit dem Ziel eines einheitlichen modifizierten Wertstoffsammelsystems startete auch das Planspiel des deutschen Umweltbundesamtes im Jahre 2010. Im Zuge der Untersuchungen wurde die Idealzusammensetzung der Wertstofftonne, geeignete Finanzierungsmodelle sowie rechtliche Rahmenbedingungen zur Umsetzung analysiert und diskutiert. Detaillierte und wissenschaftlich fundierte Ergebnisse wurden 2011 veröffentlicht und dienen unter anderem als Grundlage für die vorliegende Studie. (UBA 2011)

In Deutschland existierten 2013 bundesweit 426 LVP-Vertragsgebiete, wovon in 18 die Wertstofftonne bereits flächendeckend und in 11 weiteren in Teilgebieten eingeführt wurde. Zudem bestanden 2013 für 12 Vertragsgebiete Pläne zur Einführung einer Wertstofftonne. Die nachfolgende Tabelle soll eine übersichtliche Darstellung einiger in Deutschland eingeführter Wertstoffsammelsysteme ermöglichen. Dabei ist zu beachten, dass es sich um ausgewählte Projekte handelt, die Daten dem Stand von Jänner 2013 entsprechen und die Wertstoffsammelsysteme meist nicht auf Kunststoffleichtverpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen aus Kunststoff beschränkt sind. (UBA 2011; Bartnik 2013)

Tabelle 1: Übersicht einiger in Deutschland eingeführter Wertstoffsammelsysteme (Stand: Jänner 2013)

| Gebiet | Laufzeit | Titel | Sammelfraktionen | Ergänzungen | Wissenschaftliche Begleitung |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------|--|---|------------------------------|
| Rhein-Neckar-Kreis | seit 1993 | Sondersammelsystem LVP | LVP (K* & M**) + PPK | Erweiterung der kommunalen Wertstoffsammlung; flächendeckend eingeführt | Nein |
| Landkreis inkl. Stadt Karlsruhe | seit 1993 | Sondersammelsystem LVP | LVP (K & M) + PPK + Holz | Erweiterung der kommunalen Wertstoffsammlung; flächendeckend eingeführt | Nein |
| Stadt Leipzig | seit 09/2004 | Gelbe Tonne ^{plus} | LVP (K & M) + StNVP (K & M) + Elektrokleingeräte + Glühlampen | flächendeckend eingeführt | Ja |
| Stadt Berlin | seit 01/2005 | Gelbe Tonne ^{plus} | LVP (K & M) + StNVP (K & M) + Holz (Kleinteile & Spielzeug) + Elektrokleingeräte | Testgebiet mit ca. 410.000 Wohneinheiten mit ca. 750.000 Einwohnern | Ja |
| Stadt Hamburg | seit 06/2006 | Hamburger Wertstofftonne | LVP (K & M) + StNVP (K & M) + Holz + Elektrokleingeräte | flächendeckend eingeführt | Ja |

| | | | | | |
|--|--------------|-----------------------------|---|--|------|
| Stadt Berlin | seit 05/2009 | Service Orange | StNVP (K & M) + Holz + Alttextilien + Elektro- kleingeräte | Testgebiet mit 6.000 Wohneinheiten | Ja |
| Landkreis Aurich | seit 01/2010 | Gelber Sack ^{plus} | LVP (K & M) + StNVP (K & M) | Sammlung in Säcken; flächendeckend eingeführt | Nein |
| Ostalbkreis | seit 01/2010 | Rohstofftonne | LVP + Restmüll + Bioabfall + Papier jeweils in separaten Säcken | Projekt im Teilgebiet der Stadt Schwäbisch Gmünd; Separate Säcke werden nach Erfassung getrennt | Nein |
| Rosenberg im Neckar- Odenwaldkreis | seit 03/2010 | Trockene Wertstofftonne | Kunststoff + Metalle + Verbundstoffe + Scherben + Leder + Holz + Gummi | flächendeckend eingeführt | Nein |
| Stadt Dortmund | seit 01/2011 | Wertstofftonne | LVP (K & M) + StNVP (K & M) + Elektro- kleingeräte | flächendeckend eingeführt | Nein |

* = Kunststoff, ** = Metall

Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2011) und Bartnik (2013)

Weitere Projekte die der Erfassung der Sammelfractionen LVP und StNVP aus Kunststoffen sowie Metallen dienen wurden in den Städten Heidelberg, Offenbach, Darmstadt, Duisburg, Göttingen, Braunschweig und Köln sowie in den Landkreisen Konstanz, Main-Taunus, Hochtaunus, Unna, Meißen und Mittelsachsen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Modellvorhaben wurden allerdings nicht in ausreichender Qualität und Quantität der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

4.2 Ergebnisse der bislang durchgeführten Projekte

Bei der tieferen Ergebnisanalyse fand aus wissenschaftlichen Gründen eine Fokussierung auf die Projekte in Berlin, Leipzig und Hamburg statt. Hier sind Daten in ausreichender Qualität und Quantität vorhanden um Abschätzungen über die Sinnhaftigkeit einer Wertstofftonne zu ermöglichen.

4.2.1 Zuweisungskatalog und Ablauf der Pilotprojekte

Hier gilt es nochmals zu erwähnen, dass in Deutschland nicht nur Kunststoffe sondern auch Metalle, Holz und Elektrokleingeräte im Rahmen der Wertstofftonne gesammelt werden. Die nachfolgende Abbildung 1 stellt den Zuweisungskatalog der einzelnen Projekte graphisch dar.

| Stoffgruppen | Gelbe Tonne ^{Plus} Berlin | Gelbe Tonne ^{Plus} Leipzig | Hamburger Wertstofftonne |
|--|---------------------------------------|--|-----------------------------|
| - Stoffgleiche Nichtverpackungen | | | |
| Kunststoffe | + | + | + |
| Fe-Metalle | + | + | + |
| Ne-Metalle | | | |
| - Aluminium | + | + | + |
| - Buntmetalle (ohne Alu) | + | + | + |
| - Nichtstoffgleiche Nichtverpackungen | | | |
| Holz | | | |
| - Kleinteile / Spielzeug | + | - | + |
| - Stückgröße bis max. Behältergröße | - | - | + |
| Textilien | - | - | - |
| Elektro | | | |
| - Elektrokleingeräte | + | + | + |
| - Glühlampen | - | + | - |
| - Batterien | - | - | - |

Abbildung 1: Zuweisungskatalog einzelner umgesetzter Wertstofftonnenprojekte laut UBA (2011)

Die Systemumstellung in der Stadt Berlin fand Ende des Jahres 2004 statt und wurde anfänglich nur in Teilgebieten durchgeführt. Wissenschaftlich begleitet wurde das Projekt im Zeitraum von 2004 – 2006 von dem Unternehmen HTP Aachen. (UBA 2011)

2004 wurde auch in Leipzig die Gelbe Tonne^{plus} flächendeckend eingeführt. Hier erfolgte ebenfalls eine wissenschaftliche Begleitung von 2004 – 2006 durch das Unternehmen HTP Aachen. (UBA 2011)

In Hamburg wurde das Pilotprojekt im Jahr 2006 im Stadtteil Langhorn gestartet und 2007 auf die Stadtteile Wilstorf und Kirchdorf-Süd ausgeweitet. Ab 2011 wurden nur mehr LVP und StNVP der Wertstofftonne zugeordnet, Elektrokleingeräte wurden aus dem Zuweisungskatalog gestrichen. (UBA 2011)

Die Auswirkungen der Einführung eines Wertstofffassungssystems werden in den folgenden Unterkapiteln genauer dargestellt.

4.2.2 Auswirkungen der Einführung auf das Sammelgemisch

Die Projekte in Berlin, Leipzig und Hamburg wurden wissenschaftlich begleitet und deren Ergebnisse in diversen Abhandlungen veröffentlicht. Die Zusammenfassung der Auswirkungen auf qualitativer und quantitativer Ebene basiert somit auf einer fundierten Datenbasis – Schweitzer (2005), Langen et al. (2008), ATUS/INFA (2009), Lange (2010), Winterberg (2010). Die Veränderungen im Hinblick auf die LVP-Sammelmenge (Kunststoff und Metall) und die zugehörige Zusammensetzung können der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Auswirkungen der Systemumstellung auf die LVP-Sammelmenge und die zugehörige Zusammensetzung

| | Berlin | | Leipzig | | Hamburg | |
|--|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Gelbe Tonne ^{plus} | | Gelbe Tonne ^{plus} | | Wertstofftonne | |
| | Zusammensetzung | | Zusammensetzung | | Zusammensetzung | |
| | kg/E*a | % | kg/E*a | % | kg/E*a | % |
| Vor Systemumstellung | | | | | | |
| LVP | 6,1 | 39,1% | 14,4 | 55,8% | 10,5 | 66,5% |
| StNVP | 1,9 | 12,2% | 3,5 | 13,6% | 1,6 | 10,1% |
| NStNVP | 0,9 | 5,8% | 0,0 | 0,0% | 0,0 | 0,0% |
| Sonstige | 6,7 | 42,9% | 7,9 | 30,6% | 3,7 | 23,4% |
| Summe | 15,6 | 100,0% | 25,8 | 100,0% | 15,8 | 100,0% |
| Nach Systemumstellung | | | | | | |
| LVP | 8,4 | 36,8% | 15,3 | 45,7% | 13,8 | 63,9% |
| StNVP | 4,0 | 17,5% | 5,7 | 17,0% | 3,3 | 15,3% |
| NStNVP | 2,8 | 12,3% | 2,1 | 6,3% | 0,0 | 0,0% |
| Sonstige | 7,6 | 33,3% | 10,4 | 31,0% | 4,5 | 20,8% |
| Summe | 22,8 | 100,0% | 33,5 | 100,0% | 21,6 | 100,0% |
| Zuwachs durch die Systemumstellung (Bezogen auf die Werte vor Umstellung) | | | | | | |
| LVP | 2,3 | 14,7% | 0,9 | 3,5% | 3,3 | 20,9% |
| StNVP | 2,1 | 13,5% | 2,2 | 8,5% | 1,7 | 10,8% |
| NStNVP | 1,9 | 12,2% | 2,1 | 8,1% | 0,0 | 0,0% |
| Sonstige | 0,9 | 5,8% | 2,5 | 9,7% | 0,8 | 5,1% |
| Summe | 7,2 | 46,2% | 7,7 | 29,8% | 5,8 | 36,7% |

Quelle: Eigene Darstellung nach ATUS/INFA (2009)

In Berlin erhöhte sich die Sammelmenge aufgrund der Miterfassung von trockenen Wertstoffen von 15,6 kg/EW*a vor der Systemumstellung auf 22,8 kg/EW*a nach Einführung des Systems, was einem Zuwachs von 7,2 kg/EW*a entspricht. Dies ist größtenteils den drei Stoffgruppen LVP, StNVP und NStNVP zuzurechnen, welche ähnliche Zuwachsraten aufweisen. Die Mengen stammen hauptsächlich aus dem Restmüll und nur zu marginalem Teil aus dem Sperrmüll. Holz wurde daher nur in sehr geringen Mengen erfasst. Aufgrund des kleinen Zuwachses bei der Stoffgruppe Sonstige kann auf eine geringe Fehlwurfquote geschlossen werden. Zudem gilt zu erwähnen, dass Öffentlichkeitsarbeit während der Testphase betrieben wurde. (ATUS 2012)

In Leipzig stieg die Wertstoffmenge von 25,8 kg/EW*a vor der Umstellung des Systems auf 33,5 kg/EW*a danach, woraus sich eine Erhöhung von 7,7 kg/EW*a ergibt. Hier ist der Zuwachs hauptsächlich auf die drei Stoffgruppen StNVP, NStNVP und Sonstige zurückzuführen, was auf eine höhere Fehlwurfquote hinweist. Auch hier erfolgte die Mengenverlagerung hauptsächlich aus dem Restmüll.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die hohen Zuwächse zum Teil auch auf die getätigte Öffentlichkeitsarbeit zurückzuführen sind. (ATUS 2012)

In Hamburg konnte eine Mengenverlagerung aus dem Restmüll von 5,8 kg/EW*a beobachtet werden. Dies ist überwiegend auf den Zuwachs bei den Stoffgruppen LVP und StNVP zurückzuführen. Negative Randerscheinungen wie z.B. eine Sperrmüllverlagerung oder eine hohe Fehlwurfquote traten nicht auf. Allerdings schwankte die LVP-Sammelmenge nach Einführung der Wertstofftonne sehr stark je nach Siedlungsstruktur. So wiesen Großwohnanlagen eine Sammelmenge von 11-14 kg/EW*a auf, Mehrfamilienhausbebauungen von 17-24 kg/EW*a und Einfamilienhausbebauungen von 42-46 kg/EW*a. (ATUS 2012)

Detailliertere Sortieranalysen wurden für die Modellvorhaben der Städte Berlin und Leipzig durchgeführt und deren Ergebnisse veröffentlicht. Diese können der nachfolgenden Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Sortieranalysen für die Modellvorhaben in Berlin und Leipzig vor der Systemumstellung und Zuwachs nach der Systemumstellung

| Stoffgruppen | | Berlin | | Leipzig | |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | | Gelbe Tonne ^{plus} | Zuwachs | Gelbe Tonne ^{plus} | Zuwachs |
| | | kg/E*a | kg/E*a | kg/E*a | kg/E*a |
| Weißblech | LVP | 1,2 | 0,4 | 3,0 | 0,2 |
| | StNVP | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,8 |
| Aluminium | LVP | 0,5 | 0,2 | 1,0 | 0,4 |
| | StNVP | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,2 |
| Folien > A4 | LVP | 1,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 |
| | StNVP | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 0,1 |
| Standardverpackungs- polymere | LVP | 3,1 | 1,2 | 5,3 | 0,2 |
| | StNVP | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,4 |
| Sonst. Kunststoffe | LVP | 1,0 | -0,1 | 2,2 | 0,1 |
| | StNVP | 1,2 | 0,7 | 2,7 | 0,7 |
| FKN | LVP | 1,3 | 0,4 | 2,2 | 0,0 |
| Holz | LVP | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | NStNVP | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 0,3 |
| Elektrokleingeräte | NStNVP | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| PPK | NStNVP | 4,3 | 0,7 | 3,8 | 1,6 |
| Textilien | NStNVP | 0,4 | -0,1 | 0,7 | 0,7 |
| Rest | NStNVP | 3,6 | 0,3 | 6,9 | 0,9 |
| Summe | | 22,9 | 7,1 | 33,5 | 7,7 |

FKN = Flüssigkeitskarton

Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2011)

Noch anschaulicher werden die Auswirkungen der Einführung einer Wertstofftonne, wenn nicht nur die Sammelmengen betrachtet werden, sondern auch die Erfassungsquoten. Dabei handelt es sich um den Quotienten aus getrennt erfasstem Wertstoff und spezifischem

Wertstoffanteil in Restmüll und Wertstoffsammlung. Abbildung 2 zeigt die Erfassungsquoten vor und nach einer Systemumstellung für das Pilotprojekt der Stadt Leipzig.

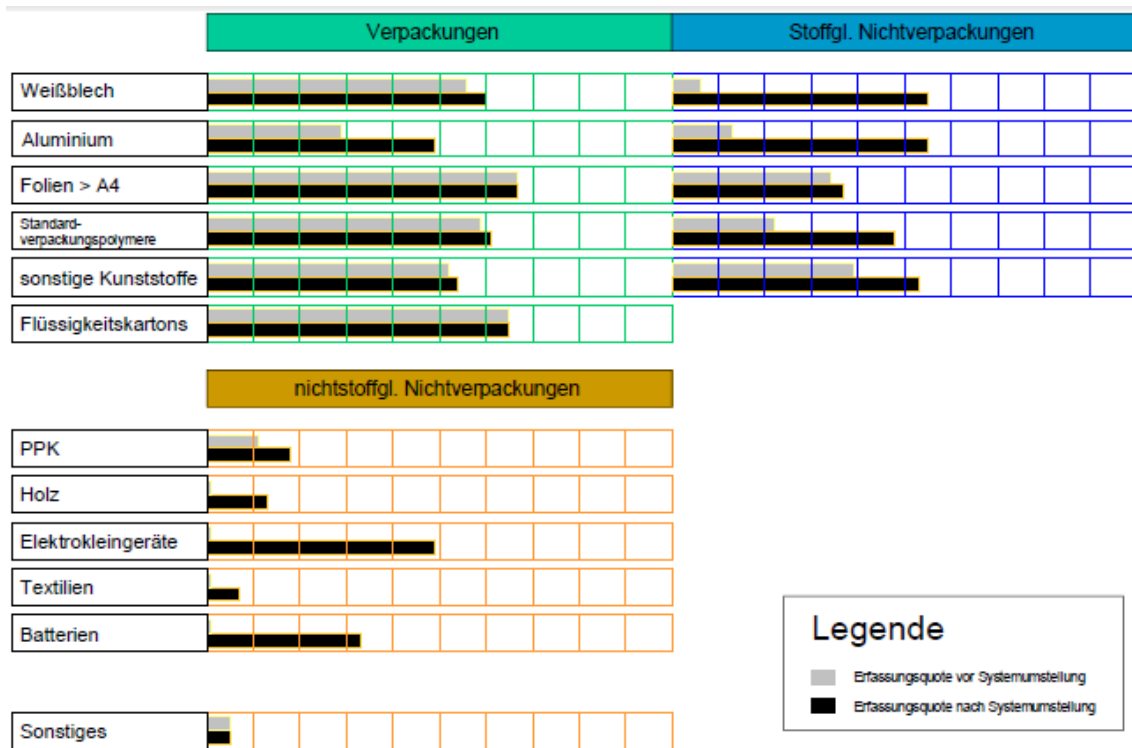


Abbildung 2: Erfassungsquoten vor und nach der Systemumstellung des Modellvorhabens der Stadt Leipzig (Skalierung jeweils 0-100%) laut UBA (2011)

Bei den Verpackungsstoffgruppen ist nur ein geringer Anstieg der Quoten ersichtlich, während bei den Gruppen der stoffgleichen Nichtverpackungen signifikante Erhöhungen zu beobachten sind. Auch bei den Stoffgruppen der NStNVP ist ein großer Zuwachs ersichtlich. Dies macht deutlich, dass die Wertstofftonne aufgrund der höheren Benutzerfreundlichkeit zu einer Steigerung der getrennt erfassten Wertstoffe führt.

Zusammenfassend können folgende Punkte als entscheidungsrelevant bezüglich der Einführung einer Wertstofftonne betrachtet werden:

- Die Systemumstellung führte zu einer Erhöhung der Sammelmengen.
- Es stieg neben der Erfassungsquote der StNVP auch die der LVP.
- Die Fehlwurfquote nahm nicht zu, sondern sank tendenziell.

Abschließend muss noch erwähnt werden, dass in dicht besiedelten Gebieten generell eine geringere Akzeptanz von Sammelsystemen vorliegt. Dies bedeutet, dass in ländlicheren Gebietsstrukturen hinsichtlich Quantität und Selektivität bessere Ergebnisse zu erwarten sind.

4.2.3 Auswirkungen der Einführung auf Sortieranlagen

Die Umstellung des Sammelsystems auf die Wertstofftonne führte in den Modellregionen zu einem Anstieg der Erfassungsmengen für Wertstoffe. Grundsätzlich sind die Sammelmengen von LVP in allen Modellregionen gestiegen jedoch ist der absolute Zuwachs in allen Regionen uneinheitlich. Die einzelnen Zunahmen der Wertstoffe sind bereits in Tabelle 2 und Tabelle 3 angeführt. Die ansteigenden Sammelmengen, sowie die veränderte Zusammensetzung in der Wertstofftonne machen sich auch auf der Seite der Sortieranlagen, mit höherer Beanspruchung der Sortierkapazitäten und Änderungsmaßnahmen bezüglich der Sortiertechnik, bemerkbar.

In den genannten Modellregionen (Leipzig, Berlin,...) sind die vorhandenen Sortieranlagen bereits so modifiziert, dass die Sortierung der neu zusammengesetzten Wertstofftonne nur mit geringen Investitionen realisiert werden kann.

Modifizierungen für die veränderte Aufgabenstellung der LVP-Sortierung sind (UBA 2011):

- Die Auslegung des Anlieferungslagers sollte eine Getrennthaltung verschiedenen Inputmaterials ermöglichen.
- Eine Rückführung des Grobkorns über einen Zerkleinerer sollte installiert werden. So können sperrige Komponenten automatisch mitverarbeitet werden.
- Eine EBS Trennstufe für stofflich nicht verwertbare Anteile.
- Kunststoffartensortierung (Sortierung in Polymere wie PE, PP, PS, PET.)
- Zusätzliche manuelle Sortierung für großteilige StNVP

5 Modell

Als Basis für das Modell wird auf die zur Verfügung gestellten Daten von Niederösterreich, Interviews mit Fachleuten, Fachliteratur und Datenbanken zurückgegriffen. Mit Hilfe dieser Datengrundlage wird ein Modell aufgebaut, das die Veränderungen, die mit der Umstellung von der LVP-Sammlung zur Gesamtkunststofftonne einhergehen, prognostiziert. Für den Aufbau des Modells werden die Modellebenen Sammlung, Sortierung, Verwertung sowie die Transporte zwischen den Verarbeitungsschritten, analysiert. Die Untersuchung der Veränderungen, die mit der Systemumstellung zu erwarten sind, erfolgt innerhalb einer definierten Systemgrenze, die entlang der abfallwirtschaftlichen Prozesse verläuft. Als Referenzmodell wird die Sammlung, Sortierung und Verwertung von Restmüll betrachtet.

Für die Bewertung der Systemebenen werden die Kriterien Mengenverschiebung, sowie ökonomische und umweltrelevante Auswirkungen herangezogen. Das Kriterium Mengenverschiebung beschreibt den veränderten Beanspruchungsgrad der Sammelbehälter. Es soll ermittelt werden, mit welchem Mehrbedarf bzw. Minderbedarf an Kubatur nach der Systemumstellung, gerechnet werden kann. Ebenso wird mit diesem Kriterium der Zuwachs an Sekundärrohstoffen dargestellt. Mit dem ökonomischen Kriterium sollen die Kostenveränderungen der Systemebenen bewertet werden. Mögliche Einsparung bzw. Zusatzkosten bei der Sammlung, Sortierung und Verwertung sollen betrachtet werden. Die Beschreibung der ökologischen Auswirkung der Systemumstellung erfolgt auf Basis von CO₂-Äquivalent-Emissionen (CO₂, CH₄, N₂O) der einzelnen Systemebenen. Potentielle Emissionseinsparungen oder Mehremissionen sollen aufgezeigt werden. Anhand dieser drei Kriterien werden die beiden Sammelsysteme, LVP und RM, innerhalb der nachfolgend definierten Systemgrenzen bewertet. (Abbildung 3 und Abbildung 4)

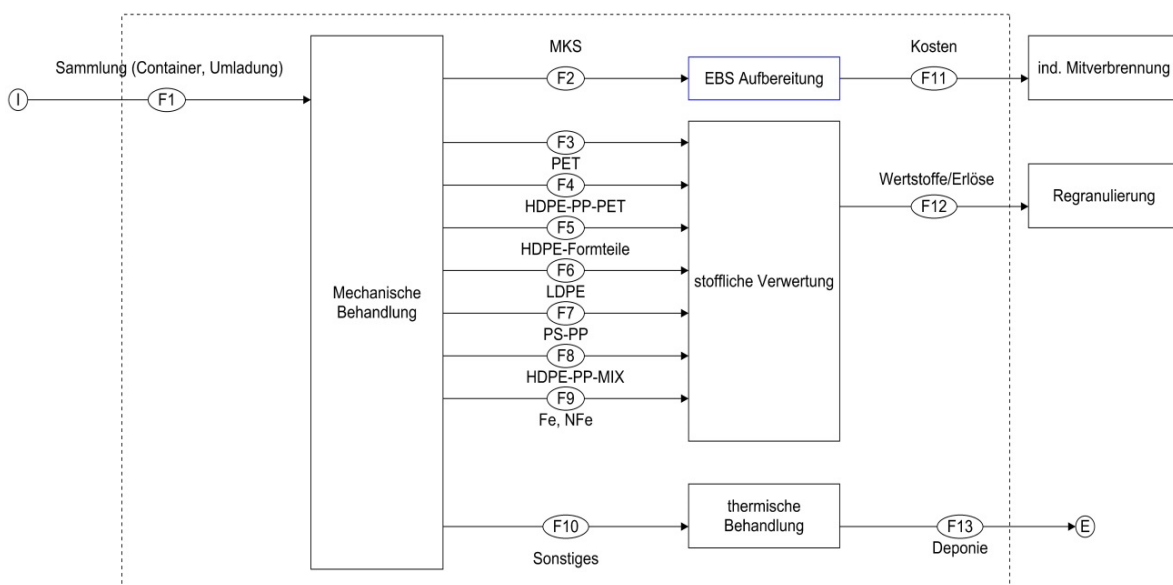


Abbildung 3: LVP-Sammelsystem inkl. Systemgrenze (punktirierte Linie)

Wie bereits erwähnt beinhaltet die Systemgrenze alle abfallwirtschaftlichen Prozesse. Die Kunststoffabfälle werden gesammelt und als Inputmaterial in die mechanische Behandlung eingebracht. Die angelieferten Mengen werden in die Fraktionen sortenreine Kunststoffe (PET, PP, HDPE etc.), MKS, Eisen, Nichteisenmetalle und Sonstiges sortiert. Danach folgen je nach Outputfraktion die Verwertungsmöglichkeiten Aufbereitung zu Ersatzbrennstoffen (EBS), stoffliche oder thermische Verwertung.

Bei der stofflichen Verwertung wird die Systemgrenze vor dem industriellen Prozess, Regranulierung, gezogen. Es wird davon ausgegangen, dass der in Ballen gepresste Wertstoff ab Hof vom Granulathersteller übernommen wird, welcher die weiteren Kosten trägt. Betrachtet werden daher nur die Kosten der Sortierung sowie die Erlöse aus dem Verkauf der Wertstoffe. Gutschriften werden über die Sekundärkunststoffe generiert, die als Substitut für den Primärrohstoff Ethylen erachtet werden.

Die Mischkunststofffraktion wird hauptsächlich in EBS-Aufbereitungsanlagen geliefert. Die Systemgrenze schließt die Kosten der Übernahme des Materials mit ein. Die darauffolgende industrielle Mitverbrennung steht außerhalb der Systemgrenze. Da dieser Verwertungsschritt die kommunale Abfallwirtschaft nicht direkt betrifft. Hinsichtlich der ökologischen Bewertung gilt zu sagen, dass eine Gutschrift für die Verwertung von EBS-Material als Substitut für den Primärenergieträger Erdgas angesehen wird.

Auch die direkte thermische Verwertung ist Teil des betrachteten Systems. Die direkte thermische Verwertung hat einen ökonomischen und ökologischen Einfluss auf die NÖ-Abfallwirtschaft. Die bei der Verbrennung entstehende Feuerwärmeleistung stellt eine Gutschrift dar, und wird als Substitut für Fernwärme betrachtet.

Zusätzlich befinden sich innerhalb der Systemgrenze alle Transporte die von der Sammlung in die Sortierung und von der Sortierung zur Verwertung benötigt werden.

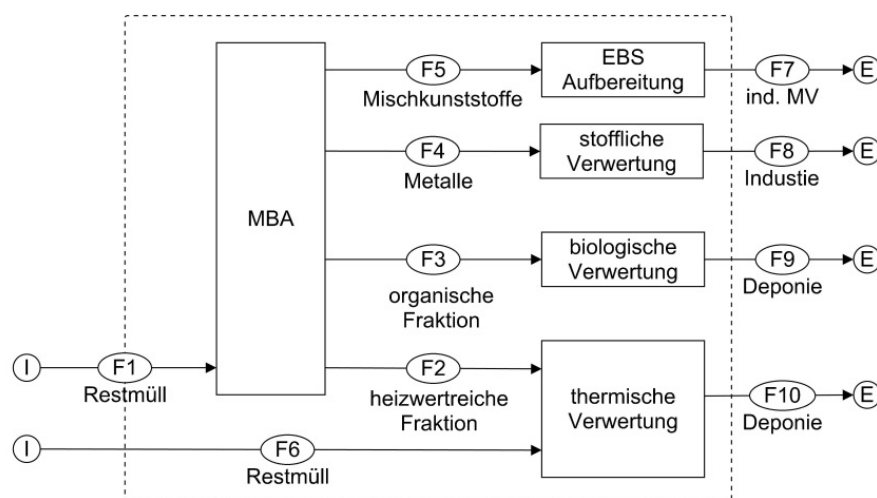


Abbildung 4: RM-Sammelsystem inkl. Systemgrenze (punktirierte Linie)

Das RM-Sammelsystem beinhaltet ebenfalls die Modellebenen Sammlung, Sortierung, Verwertung und Transporte. Der Inputstrom wird zu rund 17% in mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) transportiert. Die restlichen 83% des Restmülls werden direkt thermisch verwertet. In der MBA werden sowohl Mischkunststoffe als auch Metalle aussortiert. Ersteres wird einer EBS-Aufbereitung, letzteres einer stofflichen Verwertung zugeführt.

Eine mögliche Deponierung von Kunststoffabfällen oder Restmüll wird aufgrund der geringen Relevanz nicht betrachtet.

Die Eckdaten der abfallwirtschaftlichen Systemebenen, Sammlung, Sortierung und Verwertung werden in den nächsten Kapiteln genauer aufgelistet.

5.1 Allgemein

Die NÖ Umweltverbände mit Sitz in der Landeshauptstadt St. Pölten ist eine gemeinsame Plattform zur Zusammenarbeit von 22 NÖ Umweltverbänden, 3 Städten bzw. Statutarstädten und dem Land Niederösterreich. Dieser Verein wurde bereits 1993 gegründet und bildet die Basis der niederösterreichischen abfallwirtschaftlichen Organisation. Hinsichtlich der Kunststoffabfälle liegen in Niederösterreich sechs verschiedene Sammelsysteme vor:

- B910 LVP / Bringsystem (Behälter oder Sack)
- H910 LVP / Holsystem (Behälter oder Sack)
- B914 Kunststoffflaschen / Bringsystem (Behälter)
- H914 Kunststoffflaschen / Holsystem (Behälter oder Sack)
- H930 Leicht- und Metallverpackungen / Holsystem (Behälter oder Sack)
- H934 Kunststoffflaschen und Metallverpackungen / Holsystem (Sack)

Eine Einteilung der Verbände und Städte nach Sammeltypen ist in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich. Das Sammelsystem H930 wird aufgrund fehlender Daten und geringer Relevanz nicht gesondert betrachtet.

Tabelle 4: Einteilung der NÖ Verbände und Städte nach Sammeltypen

| Verband | | |
|----------------|--------------------------|------------------|
| Nr. | Name | Sammeltyp |
| 1 | Vbd Amstetten | B910 |
| 15 | Vbd Mödling | B910 |
| 2 | Vbd Baden | H910 |
| 3 | Vbd Bruck a.d. Leitha | H910 |
| 7 | Vbd Horn | H910 |
| 10 | Vbd Lilienfeld | H910 |
| 11 | Vbd Melk | H910 |
| 17 | Vbd St. Pölten | H910 |
| 18 | Vbd Scheibbs | H910 |
| 21 | Vbd Wr. Neustadt | H910 |
| 50 | Stadt Klosterneuburg | B914 |
| 60 | Stadt Krems | B914 |
| 5 | Vbd Gmünd | H914 |
| 9 | Vbd Krems | H914 |
| 19 | Vbd Tulln | H914 |
| 20 | Vbd Waidhofen a.d. Thaya | H914 |
| 23 | Vbd Zwettl | H914 |
| 70 | Stadt St. Pölten | H914 |
| 16 | Vbd Neunkirchen | H930 |
| 4 | Vbd Gänserndorf | H934 |
| 6 | Vbd Hollabrunn | H934 |
| 8 | Vbd Korneuburg | H934 |
| 12 | Vbd Mistelbach | H934 |
| 13 | Vbd Laa a.d. Thaya | H934 |
| 22 | Vbd Schwechat | H934 |
| 99 | Nichtverbandsgemeinden | H910, 930, 934 |

Neben der Ermittlung der Ergebnisse anhand der Sammelsysteme erfolgt zusätzlich eine Betrachtung der Resultate auf Basis der niederösterreichischen Cluster. Die Einteilung der Verbände und Gemeinden nach Clustern wurde im Zuge einer Studie mit dem technischen Büro Hauer entwickelt und erfolgte nach den Kriterien Besiedlungsdichte, Einwohner je Gebäude, Beschäftigte und Pendler je Einwohner, Anteil Beschäftigter des primären, sekundären und tertiären Sektors sowie Nächtigungen je Einwohner. Die Einteilung der Verbände und Städte nach Cluster wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Einteilung der NÖ Verbände und Städte nach Cluster

| Verband | | Cluster |
|---------|--------------------------|---------|
| Nr. | Name | |
| 3,00 | Vbd Bruck a.d. Leitha | 1 |
| 4,00 | Vbd Gänserndorf | 1 |
| 6,00 | Vbd Hollabrunn | 1 |
| 9,00 | Vbd Krems | 1 |
| 11,00 | Vbd Melk | 1 |
| 12,00 | Vbd Mistelbach | 1 |
| 13,00 | Vbd Laa a.d. Thaya | 1 |
| 17,00 | Vbd St. Pölten | 1 |
| 20,00 | Vbd Waidhofen a.d. Thaya | 1 |
| 21,00 | Vbd Wr. Neustadt | 1 |
| 23,00 | Vbd Zwettl | 1 |
| 1,00 | Vbd Amstetten | 2 |
| 2,00 | Vbd Baden | 2 |
| 5,00 | Vbd Gmünd | 2 |
| 7,00 | Vbd Horn | 2 |
| 8,00 | Vbd Korneuburg | 2 |
| 10,00 | Vbd Lilienfeld | 2 |
| 16,00 | Vbd Neunkirchen | 2 |
| 18,00 | Vbd Scheibbs | 2 |
| 19,00 | Vbd Tulln | 2 |
| 15,00 | Vbd Mödling | 3 |
| 22,00 | Vbd Schwechat | 3 |
| 50,00 | Stadt Klosterneuburg | 3 |
| 60,00 | Stadt Krems | 4 |
| 70,00 | Stadt St. Pölten | 4 |

Quelle: Eigene Darstellung (Grundlage von Hauer Studie)

Die Sammelmengen von Restmüll (RM) und Leichtverpackungen (LVP) aufsummiert, je nach Cluster bzw. Sammeltyp, führen zu folgender Tabelle:

Tabelle 6: Aufstellung der Sammelmengen nach Cluster und Sammeltyp für Restmüll und Leichtverpackungen

| Cluster | Restmüll | | Leichtverpackung | |
|------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| | t/a | kg/EW*a | t/a | kg/EW*a |
| 1 | 86.558 | 135,5 | 11.469 | 18,0 |
| 2 | 87.976 | 141,9 | 10.295 | 16,6 |
| 3 | 33.823 | 166,2 | 3.270 | 16,1 |
| 4 | 15.051 | 198,4 | 531 | 7,0 |
| Nichtverbandsgemeinden | 11.775 | 146,6 | 1.093 | 13,6 |
| Summe | 235.183 | 145,3 | 26.658 | 16,5 |
| Sammelsystem | | | | |
| *910 | 128.069 | 144,1 | 18.814 | 22,3 |
| 914 | 52.697 | 150,7 | 2.754 | 7,9 |
| 930 | 13.796 | 161,7 | 656 | 7,7 |
| 934 | 40.621 | 137,7 | 4.434 | 15,0 |
| Summe | 235.183 | 145,3 | 26.658 | 16,5 |

* = Aufgrund mangelnder Datenlage wurden die Mengen der Nichtverbandsgemeinden zum 910 System dazugerechnet.

Aus der obigen Tabelle wird ersichtlich, dass das Cluster 4, welches am dichtesten besiedelt ist, den höchsten Wert für kg/EW*a bei Restmüll sowie den niedrigsten bei LVP aufweist. Je niedriger die Besiedlungsdichte (sinkt von Cluster 4 bis 1), umso höher ist die LVP-Sammelmenge pro EW, was auf eine stärkere Trennmoral der ländlichen Regionen hinweist. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den vorab genannten Forschungsergebnissen deutscher Studien. Die Nichtverbandsgemeinden werden aus dieser Betrachtung ausgenommen.

5.2 Sammlung

Hinsichtlich der Müllfassung erfolgt prinzipiell eine Unterscheidung zwischen der getrennten Sammlung und der RM-Sammlung. Das Ziel bei der getrennten Erfassung ist eine erhöhte Sortenreinheit der Müllfraktionen im Vergleich zur RM-Sammlung, was in weiterer Folge zu einer verbesserten Wiederverwertung der gesammelten Wertstoffe führt.

5.2.1 Aufkommen an Leichtverpackungen

Die Sortier- und Verwertungseigenschaften von Kunststoffen sind eine Funktion ihrer physikalischen und stofflichen Charakteristika. Relevante Parameter hinsichtlich Recyclingtechnologien sind unter anderem Form, Farbe, Größe, elektrische und magnetische Eigenschaften oder der Verschmutzungsgrad.

Eine detaillierte Untersuchung einzelner Verpackungen ist aufgrund der Vielzahl der Ausprägungen nicht durchführbar. Um eine Komplexitätsreduktion zu erreichen werden die Sammelfraktionen auf Basis einer Sortieranalyse der LVP-Sammelmenge (ARA 2012) den Gruppen LVP, StNVP und Fehlwürfe zugeteilt. Die Ergebnisse der Sortieranalyse und die Einordnung können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Diese Zusammensetzung stellt in weiterer Folge die Basis für die Berechnungen dar. Hinsichtlich der Fehlwürfe wird angenommen, dass nach der Umstellung die Fehlwürfe auf demselben Niveau bleiben wie vor der Umstellung (13 Massen-%).

Tabelle 7: Ergebnisse der Sortieranalyse der LVP-Sammelmenge 2012

| Fraktion | Massenanteil LVP |
|---------------------------|-----------------------------|
| PET Flaschen | 18,0% |
| HDPE Hohlkörper | 6,0% |
| Folien gesamt | 28,0% |
| PS/PP Becher | 9,0% |
| sonstige KunststoffVP | 8,0% |
| Getränkeverbundkarton | 7,0% |
| sonstige Materialverbunde | 2,0% |
| sonstige Verpackungen | 1,0% |
| Summe LVP | 79,0% |
| StNVP | 8,0% |
| Fehlwürfe | 13,0% |
| Summe | 100,0% |

Quelle: Eigene Darstellung nach ARA (2012)

Die genaue Zuteilung von Fraktionen zu den einzelnen Gruppen können auch den Begriffsdefinitionen (siehe Kapitel 3) entnommen werden.

Das Gesamtaufkommen an LVP-Sammelgemisch lag im Jahr 2013 in Niederösterreich bei rund 26.700 t. Bei weiteren Kalkulationen wird bei den Jahresfrachten von dieser Grundmenge ausgegangen. Die folgende Tabelle zeigt die Mengen je Abfallwirtschaftsverband bzw. Stadt, sowie das gesamte Aufkommen.

Tabelle 8: LVP-Sammelmenge in Niederösterreich im Jahr 2013 nach Verbänden und Städten

| Nr. | Verband Name | EW | Sammelmenge 2013 | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|--------------|
| | | | LVP t | kg/EW |
| 1 | Vbd Amstetten | 123.953,00 | 2.603,13 | 21,00 |
| 2 | Vbd Baden | 139.496,00 | 2.997,14 | 21,49 |
| 3 | Vbd Bruck a.d. Leitha | 41.425,00 | 1.135,48 | 27,41 |
| 4 | Vbd Gänserndorf | 82.698,00 | 1.451,38 | 17,55 |
| 5 | Vbd Gmünd | 37.564,00 | 286,89 | 7,64 |
| 6 | Vbd Hollabrunn | 48.942,00 | 673,04 | 13,75 |
| 7 | Vbd Horn | 31.334,00 | 708,47 | 22,61 |
| 8 | Vbd Korneuburg | 33.960,00 | 478,25 | 14,08 |
| 9 | Vbd Krems | 52.881,00 | 382,94 | 7,24 |
| 10 | Vbd Lilienfeld | 39.784,00 | 1.028,30 | 25,85 |
| 11 | Vbd Melk | 76.365,00 | 1.598,39 | 20,93 |
| 12 | Vbd Mistelbach | 49.192,00 | 802,09 | 16,31 |
| 13 | Vbd Laa a.d. Thaya | 17.307,00 | 294,40 | 17,01 |
| 15 | Vbd Mödling | 114.825,00 | 2.255,80 | 19,65 |
| 16 | Vbd Neunkirchen | 85.344,00 | 655,57 | 7,68 |
| 17 | Vbd St. Pölten | 83.331,00 | 2.002,05 | 24,03 |
| 18 | Vbd Scheibbs | 40.928,00 | 803,77 | 19,64 |
| 19 | Vbd Tulln | 87.631,00 | 733,28 | 8,37 |
| 20 | Vbd Waidhofen a.d. Thaya | 26.597,00 | 279,38 | 10,50 |
| 21 | Vbd Wr. Neustadt | 116.830,00 | 2.588,26 | 22,15 |
| 22 | Vbd Schwechat | 62.815,00 | 734,99 | 11,70 |
| 23 | Vbd Zwettl | 43.261,00 | 261,30 | 6,04 |
| 50 | Stadt Klosterneuburg | 25.918,00 | 279,14 | 10,77 |
| 60 | Stadt Krems | 23.947,00 | 254,40 | 10,62 |
| 70 | Stadt St. Pölten | 51.926,00 | 276,71 | 5,33 |
| 99 | Nichtverbandsgemeinden | 80.338,00 | 1.093,42 | 13,61 |
| Niederösterreich | | 1.618.592,00 | 26.657,97 | 16,47 |

Quelle: Eigene Darstellung nach (AWB 2013)

5.2.2 Restmüllaufkommen

Zur Ermittlung des Wertstoffpotentials im Restmüll werden eine Sortieranalyse sowie das Gesamtaufkommen als Datengrundlage benötigt. Die Formel zur Berechnung des Wertstoffpotentials ist in Kapitel 3 zu finden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Mengen je Abfallwirtschaftsverband bzw. Stadt, sowie das gesamte Aufkommen in Tonnen und kg/EW.

Tabelle 9: Restmüll-Sammelmenge in Niederösterreich im Jahr 2013 nach Verbänden und Städten

| Nr. | Verband Name | EW | Sammelmenge 2013 | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| | | | Restmüll t | kg/EW |
| 1 | Vbd Amstetten | 123.953,00 | 18.259,03 | 147,31 |
| 2 | Vbd Baden | 139.496,00 | 18.183,88 | 130,35 |
| 3 | Vbd Bruck a.d. Leitha | 41.425,00 | 5.280,04 | 127,46 |
| 4 | Vbd Gänserndorf | 82.698,00 | 11.686,12 | 141,31 |
| 5 | Vbd Gmünd | 37.564,00 | 5.284,67 | 140,68 |
| 6 | Vbd Hollabrunn | 48.942,00 | 6.398,42 | 130,73 |
| 7 | Vbd Horn | 31.334,00 | 3.858,96 | 123,16 |
| 8 | Vbd Korneuburg | 33.960,00 | 4.131,81 | 121,67 |
| 9 | Vbd Krems | 52.881,00 | 6.005,27 | 113,56 |
| 10 | Vbd Lilienfeld | 39.784,00 | 4.690,38 | 117,90 |
| 11 | Vbd Melk | 76.365,00 | 13.263,48 | 173,69 |
| 12 | Vbd Mistelbach | 49.192,00 | 6.856,20 | 139,38 |
| 13 | Vbd Laa a.d. Thaya | 17.307,00 | 2.351,94 | 135,90 |
| 15 | Vbd Mödling | 114.825,00 | 20.310,23 | 176,88 |
| 16 | Vbd Neunkirchen | 85.344,00 | 13.796,00 | 161,65 |
| 17 | Vbd St. Pölten | 83.331,00 | 8.936,98 | 107,25 |
| 18 | Vbd Scheibbs | 40.928,00 | 6.533,42 | 159,63 |
| 19 | Vbd Tulln | 87.631,00 | 13.237,99 | 151,07 |
| 20 | Vbd Waidhofen a.d. Thaya | 26.597,00 | 3.416,89 | 128,47 |
| 21 | Vbd Wr. Neustadt | 116.830,00 | 16.977,16 | 145,32 |
| 22 | Vbd Schwechat | 62.815,00 | 9.196,52 | 146,41 |
| 23 | Vbd Zwettl | 43.261,00 | 5.385,75 | 124,49 |
| 50 | Stadt Klosterneuburg | 25.918,00 | 4.315,88 | 166,52 |
| 60 | Stadt Krems | 23.947,00 | 3.602,01 | 150,42 |
| 70 | Stadt St. Pölten | 51.926,00 | 11.448,54 | 220,48 |
| 99 | Nichtverbandsgemeinden | 80.338,00 | 11.775,47 | 146,57 |
| Niederösterreich | | 1.618.592,00 | 235.183,03 | 145,30 |

Quelle: Eigene Darstellung nach (AWB 2013)

Eine Restmüll-Sortieranalyse wurde im Jahre 2011 durchgeführt. Es ist aber davon auszugehen, dass keine relevanten Abweichungen auftreten, sodass die Ergebnisse auch für das Jahr 2013 herangezogen werden können. Die Untersuchung lieferte im niederösterreichischem Durchschnitt folgende Resultate:

Tabelle 10: Ergebnisse der Restmüllsortieranalyse in NÖ 2011

| Fraktion | Mittlere Zusammensetzung NÖ 2013 | |
|---|----------------------------------|---------------|
| | kg/EW*a | Massen-% |
| PPK | 9,98 | 6,9% |
| Glas | 5,21 | 3,6% |
| Kunststoffe | 18,54 | 12,8% |
| <i>Kunststoffflaschen</i> | 2,26 | 1,6% |
| <i>Kunststoff Kübel und Kanister</i> | 0,30 | 0,2% |
| <i>Kunststoff Folien und Säcke (VP)</i> | 6,11 | 4,2% |
| <i>sonstige Kunststoffverpackungen</i> | 5,07 | 3,5% |
| <i>StNVP</i> | 4,80 | 3,3% |
| Kunststoffverbunde | 9,05 | 6,2% |
| <i>Verbund Getränkekartons</i> | 2,53 | 1,7% |
| <i>sonstige Verbundverpackungen</i> | 4,08 | 2,8% |
| <i>StNVP</i> | 2,44 | 1,7% |
| Metalle | 4,15 | 2,9% |
| Biogene Abfälle | 25,48 | 17,5% |
| Hygienewaren | 16,99 | 11,7% |
| Textilien | 5,91 | 4,1% |
| Holz | 1,30 | 0,9% |
| EAG | 1,07 | 0,7% |
| Problemstoffe | 1,02 | 0,7% |
| Sonstige Abfälle | 6,91 | 4,8% |
| Inertstoffe | 5,27 | 3,6% |
| Siebfraktion <40mm | 34,42 | 23,7% |
| Summe | 145,30 | 100,0% |

5.2.3 Erfassungsquoten

Die nachfolgende Tabelle 11 zeigt die Erfassungsquoten bezogen auf die LVP- Sammelmenge. Hier gilt zu beachten, dass die Fehlwurfmenge (2,14 kg/EW*a) in der Tabelle nicht dargestellt wird, da sie keinerlei Relevanz für die Berechnung der Erfassungsquote hat. Die durchschnittliche Erfassungsquote dient als Grundlage für die Berechnung der Mengenverschiebungen bei dem Minimal-, Maximal- und Realistischen-Modellen. Hier gilt zu beachten, dass die Fraktion „PS/PP-Becher“ nicht in die Berechnung einfließt, da diese nur in der LVP-Sortieranalyse Berücksichtigung fand. Zudem ist in der nachfolgenden Tabelle das spezifische Wertstoffpotential des Restmülls ersichtlich, insgesamt sind theoretisch rund 26 kg/EW*a an Wertstoffen abschöpfbar.

Tabelle 11: Ergebnisse der Restmüll- und LVP-Sortieranalyse inklusive der Erfassungsquoten für kunststoffartige Materialien

| Fraktion | Mittlere Zusammensetzung des Restabfalls NÖ 2011 | Mittlere Zusammen- setzung des LVP- Abfalls NÖ 2012 | Erfassungs- quoten |
|--|---|--|-----------------------|
| | kg/EW*a | kg/EW*a | |
| Kunststoffe | 17,27 | 12,02 | |
| <i>Getränkeflaschen</i> | 1,28 | 2,96 | 69,9% |
| <i>Kunststoffflaschen</i> | 0,99 | 0,49 | 33,4% |
| <i>Kunststoff Kübel und Kanister</i> | 0,30 | 0,49 | 62,3% |
| <i>Kunststoff Folien und Säcke (VP)</i> | 6,11 | 4,61 | 43,0% |
| <i>PS/PP Becher</i> | 0,00 | 1,48 | |
| <i>sonstige Kunststoffverpackungen (EBS)</i> | 5,07 | 1,32 | 20,6% |
| <i>StNVP</i> | 4,80 | 0,66 | 12,1% |
| Kunststoffverbunde | 9,05 | 2,31 | |
| <i>Verbund Getränkekartons (EBS)</i> | 2,53 | 1,15 | 31,3% |
| <i>sonstige Verbundverpackungen (EBS)</i> | 4,08 | 0,49 | 10,8% |
| <i>StNVP (EBS)</i> | 2,44 | 0,66 | 21,2% |
| Summe | 26,32 | 14,33 | |
| Durchschnitt | | | 33,9% |

EBS = Ersatzbrennstoff, Fraktion wird für die Mitverbrennung verwendet

5.2.4 Annahme der Mengenverschiebungen

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt dient die durchschnittliche Erfassungsquote als 33,9%ige Berechnungsgrundlage. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Mengenverschiebungen der Kunststofffraktionen im RM um 33,9% verringern und in der GKT wiederfinden. Diese Annahme gilt jedoch nur für das Sammelsystem 910. Da in Niederösterreich im Zuge der Einführung der GKT eine Vereinheitlichung aller Sammelsysteme auf das 910er System geplant ist, sind für die Sammelsysteme 914, 930 und 934 zusätzliche Mengenverschiebungen mit zu beachten. Diese zusätzlichen Mengenverschiebungen setzen sich folgendermaßen zusammen.

Angenommen wird, dass die Differenz aus der durchschnittlich gesammelten LVP-Menge NÖ (21,92 kg/EW*a) und der momentan gesammelten LVP Menge im jeweiligen Verband zusätzlich in die GKT kommt. Das heißt, dass sich die nicht 910er Sammelsysteme nach der Umstellung wie die 910er Sammelsysteme verhalten werden und durchschnittlich genauso viel LVP sammeln, als wie der niederösterreichische Durchschnitt. Zu diesen Mengenverschiebungen wird im Folgeschritt noch die 33,9 %ige Durchschnittserfassungsquote aus den noch im RM verbleibenden LVP-Mengen berechnet und zur Gesamtmengenverschiebung dazu addiert.

Zu erwarten ist außerdem, dass bei den Fehlwürfen mit einem Metallanteil von rund 7 M-% zu rechnen ist. Die Zuteilung von Kosten und Erlöse zu dem Metallanteil wurde in der Studie herausgenommen. Zum einen sind die Metalle aus Betracht gelassen worden, da für die Studie die Abschätzung der Mengenverschiebung der Kunststoffe im Fokus steht. Des Weiteren kann auch gesagt werden, dass die Miteinbeziehung der Metalle lediglich die Gesamtkosten und Gesamterlöse erhöht. Damit ist gemeint, dass die entlang der Modellebenen entstehenden Kosten und Erlöse, sich in der Gesamtkostenbetrachtung gegenseitig aufheben. Das liegt an den hohen Erlösen die mit dem Sekundärmaterial auf den Märkten erzielt werden kann (100 - 300 €/t).

5.2.5 Erfassungskosten

Die Kosten bei der Erfassung unterscheiden sich bei den beiden Sammelsystemen LVP und RM, da die Abfallfraktionen verschiedene Zusammensetzungen und damit auch voneinander abweichende Dichten aufweisen. Das liegt daran, dass die Abfallfraktion LVP überwiegend großflächige und hohle Kunststoffteile beinhaltet. Das Gewicht von 1 m³ LVP wird mit rund 30 kg berechnet, während 1 m³ RM ein Gewicht von ca. 130 kg hat (RU3 2012). Schlussendlich verursacht das große Volumen relativ zum geringen Gewicht Mehrfahrten die zu höheren Kosten führen. Die Erfassungskosten für das Sammelsystem LVP werden daher mit einer Summe von rund 273 €/t bewertet, wohingegen Kosten für die RM-Sammlung bei rund 135 €/t angenommen wurden.

5.2.6 Ökologische Betrachtung der Erfassung

Hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen sind in der Modellebene Sammlung die Fahrzeuge zur Erfassung des Abfalls zu betrachten. Diese weisen einen spezifischen Verbrauch von 17,60 l/t auf. (ÖWAV 2014) Mit einem Umrechnungsfaktor von 3,12 kg CO₂-Äquivalenten pro Liter (UBA 2013) können die Emissionen für die Sammlung von LVP und RM berechnet werden, welche sich vor der Umstellung auf rund 1.500 t CO₂-Äqu./a und ca. 12.900 t CO₂-Äqu./a belaufen. Genauere Details zur Berechnung können dem Excel-Modell entnommen werden.

5.3 Sortierung LVP und RM

Die Aufbereitungstechnik kennzeichnet den Begriff Sortierung als das Trennen eines Stoffgemisches in zumindest zwei Produkte unterschiedlicher Zusammensetzung. Zur Sortierung von Stoffgemischen wie zum Beispiel das Abtrennen von Eisenmetall aus LVP, werden die unterschiedlichen Materialeigenschaften der Stoffgruppen genutzt. Wichtige Trennmerkmale sind in der Aufbereitung die Dichte, die Form, die magnetische Übernahmefähigkeit, die elektrische Leitfähigkeit sowie die sensorisch messbaren Eigenschaften wie Farbe. (Cord & Kranert 2010) Die Sortierung stellt mittels dieser Aufbereitungsmöglichkeiten definierte Fraktionen für die weitere Verwertung her.

5.3.1 Stand der Technik der LVP-Sortierung

In LVP-Sortieranlagen werden Abfälle über automatische und mechanische Sortiertechniken in Wertstoffe und Reste getrennt und fraktioniert. Durch den Einsatz von Aggregaten wie Sackaufreißer, Trommelsiebe (Material wird nach Größe sortiert), Windsichter (Sortierung nach Gewicht), Ballistikseparator (Sortierung nach rollend-schwer und flächig-leicht), Magnete und Wirbelstromabscheider wird der Kunststoffabfall sortiert und über die Nahinfrarottechnik (NIR, sensorgestützte Sortierung) fraktioniert. (SUTCO 2014)

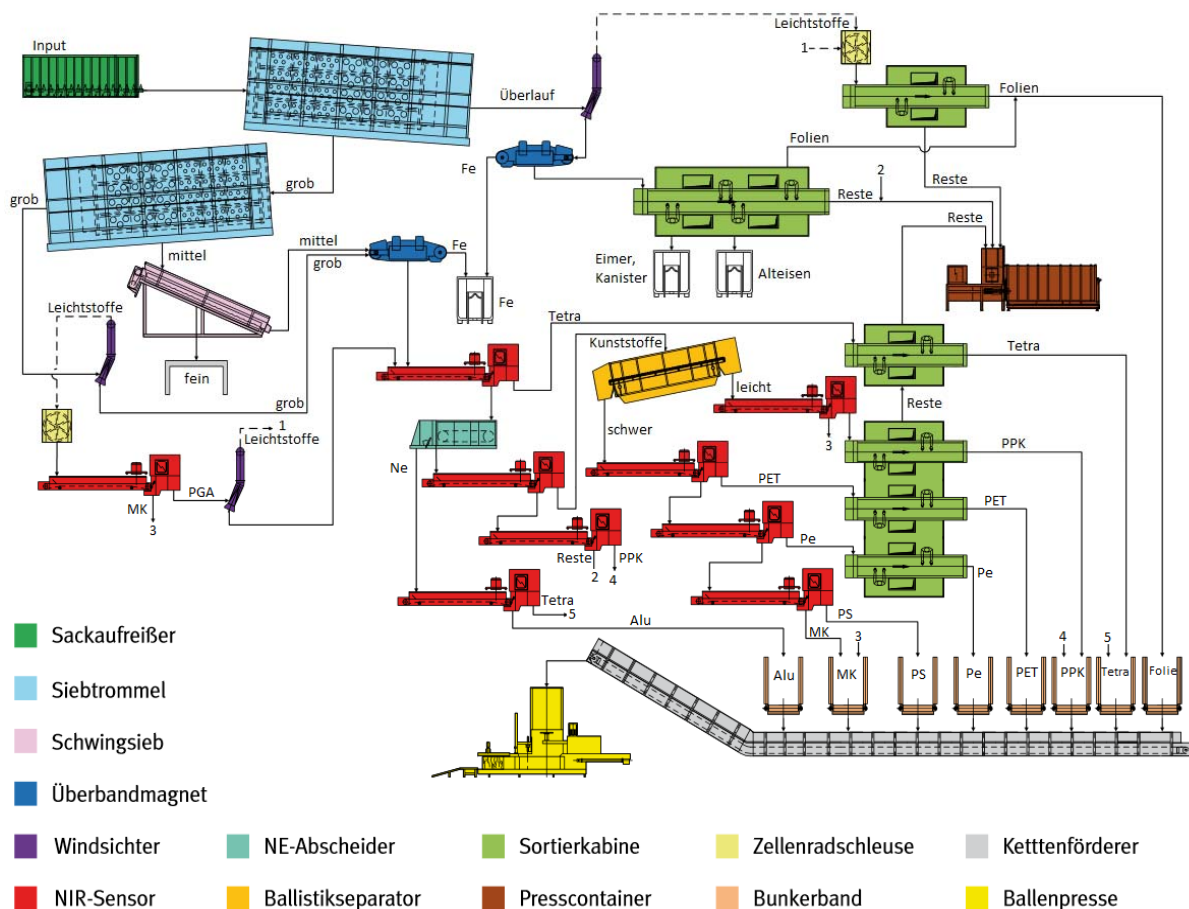


Abbildung 5: Schema LVP-Sortieranlage (12 t h⁻¹); eigene Darstellung nach SUTCO (2014)

Die schematische Darstellung einer LVP-Sortieranlage am Stand der Technik in der obigen Abbildung zeigt die Sortierschritte. Das Input Material wird in der Eingangsstufe, dem Sackaufreißer zugeführt. Hier wird das Material konditioniert und gleichmäßig in der Anlage verteilt. Beim vollständigen maschinellen Aufreißen soll nicht nur der Sammelsack, sondern auch die verschlossenen Kleingebinde aufgerissen werden.

In der ersten Trennstufe wird das Material in zwei Trennschnitte geteilt, in den Überlauf und das Grobkorn. Der Überlauf wird anschließend über einen Windsichter geführt um Leichtstoffe wie Folien abzusaugen. Die Leichtstoffe werden dann über eine Dosierpumpe (Zellenradschleuse) zur manuellen Sortierung weitergeleitet. Dabei werden die Wertstoffe von Fehlwürfen getrennt. Das Schwergut wird über einen Überbandmagnet geleitet um magnetische Bestandteile auszuheben. Der Rest wird zur manuellen Nachsortierung weitergeführt um dort nicht magnetische, aber elektrisch gut leitfähige Buntmetalle (Aluminiumdosen, Kupferdrähte) sowie Folien, Kanister und Eimer aus PE (Polyethylen) händisch nach zu sortieren. Die sortenreinen Wertstoffe sind für eine stoffliche Verwertung geeignet.

Die Grobkornfraktion aus der Siebtrommel wird über eine zweite Siebtrommel geführt. In diesem Prozessschritt wird das Inputmaterial in die Fraktionen Grob- und Mittelkorn geteilt. Über einen Windsichter werden dem Grobkorn die Leichtstoffe abgetrennt welche über eine Dosiermaschine (Zellenradschleuse) zu Überbandmagneten und einem NIR-Sensor (Nahinfrarotsensor) gelangen. In diesem Prozessschritt, dem wichtigsten Detektionsverfahren im Bereich der LVP-Sortierung, wird der Mischkunststoff ausgeschleust. Der Rest wird ein weiteres Mal mit einem Windsichter behandelt um die restlichen Leichtstoffe auszublasen. Dieser Materialstrom gelangt zur nächsten NIR-Sortierung wo sich die Ströme Grobkorn aus der ersten Windsichtung und der Strom Mittelkorn aus der Siebtrommel wieder vereinen. Die Fraktion Mittelkorn aus der zweiten Siebtrommel wird über ein Schwingsieb geführt. Hier erfolgt eine Abtrennung des Feinanteils. Die Fraktion Mittelkorn ohne Feinanteil wird über einen Überbandmagneten geführt.

Das nun konditionierte, klassierte und vorsortierte Material wird im Weiteren über eine Verkettung an unterschiedlich programmierten NIR-Modulen und manuellen Nachsortierungen in die einzelnen Wertstoffe (PE, PPK, Tetra, PET und PS) getrennt. Zusätzlich werden ein Nichteisenabscheider und ein Ballistikseparator zwischengeschaltet. Die getrennten Wertstoffe werden im letzten Prozessschritt über ein Kettenförderband zu einer Ballenpresse transportiert und versandfertig gepresst. (UBA 2011)

5.3.1.1 Nahinfrarotspektroskopie

Diese Sortiermethode gehört zu der sensorgestützten Sortierung, wo die Klabung automatisch und berührungslos erfolgt. Hier können verschiedene Trennmerkmale wie Form des Materials, Farbe, Glanz, molekulare Zusammensetzung, Dichte oder elektrische Leitfähigkeit herangezogen werden. Heute werden Sensoren eingebaut, die mit einer Kombination verschiedener Detektionsverfahren zur simultanen Erkennung ausgerüstet sind. Diese Multisensorik gewährleistet einen besseren Trennerfolg als einzelne Detektoren. (ÖWAV 2008)

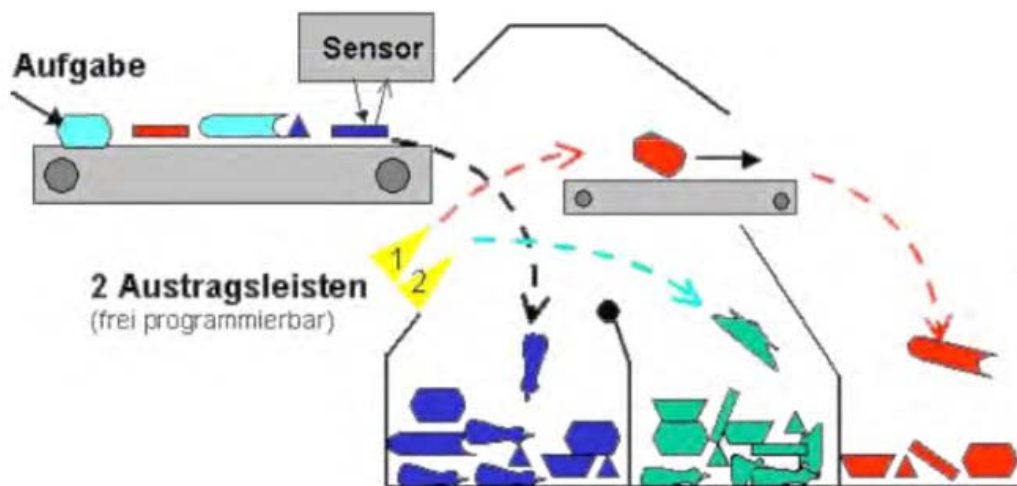


Abbildung 6: Nahinfrarot-Sortierung Verfahrensprinzip (MUL 2011)

Die vorhergehende Abbildung zeigt das Prinzip der Nahinfrarot-Sortierung. Über ein Förderband wird das zu sortierende Material zur Sensoreinheit befördert. Ein Strahlungsemitter (Halogenlampen (ÖWAV 2008)) regt an dieser Stelle das Material im nahinfraroten Bereich an. Die dadurch vom Material reflektierte Strahlung, die in bestimmten Wellenlängen auftritt, wird von einer optischen Scannereinheit, die oberhalb des Förderbandes angebracht ist, aufgenommen. Diese zeichnet das Spektrum der reflektierten Strahlung, sowie die Größe, Form und Position des im Abfallstrom befindlichen Objekts auf. In einer Recheneinheit wird das Objekt einer definierten Merkmalsklasse zugeordnet. Laut der Merkmalsklasse und der Parametrierung des Objekts, werden die Ausblasventile angesteuert, wodurch ein Ausschleusen in den jeweiligen Auswurfschacht erfolgt. (MUL 2011)

Vorteile der NIR-Technik: (MUL 2011)

- Sortiert berührungslos und zerstörungsfrei
- Sensoren sind robust
- Sensoren arbeiten nach objektiven Sortierkriterien und gleichmäßiger als herkömmliche Trennverfahren

- Gefahr von Fehlausträgen durch gegenseitige Behinderung und Verschleppung unterschiedlicher Bestandteile ist gering
- Hohe Reinheitsgrade werden erreicht
- Vollautomatischer Prozess, der Kosten und Zeit spart
- Softwaregesteuerte Datenverarbeitung ist lernfähig, womit sich die Zusammensetzung des Aufgabegutes verändern kann

Nachteile der NIR-Technik: (MUL 2011)

- Negative Beeinflussung des Trennergebnisses durch schwarze oder dunkle Materialien (zu geringe Reflektion die vom Sensor nicht erkannt wird)
- Probleme durch beschichtete Materialien (Zuweisung eines falschen Spektrums)
- Problematik der Überlagerung von Materialien auf dem Förderband
- Flächiger Kunststoff kann von den Austragsleisten nicht in die richtige Wurfparabel gebracht werden

5.3.1.2 Analyse der LVP-Sortieranlagen in NÖ

Als Datengrundlage für die Identifikation der in NÖ befindlichen LVP-Sortieranlagen und deren Standort wurde der ARA Leistungsbericht 2012 herangezogen. (ARA 2013)

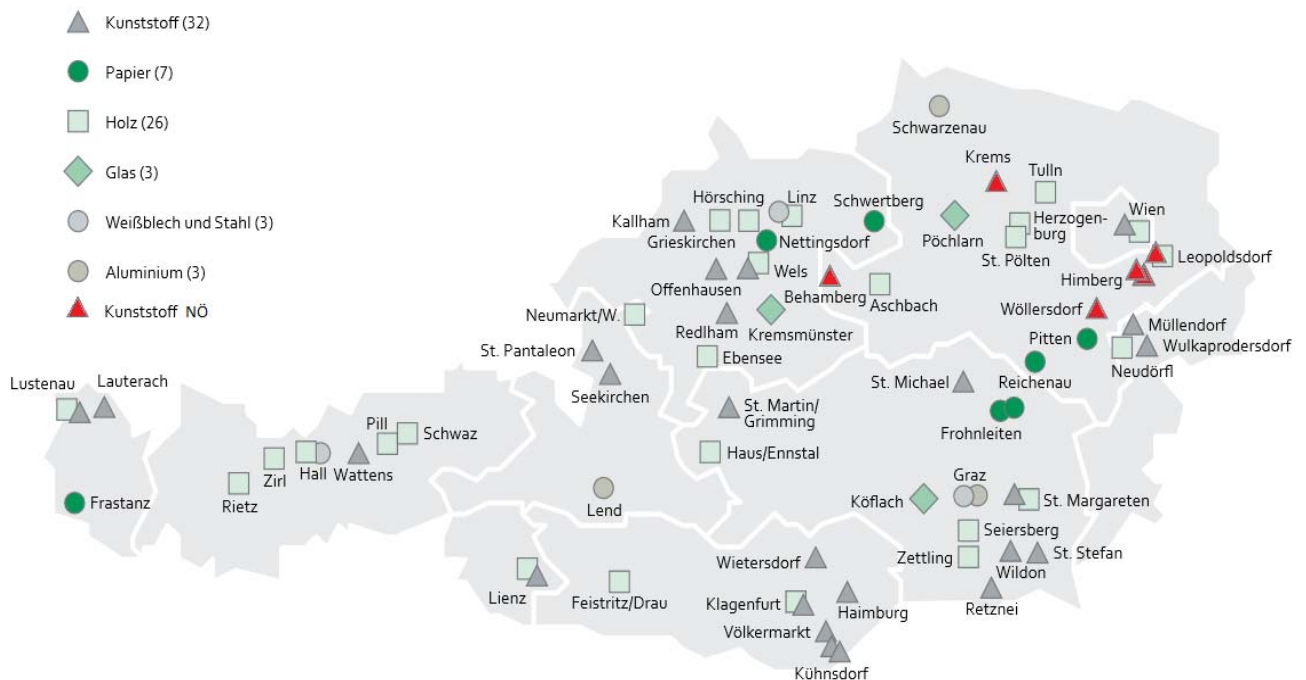


Abbildung 7: Verwertungsbetriebe im Auftrag des ARA Systems in Österreich 2012, modifiziert (ARA 2013)

In Österreich befinden sich 32 Kunststoffverwertungsbetriebe (Abbildung 7), wovon 6 Niederlassungen in Niederösterreich zu finden sind. Von diesen 6 Kunststoffverwertungsbetrieben haben sich zwei große Anlagen auf die Sortierung von LVP spezialisiert. Die Firma Brantner Entsorgung verfügt über die modernste Sortieranlage und hat den Firmensitz in Krems (Wölbling). Die zweite Sortieranlage befindet sich in Leopoldsdorf und gehört der Firma Nemetz Entsorgung. Zwei weitere kunststoffverwertende Betriebe - Nemetz Entsorgung und ASA in Himberg - beschäftigen sich mit der Aufbereitung von EBS. Ein weiteres Unternehmen sortiert und verwertet Styropor. Der sechste Kunststoffsortierer (Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH -WNSKS) befindet sich in Wöllersdorf und fungiert auf kommunaler Basis. Genauer Informationen sind in Tabelle 12 zu finden.

Mit der Systemumstellung auf die Gesamtkunststofftonne ist mit einer Veränderung der Abfallmengen und der Abfallzusammensetzung zu rechnen. Inwieweit die Entsorgungsfirmen auf solche Veränderungen vorbereitet sind, wird in den Unterkapiteln diskutiert.

5.3.1.3 Brantner Entsorgung

Brantner Entsorgung ist mit einer Sortierkapazität von 19.000 t/a das leistungsstärkste Unternehmen. Rund 80% der niederösterreichischen LVP wird von hier sortiert. Das Inputmaterial wird in den Sackaufreißer geleitet, von wo es mittels Steigband in eine Vorsortierkabine gelangt. In der folgenden Splittingeinheit wird der Materialstrom aufgetrennt in flächige Bestandteile (2D) und Hohlkörper (3D). Das 2D Material wird windgesichtet und anschließend manuell kontrollsortiert. Der Bandüberlauf geht in die Fraktion Mischkunststoffe. Aus dem 3D Material wird mittels 2-NIR-Automaten die Fraktion PET-natur abgetrennt und manuell nachsortiert. Jeweils nach und vor der Sortierlinie 2D und 3D werden mittels Absaugung Folien und leichte Bestandteile entnommen. Die automatische Hohlkörper-Erkennung und Sortierung in Material und Farbe erfolgt mittels 5 kombinierter NIR- und Farbzellsensoren sowie pneumatischer Ausblaspung. Die Anlage verfügt zudem über eine Fe- und NE-Abscheidung. (Ketzler & Drimmel, Interview)

5.3.1.4 Nemetz Entsorgung

Das Unternehmen Nemetz Entsorgung hat zwei kunststoffverarbeitende Standorte in Niederösterreich. In Himberg befindet sich das EBS-Aufbereitungscenter wo ausschließlich vorsortierte Kunststoffströme angenommen werden. Den Kunststoffinput bekommt das Unternehmen einerseits aus ihrer eigenen LVP-Sortieranlage in Leopoldsdorf und andererseits werden Materialströme zugekauft. Die LVP-Sortieranlage ist mit einem Jahresdurchsatz von 6.000 – 10.000t die Zweitgrößte in Niederösterreich.

Bezogen auf den Stand der Technik unterscheiden sich die Anlage Nemetz und Brantner, wobei Brantner eine umfangreichere LVP-Sortierung betreibt. Die Anlage von Nemetz ist mit

einer Siebtrommel, einer manuellen Sortierkabine und einer automatischen PET Erkennung ausgerüstet. Zusätzlich sind ein Magnet- und ein Nichteisenabscheider im Prozess enthalten. (Ganster, Interview)

5.3.1.5 WNSKS

Die am kleinsten dimensionierte LVP-Sortieranlage steht in Wöllersdorf und gehört zu dem kommunalen Betrieb WNSKS. Das Einzugsgebiet der Sortieranlage erstreckt sich auf das Gebiet Wiener Neustadt und Umgebung. Aktuell werden rund 2.700 t/a LVP sortiert. Die Anlage arbeitet momentan im Einschichtbetrieb hat allerdings die Möglichkeit auf einen Zweischichtbetrieb aufzustocken. Diese Kapazitätserweiterung ist aus ökonomischem Blickpunkt jedoch derzeit nicht rentabel.

Die Anlage verfügt über zwei Windsichter, ein Rüttelsieb sowie einen Magnetabscheider. Die Fraktionen aus dem Windsichter und dem Rüttelsieb werden manuell nach sortiert. In Hinsicht auf den Stand der Technik dieser Anlage kann gesagt werden, dass wesentliche Elemente wie die Nahinfrarottechnik fehlen. (WNSKS, Interview)

Tabelle 12: Kunststofforientierte Verwertungsbetriebe in Österreich – Standort, Stand der Technik und Kapazitäten.

| Unternehmen | Kontakt | Ausstattung der LVP-Sortierung | Durchsatz | Info |
|----------------------------|---|---|---------------------------------|---|
| Brantner Entsorgung | Brennaustrasse 10 3500 Krems | <ul style="list-style-type: none"> NIR-(Nah-Infrarot) und Durchlicht-Technologie (PE-Folien, HDPE-Kanister, PE/PP Eimer, PS/PP Becher und Flaschen) automatische PET Erkennung 2 Sortierkabinen Magnet- und Nichteisenabscheider Dreischichtbetrieb (5,5 Tage/Woche) | 4 t/h 19.000 t/a | Voll ausgelastet |
| Nemetz Entsorgung | Hennersdorfer Str. 36 2333 Leopoldsdorf bei Wien | <ul style="list-style-type: none"> Siebtrommel Manuelle Sortierung automatische PET Erkennung Magnet- und Nichteisenabscheider | 2,5 – 3 t/h 6.000-10.000 t/a | Freie Kapazitäten Investition möglich wenn Vertragsbasis stimmt |
| WNSKS (kommunaler Betrieb) | Raketengasse 2751 Steinabrückl/ Wöllersdorf | <ul style="list-style-type: none"> Windsichter Rüttelsieb Manuelle Sortierung Einschichtbetrieb | 2.700 t/a | Voll ausgelastet Erweiterbar auf Zweischichtbetrieb |
| Nemetz Entsorgung | Himberg | Ersatzbrennstoffaufbereitung | | |
| Geyerlechner | Behamberg | Styroporrecyclinganlage | | |
| ASA | Himberg | Ersatzbrennstoffaufbereitung | | |
| Grüne Tonne | Neunkirchen | LVP Sortierung ist in den Gesamtsortierungsprozess integriert | | |

Quelle: Eigene Darstellung

5.3.2 Zuteilung der Sortierfraktionen zu Wertstoffen

Für die Modellbetrachtung wurde eine Zuweisung der Outputfraktionen der Sortieranlagen zu den Verwertungswegen Sekundärmaterial, Mischkunststoff, Metall und Sonstiges vorgenommen. Die Zuteilung der Outputfraktionen erfolgte auf Basis deren Materialzusammensetzung. (siehe Tabelle 13)

Tabelle 13: Zuteilung der Outputfraktionen anhand der Materialzusammensetzung und weitere Verwertungswege

| Outputfraktion | Sekundärmaterial | Verbleib |
|--|----------------------|-----------------------|
| Getränkeflaschen | PET | |
| Kunststoffflaschen | HDPE-PP-PET | |
| Kunststoff Kübel und Kanister | HDPE-Formteile | |
| Kunststoff Folien und Säcke (VP) | LDPE | |
| PS/PP Becher | PS-PP | |
| StNVP | HDPE-PP-Mix | |
| | Kunststofffraktionen | stoffliche Verwertung |
| sonstige Kunststoffverpackungen, StNVP, Getränkeverbundkartons, sonstige Verbundverpackungen, StNVP Verbunde | MK | EBS- Aufbereitung |
| Fehlwürfe | Fe | stoffliche Verwertung |
| | NFe | stoffliche Verwertung |
| | Sonstiges | MVA |

Die Fraktionen Getränkeflaschen, Kunststoffflaschen, Kunststoffkübel und -kanister, Kunststofffolien und -säcke (VP), PS/PP Becher und 85% der StNVP ergeben den Materialinput für die stoffliche Verwertung. Die restlichen 15% der StNVP werden den Mischkunststoffen zugewiesen. Zu den Mischkunststoffen zählen zudem die sonstigen Kunststoffverpackungen, Getränkekartons, sonstige Verbundverpackungen und StNVP-Verbunde. Diese Fraktion wird einer EBS-Aufbereitung zugeführt. Die Fehlwürfe unterteilen sich in Metalle, die stofflich verwertet werden können, und Sonstiges. Unter Sonstiges fällt unter anderem Textilien, Holz, etc., die thermisch verwertet werden.

Auf Basis dieser Zuteilung werden die Kosten bzw. Erlöse, die aus der stofflichen und thermischen Verwertung sowie EBS-Aufbereitung generiert werden, berechnet. (siehe Kapitel 5.4.1.1)

5.3.3 Sortierkosten

Die Sortierkosten für die LVP werden mit einem Wert von 78 €/t angenommen. (ÖWAV 2014) Der Restmüll wird zu einem Großteil direkt thermisch verwertet. Jedoch wird ein Teil des Restmülls in Mechanisch-biologischen Anlagen (MBA) behandelt. Das sind 36.100 t, die mit Kosten von 83 €/t behandelt werden. (Rechnungshof 2014) Tabelle 14 zeigt die in Niederösterreich vorhandenen Anlagen zur mechanisch-biologischen Restmüllbehandlung und deren Inputmengen.

Tabelle 14: MBA-Anlagen in NÖ und behandelte kommunale Mengen

| | |
|--------------------|----------------------|
| Fischamend | 0 t RM/a |
| Neunkirchen | 15.600 t RM/a |
| St. Pölten | 20.500 t RM/a |
| Wiener Neustadt | 0 t RM/a |
| Gesamtmenge | 36.100 t RM/a |

Quelle: Eigene Darstellung nach Anpassungen (AWB, 2013)

5.3.4 Ökologische Betrachtung der Sortierung

Hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen ist in der Modellebene Sortierung der Energiebedarf für die Abfallbehandlung zu betrachten. Die Auftrennung der LVP-Sammelmenge ist mit einem energetischen Aufwand von 55 kWh pro Tonne Durchsatz verbunden. (UBA 2010) Für die Restmüllbehandlung in einer MBA werden 10 kWh/t elektrische Energie, sowie 8 kWh/t thermische Energie benötigt. (TU Dresden 2010) Mit einem Umrechnungsfaktor von 11,59 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne (UBA 2006) fallen vor der Umstellung rund 310 t CO₂-Äqu./a bei der LVP-Sortierung an. Bei einem Umrechnungsfaktor von 2,11 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne für elektrische Energie (auf Basis des österreichischen Energiemix) (UBA 2006) und einem Faktor von 1,62 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne für thermische Energie (auf Basis von Erdgas) (UBA 2006) ergeben sich Emissionen in der Höhe von rund 153 t CO₂-Äqu./a für die mechanisch-biologische Restmüllbehandlung. Genauere Details zur Berechnung können dem Excel-Modell entnommen werden.

5.4 Verwertung

Prinzipiell kann zwischen zwei Verwertungsmöglichkeiten unterschieden werden. Erstens der energetischen bzw. thermischen Verwertung, wobei das primäre Ziel nicht die Erzeugung von Strom oder Wärme ist, sondern eine möglichst große Volumenverkleinerung des Abfalls. Die stoffliche Verwertung hat als primäres Ziel die Wiederverwendung der Wertstoffe.

Momentan werden in Österreich 48 % der getrennt gesammelten LVP (inklusive Metallverpackungen) stofflich verwertet. Die restlichen 52 % werden energetisch bzw. thermisch verwertet (EBS oder direkte MVA). Werden die Metalle exkludiert ergibt sich eine stoffliche Verwertung von 33 % der LVP. (ÖWAV, 2014)

Im Vergleich werden in NÖ laut der Zuteilung der LVP-Mengen (exklusive Metallverpackungen) nach Tabelle 13 rund 69% stofflich und ca. 31% thermisch verwertet (rund 24% EBS, 6% direkte MVA). Die nachfolgende Tabelle stellt die Prozentsätze zusammenfassend dar.

Tabelle 15: Anteilmäßige Verwertung der LVP exklusive der Metallfraktion

| Verwertungsart | vor Umstellung | |
|-----------------------------|----------------|---------------|
| | t/a | Massen-% |
| stoffliche Verwertung | 17.168 | 69,4% |
| EBS-Herstellung | 6.025 | 24,4% |
| thermische Verwertung (MVA) | 1.536 | 6,2% |
| Summe | 24.728* | 100,0% |

* = exklusive der Eisen und Nichteisenfraktion (1.930 t/a)

Der höhere Anteil der stofflichen Verwertung in NÖ, im Vergleich mit den österreichischen Werten, begründen sich wahrscheinlich auf die hohen Erfassungsquoten bei den Fraktionen PET-Flaschen, Kunststoffkübel und -kanister, sowie Kunststoffflaschen und -säcke. Somit ergaben sich im Jahr 2013 17.000 t an Wertstoffen, die einer stofflichen Verwertung zugeführt worden sind. Ca. 6.000 t wurden der EBS-Aufbereitung zugeführt, und etwa 1.500 t wurden direkt thermisch verwertet. Diese Jahresmengen werden für die folgenden ökonomischen und ökologischen Berechnungen herangezogen.

In Hinblick auf den österreichischen Restmüll kann gesagt werden, dass rund 87 % thermisch in Müllverbrennungsanlagen verwertet wird. Ungefähr 1 % wird als Altstoffe recycelt (Metalle), ca. 3 % werden einer EBS-Aufbereitung zugeführt und der Rest wird biologisch behandelt. Anfallende Aschen und Schlacken werden anschließend deponiert, was allerdings in der vorliegenden Studie nicht weiter behandelt wird. (Umweltberatung 2014)

5.4.1 Stoffliche Verwertung

Beim stofflichen Recycling wird zwischen dem wertstofflichen Recycling - die Stoffrückgewinnung durch Umschmelzen (Regranulat) - und dem rohstofflichen Recycling - die Zerlegung des Materials in niedermolekulare Rohstoffe (Hydrierung, Hydrolyse und Vergasung) - unterschieden. (Lechner 2004)

5.4.1.1 Vermarktung der Outputfraktionen einer Sortieranlage (Experten, Interview)

In den letzten zehn Jahren gewann der Sekundärkunststoffmarkt immer mehr an Attraktivität. Einer der Hauptgründe für das Wachstum der Sekundärmärkte sind die steigenden Preise der einzelnen Primärkunststoffarten. Allerdings sind diese Preise großen Schwankungen unterworfen. Abbildung 8 zeigt die Preisentwicklung von Virgin-Material anhand des Beispiels von HDPE-Mahlgut.

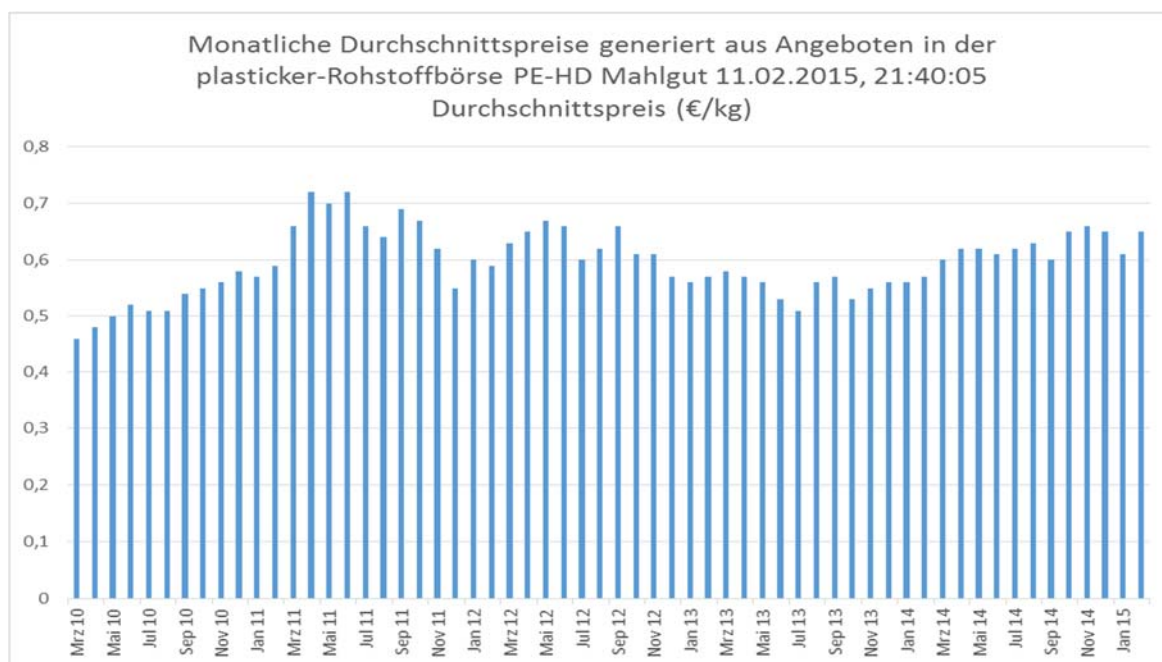


Abbildung 8: Preisentwicklung HDPE-Mahlgut (Experten, Interview)

Die Sekundärkunststoffpreise sind an die Virgin-Kunststoffpreise gekoppelt, wodurch auch eine Korrelation mit den Rohölpreisen zu beobachten ist. Das heißt, wenn der Preis für Virgin-Kunststoffe aufgrund eines Preisverfalls des Rohölpreises sinkt, sinkt auch der Preis für Sekundärkunststoff annähernd proportional. Eine Entkopplung der Sekundärkunststoffpreise von den Virgin-Materialpreisen ist zukünftig möglich aber zeitlich noch nicht abschätzbar.

Ein weiter Grund den Sekundärkunststoffmarkt als einen wachsenden Markt zu beschreiben, leitet sich aus den zunehmenden Zahlen der potentiellen Abnehmer von Sekundärkunststoffen ab. Absatzmärkte für sortenreine Kunststoffabfälle finden sich in Österreich, anderen EU-Ländern und Asien. Hier ist vor allem China zu erwähnen. Europa exportiert ca. 50% der PE-Abfälle nach China, wovon ca. zwei Drittel sortenreine Sekundärkunststoffe darstellen. Die sortenreinen Kunststoffe werden in Ballen gepresst, verkauft und verschifft. Im asiatischen Raum können, aufgrund der geringen Lohnkosten, die Kunststoffsorten zu annähernd 100% sortenrein nachsortiert werden, um qualitativ hochwertiges Sekundärmaterial zu erhalten.

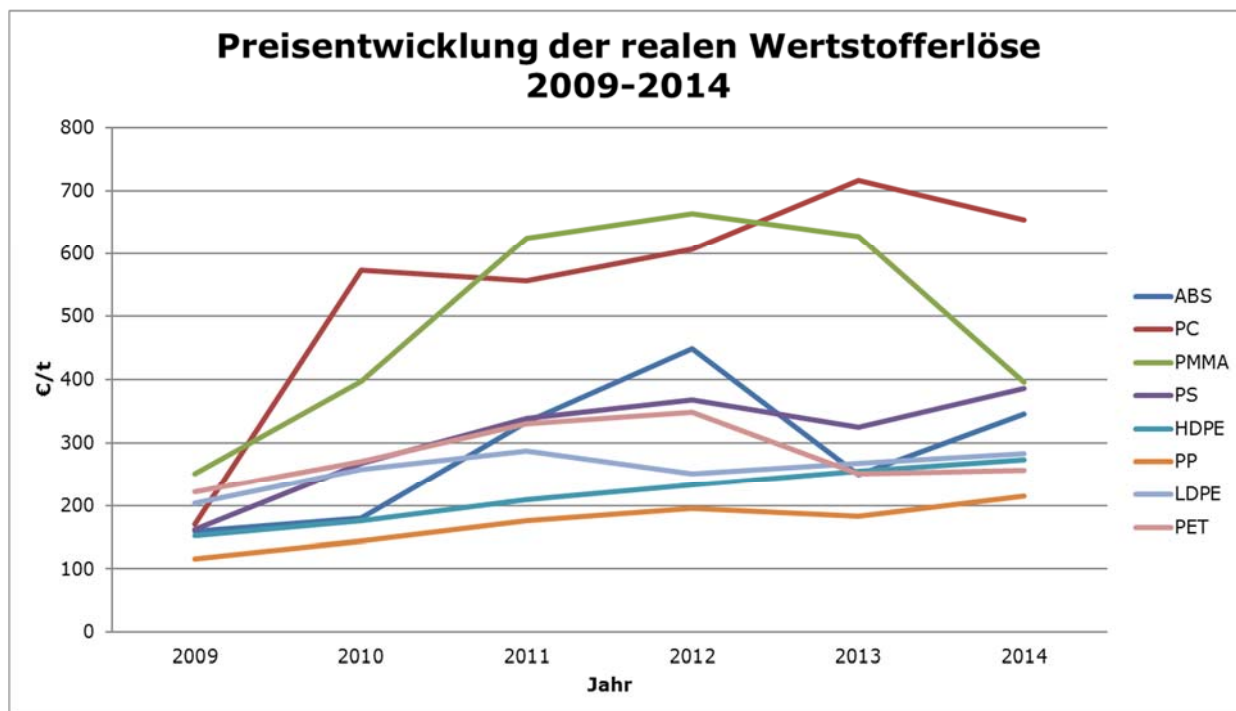


Abbildung 9: Entwicklung der real erzielten Verkaufserlöse in €/t für Ballenware ab Hof seit 2009 bis 2014
(Experten, Interview)

Zur Berechnung der Erlöse und Kosten aus den Outputfraktionen der Sortieranlage werden Durchschnittspreise von 2009 - 2014 herangezogen. Abbildung 9 zeigt die Realpreisentwicklung der gängigsten Sekundärkunststoffe seit 2009 in €/t. Hier gilt zu beachten, dass sich diese Preise auf eine bestimmte Qualität beziehen, wodurch Abweichungen auftreten können. Die resultierenden durchschnittlichen Erlöse dienen hier lediglich der Trend-Beobachtung. Diese Abbildung zeigt des Weiteren, dass die erzielbaren Erlöse für technische Kunststoffe (z.B. Polycarbonate (PC) & Polymethylmethacrylat (PMMA)) extremen Schwankungen unterliegen, während für die mit der Gesamtkunststofftonne hauptsächlich in Verbindung stehenden Kunststofffraktionen (z.B. High-Density-Polyethylen (HDPE) oder Polypropylen (PP)) langjährige Aufwärtstrends zu beobachten sind.

Kennzahlen der Marktentwicklung

Die weltweiten Sekundärkunststoffmärkte wurden in den letzten Monaten mit einer Preisinflation konfrontiert. Anhand dieser Ereignisse und den damit verbundenen Auswirkungen, können die wichtigsten Kennzahlen der Marktentwicklung abgeleitet werden. Hier gilt zu erwähnen, dass Entwicklungen im asiatischen Raum, speziell in China, den Weltmarkt für Sekundärkunststoffe stark beeinflussen.

- Verfall des Rohölpreises und in Folge der Verfall der Neukunststoffpreise: Die Koppelung der Sekundärkunststoffpreise an die Primärkunststoffpreise ist eine Kennzahl für eine Prognose der Marktentwicklung.
- Geringere Nachfrage nach Sekundärkunststoffen in Fernost, insbes. China

- Die Green-Fence-Politik Chinas beeinflusst den Sekundärkunststoffmarkt: Die importierten Sekundärrohstoffe (betrifft vor allem Qualitäten mit höherem Fremdstoffanteil) unterliegen gestiegenen Zollgebühren und strengeren Kontrollen
- Steigende Arbeitskosten in China
- EU Vorgaben für künftige Erfassungsquoten & Verwertungsquoten

Dennoch sind die Zukunftsperspektiven für die Vermarktung von Sekundärkunststoffen sehr gut. Hochwertiges Recycling hat daher gegenüber der thermischen Verwertung nicht nur ökologische sondern auch ökonomische Vorteile.

Wirtschaftliches Potential der StNVP

Wie einleitend bereits erörtert bestehen für alle gängigen Kunststoffarten (z.B. Polyethylenterephthalat (PET), HDPE, Low-Density-Polyethylen (LDPE), PP, und Polystyrol (PS)) national und international Absatzmärkte für sortenreine Ballenware. Hier stellt sich die Frage, ob sich die neu erfasste Fraktion StNVP genauso gut vermarkten lässt. Um diese Frage beantworten zu können, ist es notwendig die künftige Zusammensetzung der StNVP zu kennen. Prinzipiell kann gesagt werden, dass mit der Einführung der Gesamt-Kunststofftonne ein Anstieg an stofflich verwertbaren Kunststoffen zu erwarten ist. Allerdings kann aufgrund der Vielfalt an Kunststoffarten und –verbunden angenommen werden, dass resultierende Sammelfraktionen wesentlich heterogener und damit schwerer sortierbar sind als die üblichen LVP-Fraktionen. Die Fraktion StNVP wird unter anderem Spielzeuge, Kunststoffkörbe und –kisten oder Frischhalteboxen enthalten und sich daher hauptsächlich aus HDPE und PP (85 %) zusammensetzen. Auch diese Fraktion kann vermarktet werden, wobei niedrigere Preise als bei den sortenreinen Sekundärkunststoffen zu erwarten sind. Weitere Informationen hierzu können dem Kapitel 5.6 entnommen werden.

Erlöse und Kosten in der Modellbetrachtung

Wie bereits erwähnt führen die aus der Sortierung gewonnen Kunststofffraktionen zu Erlösen. Lediglich minderwertige Mischkunststoffe und Sortierreste (außer Metalle) sind mit Kosten verbunden. Die für die Berechnung angenommen Erlöse und Kosten können der nachfolgenden Tabelle 16 entnommen werden. Genauere Details zur Kalkulation der Preise sind im Excel-Modell unter dem Reiter Sortierung zu finden.

Tabelle 16: Erlöse und Kosten hinsichtlich einzelner Kunststofffraktionen in der Modellbetrachtung

| Sekundärmaterial | €t |
|-----------------------------|-----------|
| <i>PET</i> | 280 |
| <i>HDPE-PP-PET</i> | 150 |
| <i>HDPE-Formteile</i> | 216 |
| <i>LDPE</i> | 258 |
| <i>PS-PP</i> | 240 |
| <i>HDPE-PP-Mix</i> | 150 |
| Kunststofffraktionen | |
| MK | -50 |
| <i>Fe</i> | 100 |
| <i>NFe</i> | 300 |
| <i>Sonstiges</i> | -80 |
| Fehlwürfe | |

5.4.2 Thermische Verwertung

Bei der thermischen Verwertung wird die im Abfall (hauptsächlich Restmüll) enthaltene Energie dazu benutzt um in Müllverbrennungsanlagen, Regelbrennstoffe zu ersetzen bzw. das Gefahrenpotential der Abfälle zu zerstören. Der Vorteil der Müllverbrennung ist, dass die eingebrachten Mengen an Abfall keine bzw. nur eine geringe Sortenreinheit oder Sauberkeit benötigen. Wo hingegen bei der stofflichen Verwertung die Sortenreinheit und die Sauberkeit fundamentale Qualitätskriterien sind.

5.4.3 EBS-Aufbereitung

Ersatzbrennstoffe werden hauptsächlich aus Mischkunststoffen gewonnen und dienen als Energiesubstitut für industrielle Prozesse z.B. in der Zementindustrie. Sie stellen einen hochkalorischen Regelbrennstoff dar, der hochwertiger ist als die gemischten Abfälle die in den Müllverbrennungsanlagen eingesetzt werden.

Im ersten Aufbereitungsschritt wird das Inputmaterial vorzerkleinert und gesiebt. Im Anschluss durchläuft das Material eine Fe/NE-Abscheidung. Danach erfolgt eine Nah-Infrarot-Trennung. Das Material wird anschließend noch nachzerkleinert und pelletiert. Der fertige Output wird auf wichtige Parameter wie Heizwert, Aschegehalt etc. kontrolliert um Qualitätsanforderungen zu erfüllen. (KKM 2014)

5.4.4 Verwertungskosten

Die Kosten für die thermische Behandlung betragen für die niederösterreichischen Verbände durchschnittlich 140 €/t. Sortierkosten für die LVP-Aufbereitung werden mit einem Wert von 78 €/t berechnet. Die Betriebs- und Personalkosten der EBS-Aufbereitung werden in der Höhe der LVP-Sortierung angenommen.

5.4.5 Ökologische Betrachtung der Verwertung

Hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen der Modellebene Verwertung ist eine Betrachtung der einzelnen Verwertungsmöglichkeiten – stoffliche oder thermische Verwertung, sowie EBS-Aufbereitung - notwendig.

Die Emissionen für die Aufbereitung der Kunststoffabfälle zu sortenreinen Fraktionen werden bereits der Sortierung zugerechnet. Da die Sekundärmaterialien wieder in Industrieprozessen Einsatz finden, wird angenommen, dass damit Ethylen substituiert werden kann. So können vor Umstellung rund 8.800 t Ethylen pro Jahr ersetzt werden. Bei Emissionen von ca. 2 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne bei der Herstellung von Ethylen (UBA 2013), führt dies zu einer Gutschrift in der Höhe von rund 5.200 t CO₂-Äqu./a.

Im Zuge der thermischen Verwertung der Sortierreste und des Restmülls treten Emissionen aufgrund von Verbrennungsprozessen auf. Diese werden auf Basis des fossilen Kohlenstoffanteiles des Inputmaterials berechnet (TU Dresden 2010) und belaufen sich bezogen auf die LVP-Sammelmenge vor Umstellung auf rund 2.600 t CO₂-Äqu./a. Aufwände für eine mögliche Stützfeuerung mit fossilen Energieträgern sind inkludiert. Die bei der Verbrennung gewonnene Feuerwärmeleistung wird als Substitut für Wärme aus Erdgas angenommen und führt daher zu einer Gutschrift von ca. 3.500 t CO₂-Äqu./a. Zudem können, aufgrund der Mengenreduktion beim Restmüll, die Emissionen der thermischen Verwertung in einem Ausmaß von rund 26.200 t CO₂-Äqu./a reduziert werden.

Die hochkalorischen Brennstoffe aus der EBS-Aufbereitung werden als Substitut für Erdgas in verschiedenen Industrieprozessen, z.B. der Zementindustrie, eingesetzt. Die Auftrennung der Mischkunststoffe aus der Sortieranlage ist mit einem energetischen Aufwand von 55 kWh pro Tonne Durchsatz verbunden. (UBA 2010) Mit einem Umrechnungsfaktor von 11,59 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne (UBA 2013) fallen vor der Umstellung Emissionen in der Höhe von rund 160 t CO₂-Äqu./a an. Die Gutschriften gegenüber der Förderung, Aufbereitung und Verteilung des Primärenergieträger Erdgases belaufen sich auf ca. 9.400 t CO₂-Äqu./a. (Probas) Genauere Details zu einzelnen Berechnungen können dem Excel-Modell entnommen werden.

5.5 Modellvarianten

Das Modell Gesamtkunststofftonne soll, wie bereits erwähnt, eine Annäherung an die Realität darstellen. Materialflüsse, ökologische und ökonomische Auswirkungen einer Veränderung der niederösterreichischen Abfallwirtschaft sollen ermittelt und abgebildet werden. Um den

Einfluss von Systemveränderungen quantifizieren und interpretieren zu können, ist es essentiell die Auswirkungen unterschiedlicher Modelle zu erfassen. Hierfür wurden drei Modelle definiert. Diese Art der Prognose soll eine Abschätzung der Auswirkungen von Systemveränderungen bestmöglich projizieren und somit die Entscheidungsfindung für zukünftige Maßnahmen erleichtern.

Beispiele für mögliche Veränderungen sind z.B. reduzierte Kosten bei der thermischen Verwertung durch eine geringere Restmüllmenge, eine Zunahme der Erlöse durch eine Erhöhung der Wertstoffmenge, ein Mehrvolumen bei den Sammelbehältern, eine Reduktion der CO₂-Äqu.-Emissionen etc..

In den folgenden Unterkapiteln werden die drei Modelle genauer beschrieben.

5.5.1 Realistisches-Modell

Mit einer Umstellung auf die GKT wird davon ausgegangen, dass sich die Sammelsysteme 914 und 934, mengenmäßig, an das 910er System angleichen werden. Angenommen wird, dass die Differenz aus der durchschnittlich gesammelten LVP-Menge NÖ (21,92 kg/EW*a) und der momentan gesammelten LVP Menge im jeweiligen Verband zusätzlich in die GKT kommt. Das heißt, dass sich die nicht 910er Sammelsysteme nach der Umstellung wie die 910er Sammelsysteme verhalten werden und durchschnittlich genauso viel LVP sammeln, als der niederösterreichische Durchschnitt. Zu diesen Mengenverschiebungen wird im Folgeschritt noch die 33,9 %ige Durchschnittserfassungsquote aus den noch im RM verbleibenden LVP-Mengen berechnet und zur Gesamtmengenverschiebung dazu addiert.

Es wird davon ausgegangen, dass dieses Modell mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eintreten wird. Die Ergebnisse ermöglichen den Akteuren der Abfallwirtschaft die Auswirkungen der Einführung einer Gesamt-Kunststofftonne abzuschätzen und zu interpretieren, um Maßnahmen ableiten zu können.

5.5.2 Maximal-Modell

Im Rahmen des Maximal-Modells wird die Annahme getroffen, dass sich 100% der im RM enthaltenen Kunststoffmengen in der Gesamt-Kunststofftonne wiederfinden. Es wird davon ausgegangen, dass die Vereinfachung der getrennten Sammlung zu einer höheren Akzeptanz beim Sammelsystemnutzer führt.

Die Modellergebnisse bilden die maximale Systemveränderung ab. Diese Erkenntnisse helfen den Entscheidungsträgern und Systemakteuren (Verbände, Sortierer und Verwerter) bei einer Vorbereitung auf die möglichen Veränderungen. Beispiele hierfür können zusätzlich benötigte Behältervolumina in manchen Bezirken oder Kosteneinsparungen bei der thermischen Verwertung sein.

Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit kommt es unmittelbar nach der Einführung der Gesamt-Kunststofftonne zu keiner 100%igen Mengenverschiebung. Das „Extrem“-Modell ermöglicht

allerdings, dass Systemveränderungen identifiziert werden, die bei anderen Modellen unerkant bleiben.

5.5.3 Minimal-Modell

Analog zum Maximal-Modell wird ein Minimal-Modell definiert. Bei diesem Modell wird angenommen, dass lediglich 10% der sich im RM befindlichen Kunststofffraktionen in die Gesamt-Kunststofftonne wandern. Angenommen wird, dass die Systemumstellung dem Sammelsystemnutzer kommuniziert wurde jedoch die Akzeptanz aufgrund unpassender werbetechnischer Maßnahmen oder schwer verständlicher Botschaften nicht zunimmt.

Mit Hilfe des Minimal-Modells wird versucht, die Auswirkungen einer kleinen Mengenverschiebung darzustellen. So können Entscheidungsträger und Systemakteure sensibilisiert werden.

Das zweite „Extrem“-Modell soll die untere Grenze potentieller Auswirkungen abbilden.

5.5.4 Ökonomische Szenarien

Primär wurde eine Illustration der Gesamtkosten vor und nach der Systemumstellung vorgenommen. Allerdings ist eine Gesamtkostenbetrachtung nur bis zu einem gewissen Grad aussagekräftig, da die Kosten und Erlöse von Besitzverhältnissen entlang der Modellebenen (Sammlung, Sortierung und Verwertung) beeinflusst werden. Um dieser ökonomischen Unschärfe entgegen zu wirken werden zwei differenzierte Szenarien, sowie ein Gesamt-Szenario aufbereitet (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Ökonomische Szenarien auf Basis des Realistischen-Modells.

| Systembetreiber | Szenario | Kosten/Erlöse | |
|-----------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| | | Systeme | Verband |
| Verband | Gelbe Tonne Verband | LVP | StNVP + Fehlwürfe |
| Systeme | Gelbe Tonne Systeme | LVP + Fehlwürfe | StNVP |
| | Gesamtbetrachtung | LVP + Fehlwürfe + StNVP | |

Für das Szenario „Gelbe Tonne Verband“ wird davon ausgegangen, dass die Sammelsysteme die Kosten für die Sammlung, Sortierung und Verwertung der LVP tragen. Die Verantwortung für die StNVP und die Fehlwürfe liegt allerdings bei den Verbänden. Die Erlöse aus der LVP erhält das Sammelsystem, die Erlöse aus den StNVP bleiben bei den Verbänden.

Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ sieht vor, dass die Systeme die Kosten für die Sammlung, Sortierung und Verwertung der LVP, sowie der Fehlwürfe tragen. Die Verbände sind bei diesem Szenario für die Sammlung und Behandlung der StNVP verantwortlich. Die Systeme können Erlöse aus den sortenreinen Kunststofffraktionen und den Metallen beziehen. Die Verbände generieren Erlöse aus den StNVP.

Die Gesamtbetrachtung soll die Gesamtkosten und -erlöse aller Modellebenen abbilden. In diesem Sinne gibt es keine Zuteilung der Kosten und Erlöse zu den betreffenden Systemakteuren.

5.6 Wertstoffpotential im Sperrmüll

Auch der Sperrmüll weist ein gewisses Wertstoffpotential hinsichtlich Kunststoffe auf, welches ausgeschöpft werden kann. Aufgrund fehlender niederösterreichischer Daten wird hier auf steiermärkische Daten zurückgegriffen. Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse einer Sortieranalyse nach Einzelprobenahme in einem steirischen Altstoffsammelzentrum (ASZ). Durch diese „Momentaufnahme“ wird ersichtlich, dass HDPE einen großen Teil des Gemisches von ca. 50% ausmacht. Die zweitgrößte Fraktion stellt PP mit rund 35% dar. Daher sind rund drei Viertel der Kunststoffe hauptsächlich als sogenannter HDPE-PP-Mix vermarktungsfähig.

Tabelle 18: Sortieranalyse nach Einzelprobenahme in einem Altstoffsammelzentrum 2012

| Sortieranalyse ASZ Hartkunststoffe (2012) | | | |
|---|-------------------|---------------|-----------------|
| Stofflich verwertbarer Output | Masse (kg) | Anteil | Σ Anteil |
| HDPE-Kisten und -Steigen Obst- und Getränkekisten, Fleischkisten | 192,5 | 7,5% | |
| HDPE-Formteile Palleten, Spielgeräte, Fässer, Kanister | 568,3 | 22,2% | |
| HDPE-Rohre Installationsmaterial, Bewässerungsschlauch | 159,4 | 6,2% | |
| HDPE-Gartenmöbel Stühle, Liegestühle, Tische | 356,3 | 13,9% | 50% |
| PP-Formteile Eimer, Wäschekisten, etc. | 885,9 | 34,6% | 35% |
| ABS Teile aus Automobilen: Zierkappen, Amaturenbrett, etc. | 21,9 | 0,9% | |
| PS Hüllen v. Videokasseten, | 38,5 | 1,5% | |
| Kunststoffgehäuse von Elektrogeräten (vorwiegend A Gehäuse von Computern, Elektrogeräten | 22,6 | 0,9% | |
| Weich-PVC Schwimmbecken, Gartenschläuche, etc. | 85,6 | 3,3% | |
| Hart-PVC Elektroinstallationsmaterial, Profile f. Rollos | 64,2 | 2,5% | |
| Restmüll | 35,8 | 1,4% | |
| Gewichtsdifferenz: Wasser im Container | 129,0 | 5,0% | |
| Inputmenge (kg) | 2.560,0 | 100,0% | |

Quelle: Eigene Darstellung nach Kunststoffexperten (Interview)

Laut Kunststoffexperten bestehen für diese Mischfraktion bereits Absatzmärkte und eine große Nachfrage in Europa und Übersee. Hier sind Erlöse zwischen 100 und 150 Euro pro Tonne Ballenware zu erwarten. Eine sortenreine Trennung der einzelnen HDPE- u. PP-Fraktionen könnte sogar zu einer Erhöhung der Erlöse führen, jedoch steigt auch der Sortier- und Lageraufwand. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Abschätzung der Erlöse aus den einzelnen Kunststofffraktionen.

Tabelle 19: Erzielbare Erlöse aus Kunststofffraktionen des Sperrmülls

| Zusätzlich erzielbare Erlöse aus GKT (bezogen auf LKW-Ladungen Ballenware, ca. 15 ab Station NÖ) | |
|--|--------------|
| Sofflich verwertbare Output | Preis €/t |
| HDPE-PP-Mix Mischung aller HDPE- u. PP-Fraktionen, PVC-frei | 100 |
| HDPE-Kisten und -Steigen Obst- und Getränkekisten, Fleischkisten | 280 |
| HDPE-Formteile Palleten, Spielgeräte, Fässer, Kanister | 250 |
| HDPE-Rohre Installationsmaterial, Bewässerungsschlauch | 180 |
| HDPE-Gartenmöbel Stühle, Liegestühle, Tische | 90 |
| PP-Formteile Eimer, Wäschekisten, etc. | 165 |
| ABS Teile aus Automobilen: Zierkappen, Amaturenbrett, etc. | 200 |
| PS Hüllen v. Videokassetten, | 150 |
| Kunststoffgehäuse von Elektrogeräten (vorwiegend ABS) Gehäuse von Computern, Elektrogeräten | 200 |
| Hart-PVC Elektroinstallationsmaterial, Profile f. Rollos | 35 |

Quelle: Eigene Darstellung nach Kunststoffexperten (Interview)

Ob sich eine sortenreine Sortierung, Pressung und Lagerung der kleinen Fraktionen PS, ABS oder Kunststoffgehäuse von Elektrogeräten (vorwiegend ABS) lohnt, hängt von verschiedenen Faktoren, wie dem Aufkommen oder dem Verschmutzungsgrad ab.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine typische nicht lizenzierte Kunststoff-Mix-Fraktion in einem Altstoffsammelzentrum.



Abbildung 10: Typische nicht lizenzierte Kunststoff-Mix-Fraktion (Experten, Interview)

6 Ergebnisse & Diskussion

Die nachfolgenden Unterkapitel dienen der Darstellung und Diskussion der Projektergebnisse. Alle Ergebnisse beziehen sich auf das Realistische-Modell, das eine Mengenverschiebung von 33,9% prognostiziert.

6.1 LVP-Mehrvolumen nach Umstellung

Das zusätzlich benötigte Mehrvolumen in der LVP-Sammlung beziffert sich insgesamt auf rund 650 Mio. l/a. Das sind im niederösterreichischen Schnitt gesehen 14 kg/EW*a. Werden die Cluster einzeln betrachtet (siehe Tabelle 20), wird ersichtlich, dass die städtischen Regionen eine prozentuell höhere Mengenzunahme erfahren, als die ländlichen Regionen. Das liegt daran, dass zum Beispiel Cluster 4 nach der Umstellung das Sammelsystem 910 anstelle des 914 nutzen wird. Diese Sammelsystemumstellung führt einerseits zu der 33,9%igen Sammelzunahme der LVP-Fraktionen, plus einer mengenmäßigen Anpassung des 914er Systems auf das 910er System. Diese zweifach gekoppelte Mengenzunahme im Cluster 4 führt zu einer Vervierfachung der Sammelmengen von 500 t/a auf 2.000 t/a.

Bei Cluster 1 und 2 ist ebenfalls von einer Mengenzunahme auszugehen, diese fällt jedoch differenziert nach dem aktuellem Sammelsystem aus.

Tabelle 20: LVP-Mehrvolumen pro Cluster

| Cluster | LVP vU Menge t/a | LVP nU Menge t/a | Mehr-Mengen t/a | Mehr-Volumen l/a | Mehr-Mengen kg/EW*a |
|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | 11.469 | 18.350 | 6.881 | 229.362.519 | 10,8 |
| 2 | 10.295 | 17.551 | 7.256 | 241.871.215 | 11,7 |
| 3 | 3.270 | 5.896 | 2.627 | 87.551.471 | 12,9 |
| 4 | 531 | 2.266 | 1.735 | 57.820.214 | 22,9 |
| Nichtverbandgemeinden | 1.093 | 2.234 | 1.140 | 38.007.181 | 14,2 |
| Summe | 26.658 | 46.296 | 19.638 | 654.612.601 | |

Tabelle 21 stellt das benötigte Mehrvolumen hinsichtlich der einzelnen Sammeltypen dar. Hier wird ebenfalls ersichtlich, dass die Sammelsysteme 914 und 934 das größte Mehrvolumen (rund 370 Mio. l/a) benötigen. Für das Sammelsystem 914 kann eine beinahe Vervierfachung der Sammelmengen prognostiziert werden. Dieses Sammelsystem kann mit einer Mengenzunahme von rund 7.000 t/a rechnen.

Tabelle 21: LVP-Mehrvolumen pro Sammelsystem

| Sammelsystem | LVP vU Menge t/a | LVP nU Menge t/a | Mehr-Mengen t/a | Mehr-Volumen l/a | Mehr-Mengen kg/EW*a |
|--------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 910 | 17.721 | 23.418 | 5.698 | 189.919.340 | 7,0 |
| 914 | 2.754 | 10.003 | 7.249 | 241.639.134 | 20,7 |
| 930 | 656 | 2.202 | 1.546 | 51.532.117 | 18,1* |
| 934 | 4.434 | 8.440 | 4.005 | 133.514.828 | 13,6 |
| 910** | 1.093 | 2.234 | 1.140 | 38.007.181 | 14,2 |
| Summe | 26.658 | 46.296 | 19.638 | 654.612.601 | |

* = System Grüne Tonne; ** = Sammelsystem 910 für die Nichtverbandsgemeinden weil keine genauen Daten vorhanden sind, Mengenveränderungen am wahrscheinlichsten.

Das entspricht einem Mehrvolumen von ca. 240 Mio. l/a. Insgesamt kann in Niederösterreich mit einer Mengenzunahme von rund 20.000 t/a LVP + StNVP gerechnet werden. Das entspricht einer Gesamtmengenerhöhung von 27.000 t/a auf rund 46.000 t/a.

Die Gesamtmengenzunahme der LVP + StNVP auf 46.000 t/a ist laut Modell möglich, aber bei Umsetzung müsste geprüft werden, ob Niederösterreich über genügend LVP + StNVP - Sortierkapazitäten verfügt. Können die aktuellen Sortierkapazitäten von rund 30.000 t/a (Brantner, Nemetz und WNSKS) ausgebaut werden um die zusätzlich 16.000 t/a zu sortieren?

6.2 RM-Volumeneinsparung pro Cluster und Sammeltyp

Mit der Einführung der GKT in NÖ, kann mit einer RM-Volumeneinsparung von rund 150 Mio. l/a gerechnet werden (siehe Tabelle 22). Dieses Volumen steht dem Mehrvolumen in der LVP gegenüber. Wobei für den RM mit einer anderen Dichte gerechnet wird als bei der LVP (Siehe Anhang). Wie auch beim LVP-Mehrvolumenbedarf weist die städtische Region eine stärkere Mengeneinsparung auf als die ländliche Region. Das liegt daran, dass im Cluster 4 die meisten Verbände nicht das 910er Sammelsystem nutzen. Diese Sammelsystemumstellung führt, wie bereits gesagt, einerseits zu der 33,9%igen Sammelzunahme der LVP-Fraktionen, plus einer mengenmäßigen Anpassung des 914er Systems auf das 910er System.

Tabelle 22: RM-Volumeneinsparung pro Cluster

| Cluster | RM vU Menge t/a | RM nU Menge t/a | Mengenein- sparung t/a | Volumenein- sparung l/a |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 86.558 | 79.677 | 6.881 | 52.929.812 |
| 2 | 87.976 | 80.720 | 7.256 | 55.816.434 |
| 3 | 33.823 | 31.196 | 2.627 | 20.204.186 |
| 4 | 15.051 | 13.316 | 1.735 | 13.343.126 |
| Nichtverbandsgemeinden | 11.775 | 10.635 | 1.140 | 8.770.888 |
| Summe | 235.183 | 215.545 | 19.638 | 151.064.446 |

In Hinblick auf die Sammelsysteme und deren RM-Volumeneinsparungspotential kann gesagt werden, dass im Sammelsystem 914 mit den höchsten Volumeneinsparungen zu rechnen ist. Prozentuell gesehen weisen aber die Sammelsystem 914 und 934 die größten Einsparungen (bis zu knapp 15%) auf (Tabelle 23).

Tabelle 23: RM-Volumeneinsparung pro Sammelsystem

| Sammelsystem | RM vU Menge t/a | RM nU Menge t/a | Mengenein- sparung t/a | Volumenein- sparung l/a |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| 910 | 116.294 | 110.596 | 5.698 | 43.827.540 |
| 914 | 52.697 | 45.448 | 7.249 | 55.762.877 |
| 930 | 13.796 | 12.250 | 1.546 | 11.892.027 |
| 934 | 40.621 | 36.616 | 4.005 | 30.811.114 |
| Nichtverbandgemeinden | 11.775 | 10.635 | 1.140 | 8.770.888 |
| Summe | 235.183 | 215.545 | 19.638 | 151.064.446 |

Insgesamt kann von einer Gesamtmengeneinsparung von knapp 20.000 t/a ausgegangen werden, welche zu einer Kosteneinsparungen in der RM-Sammlung und RM-Verwertung führen kann. Dazu mehr in den Kapiteln 6.2.5.

6.2.1 Gesamtökologische Bewertung

Für die Bewertung der gesamtökologischen Auswirkungen, die mit der Systemumstellung verbunden sind, werden die Emissionen den Gutschriften und Einsparungen gegenübergestellt (siehe Abbildung 11). Daraus ergibt sich ein Gesamteinsparungspotential von 51.300 t CO₂-Äqu./a. Ein Großteil dieser Emissionseinsparungen ergibt sich durch die Mengenreduktion des Restmülls. Das sind 31.800 t CO₂-Äqu./a und somit 60% des Einsparungspotentials. Das übrige Einsparpotential von 19.500 t CO₂-Äqu./a wird über die Gutschriften aus der stofflichen und energetischen Verwertung der Abfälle generiert. Dazu zählen die Einsparungen von Kunststoffgranulat durch den Einsatz von Ethylen, die Substitution von Primärenergieträgern (Erdgas) sowie die Gutschriften gegenüber der Förderung, Aufbereitung und Verteilung des Primärenergieträgers Erdgases.

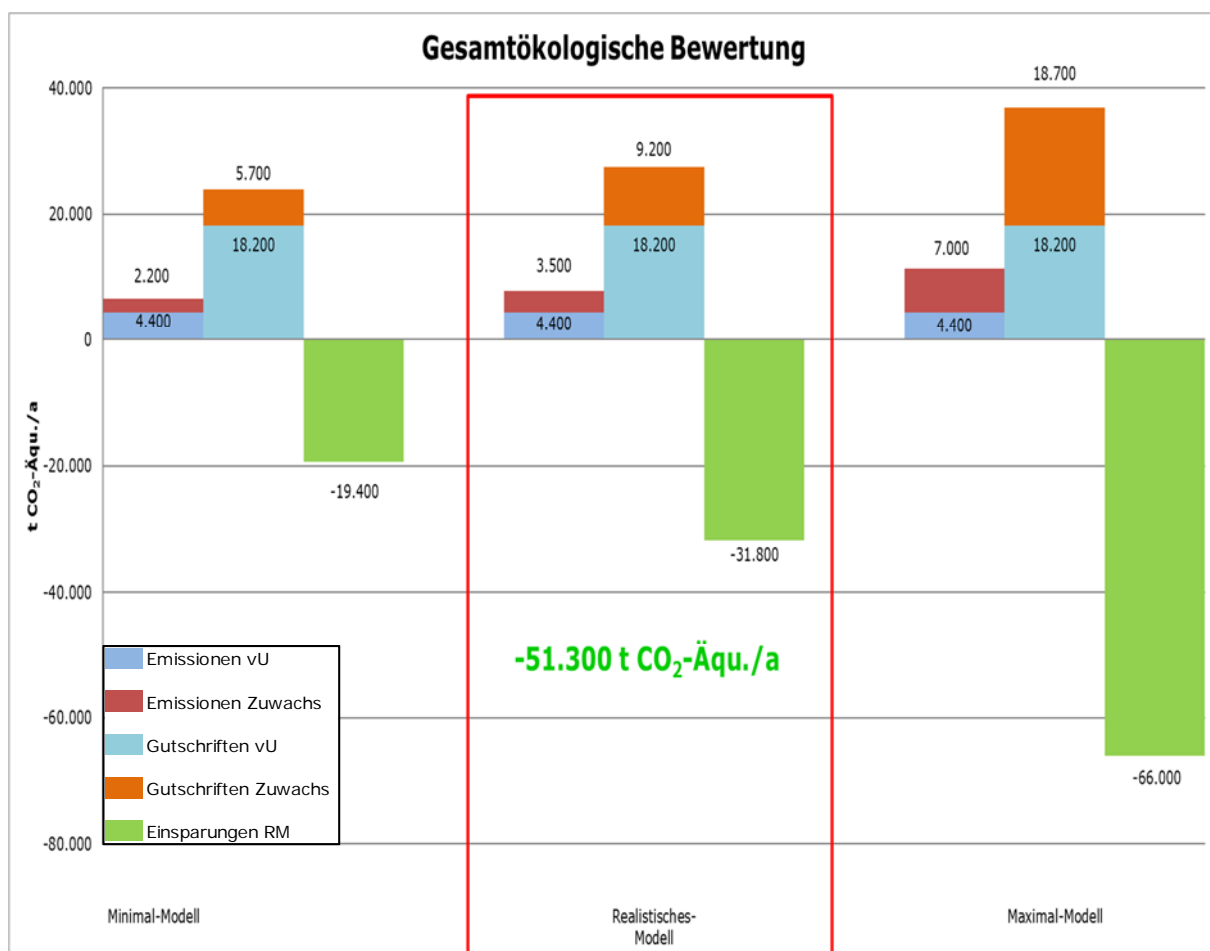


Abbildung 11: Gesamtökonomische Betrachtung der Systemumstellung

6.2.2 Auswirkungen der Restmüllzusammensetzung auf den H_u (Unterer Heizwert)

Aufgrund der Restmüllzusammensetzung zeichnen sich folgende H_u -Veränderungen ab (Abbildung 12). Im Minimal-Modell ist kaum eine Verringerung des H_u zu beobachten. Der Heizwert sinkt lediglich um 900 MJ/t. Diese Reduktion hat keinen negativen Einfluss auf den Verbrennungsprozess.

Beim Realistischen-Modell reduziert sich der Energieinhalt der Restmüllfraktion um ca. 1.500 MJ/t.

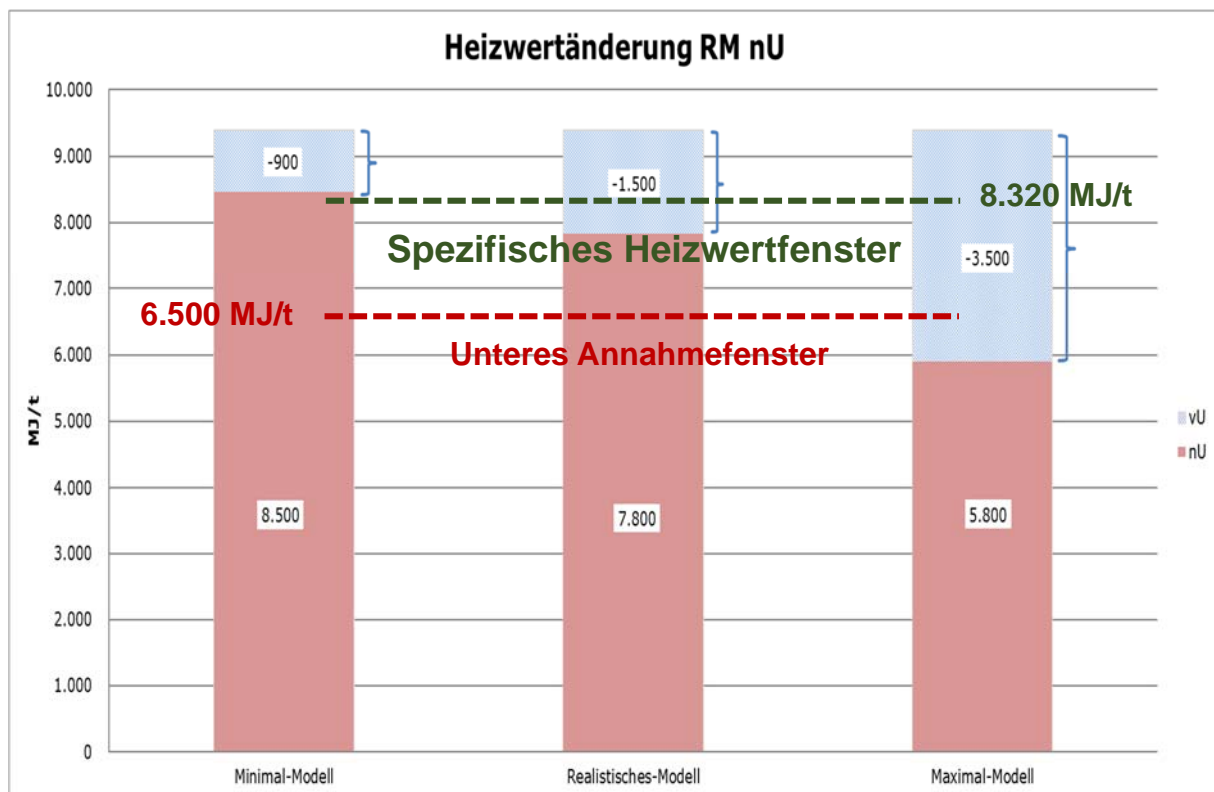


Abbildung 12: Energieveränderung der RM-Fraktion am Beispiel der drei Modellberechnungen.

Im Maximal-Modell wird angenommen, dass die gesamte KS-Fraktion im RM in die GKT wandert. Bei diesem Modell reduziert sich der H_u um etwas mehr als ein Drittel. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die potentielle Veränderung des H_u mit hoher Wahrscheinlichkeit keinen Einfluss auf die thermische Verwertung haben wird.

6.2.3 Kostenveränderung RM-Sammlung und Ausfall des Zukauf 1

Die Restmüllentleerung wird über die Anzahl der entleerten Sammelbehälter und nicht über die gesammelten Mengentonnen abgewickelt. Dieser Umstand führt dazu, dass die Mengen- und Volumenreduktion in jedem Restmüllsammelbehälter nicht zwingend zu einer direkten Kostensenkung bei der Sammlung führt. Haushalte, welche bereits mit dem Mindestvolumen an Gefäßgröße ausgestattet sind, können keine Reduktion erfahren.

Potentiale für Volumenreduktion liegen vor allem bei Haushalten, welche überproportional große Behälter verwenden und im großvolumigen Wohnbau. Durch die Umleitung der StNVP wird in diesen Bereichen Volumen frei, das zu einer Verkleinerung des Sammelbehälters bzw. zu einer Reduktion der aufgestellten Behälteranzahl und damit zu einer Reduktion der Sammelkosten beim Restmüll führen kann.

Es wird davon ausgegangen, dass diese Kosteneinsparung real ca. 10 % ausmacht (Abbildung 13).

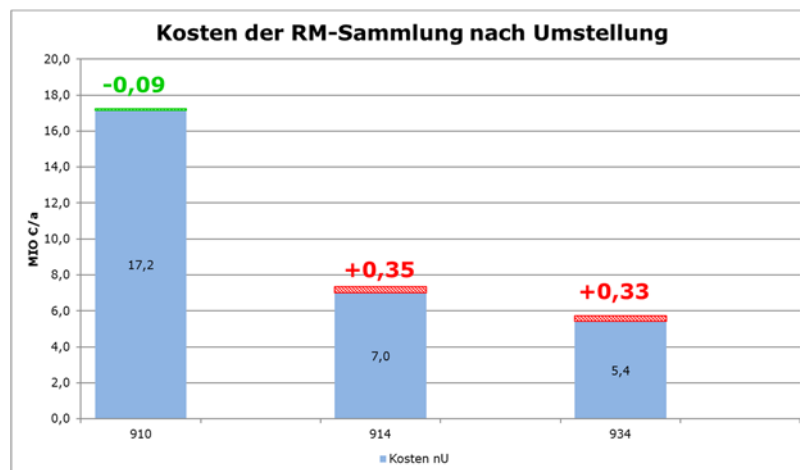


Abbildung 13: Zusammenhang Zukauf 1 und 10%ige Kostenreduktion nach Umstellung

Im Sammelsystem 910 kann eine Kosteneinsparung von rund 90.000 € erzielt werden. Für die Sammelsysteme 914 und 934 ergibt sich ein finanzieller Aufwand. Dieser Aufwand wird aufgrund des Wegfalls des Zukaufes verursacht.

Sammelsystem 914 muss mit Zusatzkosten von ca. 350.000 € rechnen und im Sammelsystem 934 kann mit einem Aufwand von ungefähr 330.000 € gerechnet werden. Aufsummiert würden sich die Sammelkosten aller Sammelsysteme um rund 590.000 € erhöhen.

6.2.4 Ökonomische Szenarien (Gelbe Tonne System bzw. Verband)

Die Kosten die für die Fraktionen LVP, StNVP und Fehlwürfe, entlang der Modellebene anfallen, werden anteilmäßig den Systemen und den Verbänden zugeteilt. In den folgenden Darstellungen werden diese aufgeteilten Kosten für den Status Quo und für die Situation nach der Umstellung aufgezeigt. Die Grafiken sollen zeigen wie sich die Gesamtkosten durch die abwechselnde Zurechnung der Kostenanteile der Fehlwürfe für die Systeme und für die Verbände aufsummieren bzw. verringern.

Die Kosten sind für alle Modellebenen exklusiv den Metallmengen berechnet. Der Balken mit der Bezeichnung „Gelbe Tonne Verband nU“ bedeutet, dass der Verband als Systembetreiber agiert und dementsprechend die Kosten für die Fehlwürfe zu tragen hat. Der Balken mit der Beschriftung „Gelbe Tonne Systeme nU“ zeigt das Gesamtsystem aus der Sichtweise, dass

die Systeme die Gelbe Tonne betreiben und somit die Kosten für die Fehlwürfe zu tragen haben.

Sammlung:

Im Szenario „Gelbe Tonne Verband“ wird ersichtlich, dass die Mehrkosten für die StNVP und Fehlwürfe, für den Systembetreiber einen Kostenaufwand von 2,5 Mio. € darstellen würden (siehe Abbildung 14). Hingegen im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ würden die Fehlwürfe vom System bezahlt werden und, Mehrkosten in Höhe von 1,8 Mio. € hätte der Verband für die StNVP zu zahlen. Der Kostenanteil der Sammlung an den Gesamtkosten (Sammlung, Sortierung, Verwertung und Transport) beträgt rund 74 %.

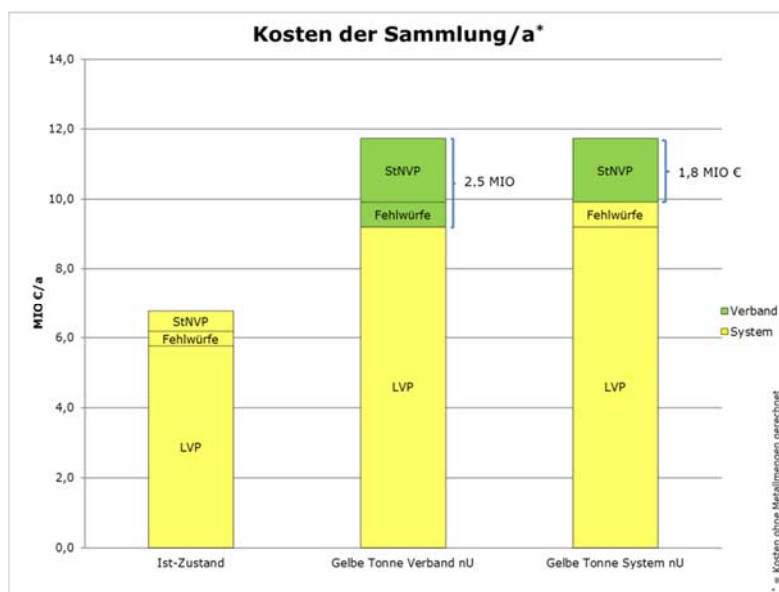


Abbildung 14: Anteilmäßige Verteilung der Sammelkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme

Sortierung:

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bei Betrachtung der Sortierkosten. Im Szenario „Gelbe Tonne Verband“ kostet die Sortierung der StNVP und Fehlwürfe den Verbänden 0,7 Mio. €. Wohingegen die Kosten der Sortierung im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ zu gut 30% von den Systeme getragen werden. Die Kosten für die Sortierung machen insgesamt 21 % der Gesamtkosten aus. Werden die Kosten der Sammlung mit den Kosten der Sortierung verglichen, verursachen die Sortierkosten lediglich ein Drittel der Sammelkosten (siehe Abbildung 15).

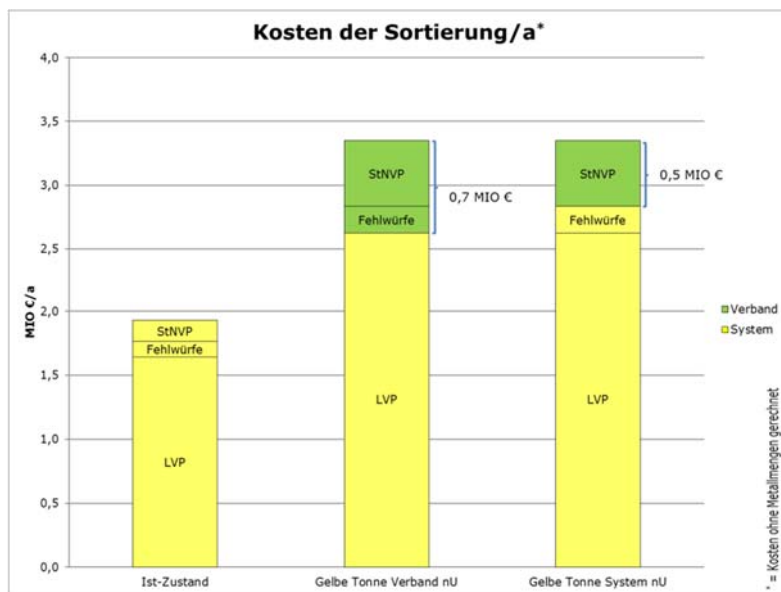


Abbildung 15: Anteilmäßige Verteilung der Sortierkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme

Verwertung:

Die Verwertung verursacht einen Kostenanteil von rund 5% der Gesamtkosten. Treten die Systeme als Systembetreiber auf, hätte der Verband 0,2 Mio. € und die Systeme 0,4 Mio. € der Verwertungskosten zu tragen. Wenn der Verband als Systembetreiber auftreten würde hätte dieser die gesamten 0,6 Mio. € für die Verwertung zu bezahlen (siehe Abbildung 16).

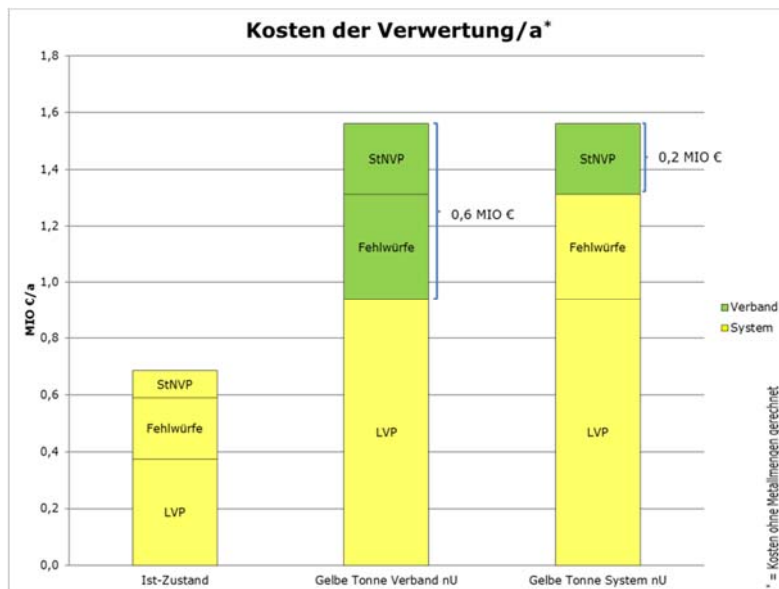


Abbildung 16: Anteilmäßige Verteilung der Verwertungskosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme

Transporte:

Die Gesamtkosten für den Transport der StNVP und der Fehlwürfe betragen lediglich 17.000 €. Im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ würde sich dieser Betrag zwischen den Systemen und dem Verband 50/50 aufteilen (siehe Abbildung 17). Es kann gesagt werden, dass der Kostenaufwand für die Transporte, in Bezug auf die Gesamtkostenbetrachtung, mit weniger als einem Prozent, sehr gering ist.

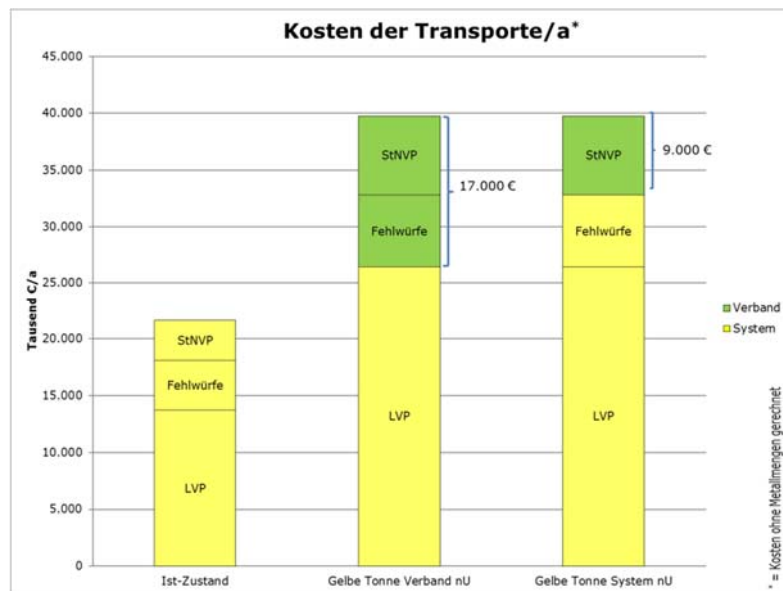


Abbildung 17: Anteilmäßige Verteilung der Transportkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme

Gesamtkosten:

Die Gesamtkosten des LVP-Systems nach der Umstellung im Vergleich zum Ist-Zustand, kostet um 5 Mio. € mehr und beläuft sich insgesamt auf 16,7 Mio. € (siehe Abbildung 18). Im Falle des Szenarios „Gelbe Tonne Verband“ würden Kosten von 3,9 Mio. € für die Fraktionen StNVP und Fehlwürfe anfallen. Diese Kosten hätten die Verbände zu tragen. Im Szenario, in welchem die Systeme die Systembetreiber sind, würden Kosten für die StNVP, in Höhe von 2,6 Mio. € für die Verbände anfallen. Natürlich sind diese Gesamtkosten des LVP-Systems mit erlösbringenden Sekundärmaterialverkäufen und Einsparungen bei den Verwertungskosten in Verbindung zu bringen. Dies wird im nächsten Unterpunkt gemacht.

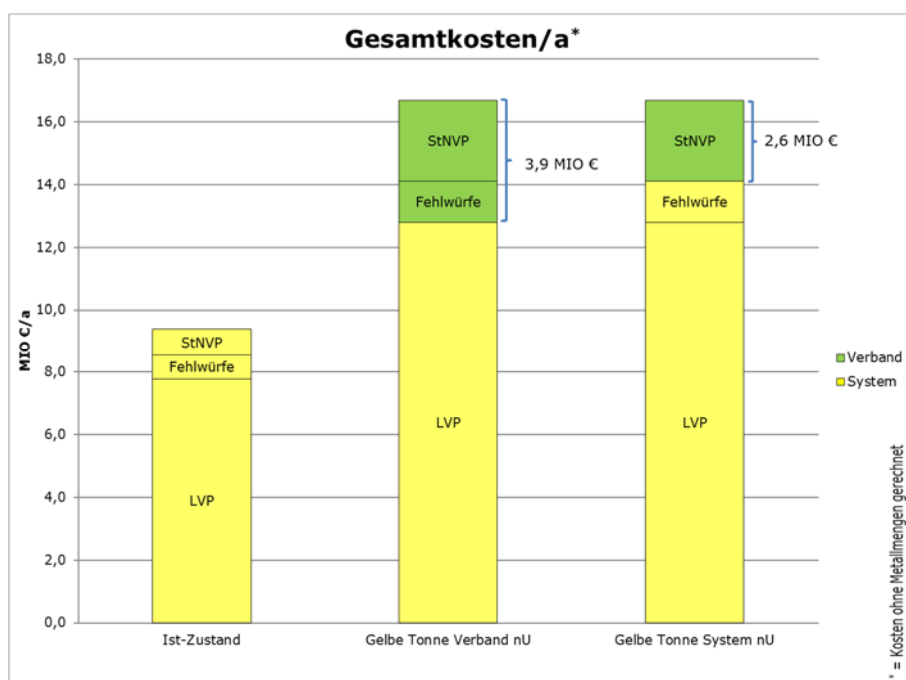


Abbildung 18: Gesamtkosten vor und nach der Umstellung für die LVP

Gesamtkosten vs. Gesamterlöse:

Wie im vorigen Unterpunkt bereits gesagt, werden die Gesamtkosten mit den Gesamterlösen in Abbildung 19 verglichen. Die Abbildung visualisiert die Mehrkosten beider Szenarien, die nach der Umstellung zu tragen wären.

Für das Szenario „Gelbe Tonne Verband“ kann mit Mehrkosten von 3,4 Mio. € gerechnet werden. Diese 3,4 Mio. € Mehrkosten berechnen sich durch die Subtraktion der Erlöse – die durch dem Verkauf der StNVP erwirtschaftet werden können – von den Kosten, die bei der Verwertung der StNVP und Fehlwürfe anfallen. Dieselbe Berechnung beziffert für das zweite Szenario, „Gelbe Tonne Systeme“, Mehrkosten von 2,1 Mio. € und sind somit um 1,3 Mio. € weniger für den Verband. Das liegt daran, dass die Kosten für die Fehlwürfe von den Systembetreibern getragen werden müssen und diese im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ die Systeme sind.

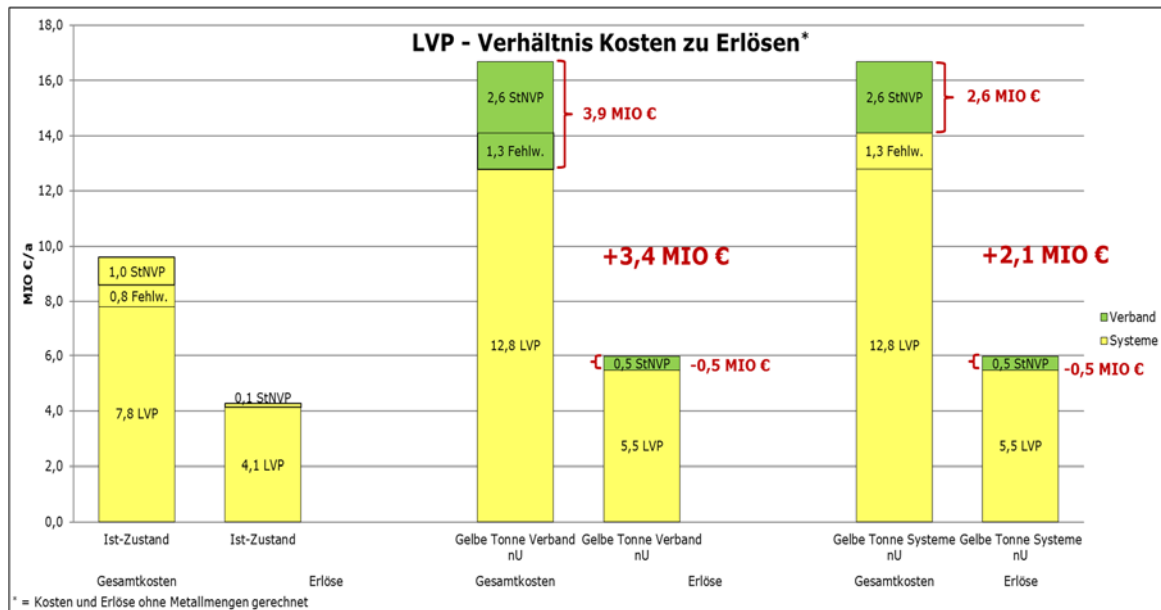


Abbildung 19: Gegenüberstellung der Gesamtkosten und der Gesamterlöse

An diesem Punkt der Ergebnisauswertung angelangt, könnte angenommen werden, dass mit der Systemumstellung Mehrkosten entstehen, egal mit welchem Szenario das Modell durchgerechnet wird. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass durch die eingesparten 20.000 t/a RM, Kosteneinsparungen zu verbuchen sind. Im nächsten Kapitel werden die Kosteneinsparungen aus dem RM-System erhoben und den Mehrkosten aus dem LVP-Systems gegenüber gestellt.

6.2.5 Restmülleinsparungen

Insgesamt können durch die Systemumstellung 20.000 t/a RM in Niederösterreich eingespart werden. Bei der Sammlung sind Mehrkosten (durch den Wegfall des Zukauf 1) von 0,57 Mio. € zu verbuchen (der Gebührenentgang durch die Umstellung auf kleine Behälter wurde monetär nicht berücksichtigt). Für die Sortierkosten des RM kann angenommen werden, dass nach der Systemumstellung die vorhandenen Kapazitäten der Mechanisch-Biologischen-Anlagen im selben Niveau ausgelastet bleiben. Dadurch ändern sich die Kosten bei der Sortierung nicht. Zusätzlich zu der Kosteneinsparung bei der Sammlung können noch Kostenersparnisse bei der Verwertung dazu addiert werden. Die Einsparungen beziffern sich auf 1,74 Mio. €. Auch bei den Transporten kann ein kleiner Betrag eingespart werden. Das sind rund 10.000 €. Zusammengezählt ergeben sich Gesamteinsparungen in der Höhe von 1,19 Mio. €. Infolgedessen sinken die Gesamtkosten des RM-Systems von 62,8 Mio. € auf 61,6 Mio. € (Siehe Abbildung 20).

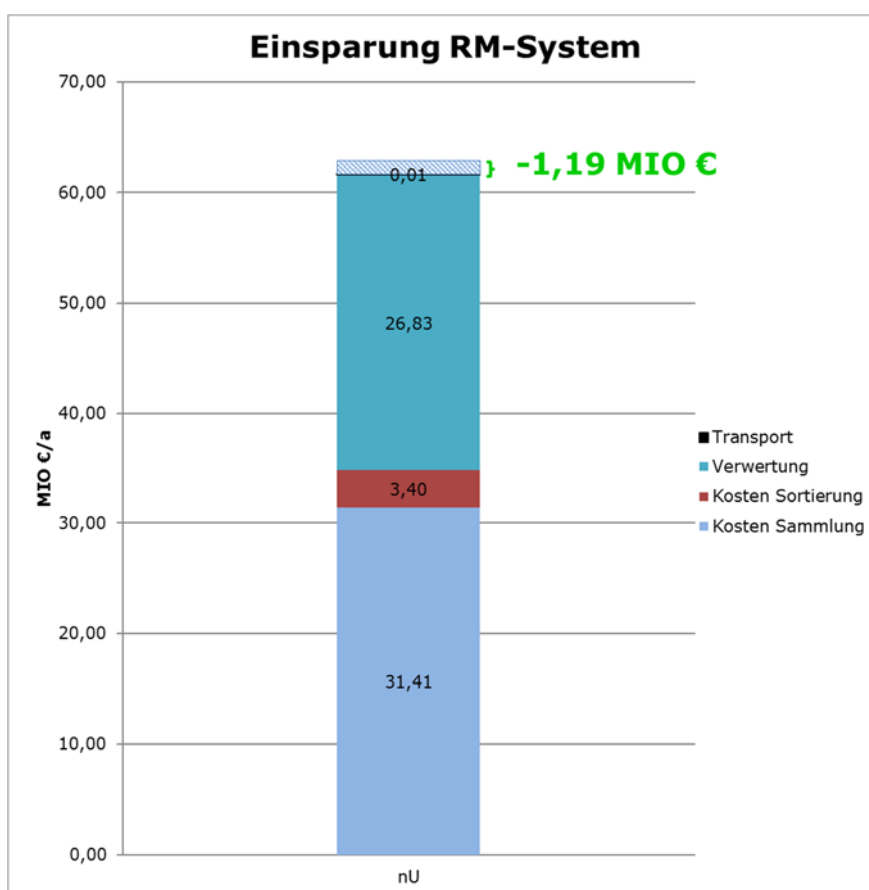


Abbildung 20: Kosteneinsparung bei dem RM-System durch Mengeneinsparungen

Werden nun die Mehrkosten des LVP-Systems mit den Kosteneinsparungen des RM-Systems gegenübergestellt, ergeben sich folgende „wahre“ Kosten für das Szenario „Gelbe Tonne Verband“ und für das Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: „Wahre“ Kosten der Umstellung

| | Gelbe Tonne Verband | Gelbe Tonne Systeme |
|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | Mio. €/a | |
| Kosten LVP | 3,38 | 2,07 |
| Einsparung RM | 1,19 | 1,19 |
| "wahre" Kosten | 2,20 | 0,88 |

Die Überlagerung der Kosten mit den Einsparungen zeigt „wahre“ Kosten von 2,2 Mio. € für das Szenario „Gelbe Tonne Verband“. Dem gegenüber stehen für das Szenario „Gelbe Tonne Systeme“, „wahre“ Kosten von ca. 0,9 Mio. €.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass in beiden Szenarien die Umstellung zu Mehrkosten führt. Wobei geringere Mehrkosten im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“, mit 0,88 Mio. € entstehen. Werden diese 0,88 Mio. € vergleichsweise bürgerspezifisch auf die Einwohner Niederösterreichs aufgeteilt, entstehen Mehrkosten von rund 60 Cent/EW*a. Im Vergleich dazu entsprechen die Mehrkosten von 2,2 Mio. € aus dem Szenario „Gelbe Tonne Verband“ rund 1,4 €/EW*a. Es kann gesagt werden, dass das Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ kostenmäßig für die Verbände günstiger ist.

6.2.6 Kosten für die Sammlung pro Sammelsystem

Im Sammelsystem 910 steigen die Sammelkosten der StNVP und der Fehlwürfe auf rund 1,5 Mio. € wenn der Verband das Sammelsystem betreibt (Abbildung 21). Nehmen die Systeme die Position des Systembetreibers ein, dann fallen die Kosten für die StNVP auf eine Mio. €, die die Verbände zu tragen hätten. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bei den beiden anderen Sammelsystem 914 und 934, wobei die Kostenzunahmen etwas geringer ausfallen.

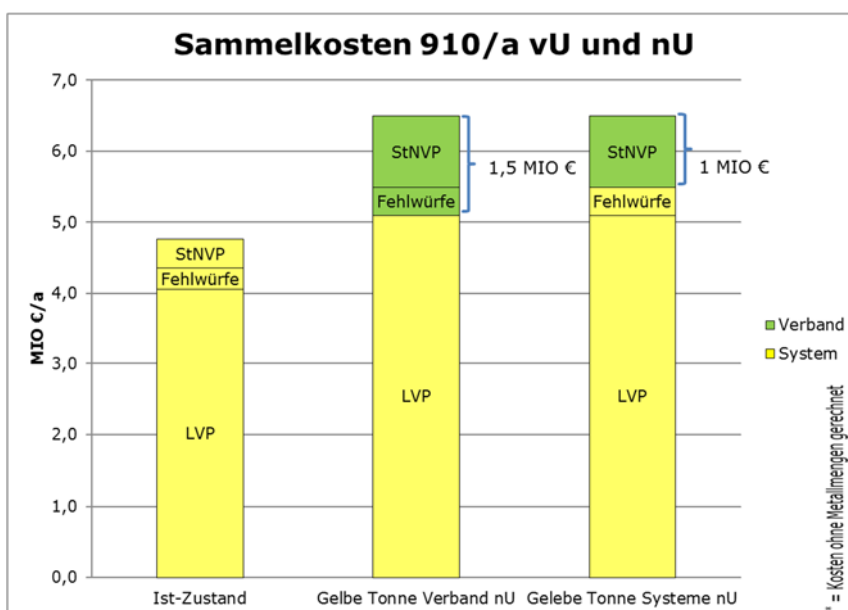


Abbildung 21: Gegenüberstellung der Sammelkosten vor und nach Umstellung des 910er Systems

Ein Blick auf die Gesamtkosten der Sammlung vor und nach der Umstellung bei den Sammelsystemen 914 und 934, zeigt deutlich den Mengenzuwachs an Kunststoffen den die beiden Sammelsystem nach der Umstellung erfahren werden (siehe Abbildung 22).

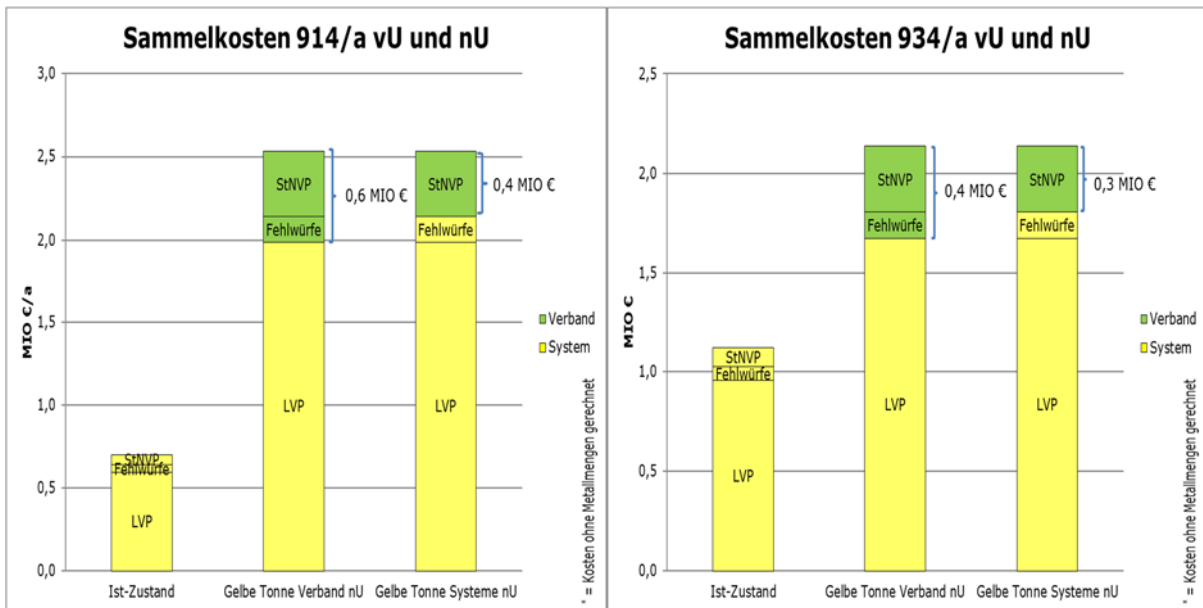


Abbildung 22: Gegenüberstellung der Sammelkosten vor und nach Umstellung der Sammelsysteme 914 u. 934

7 Pro und Contra der GKT

7.1 Sozial:

Die Vereinheitlichung der Sammelsysteme auf die GKT führt nicht nur zu einer vereinfachten Kommunikation sondern schafft zudem eine einheitliche Administrierbarkeit der Kunststoffsammlung in Niederösterreich. Dementsprechend haben diese beiden Verbesserungen das Potential, durch ein solides und einheitliches Auftreten des Landes Niederösterreich, die Akzeptanz für die getrennte Sammlung beim Bürger zu verbessern.

Von einer Mittsammlung von Elektroaltgeräten wird jedoch abgeraten. Es hat sich in anderen Studien herausgestellt, dass bereits bestehende Sammelsysteme als eigenständige Getrenntsammlung, parallel zur GKT beibehalten werden sollen.

Tabelle 25: Pro und Contra der Systemumstellung - Sozial

| Pro | Allgemein | Contra |
|---|-----------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Akzeptanz • Einheitliche Öffentlichkeitsarbeit in NÖ • Einheitliches Sammelsystem in NÖ | | <ul style="list-style-type: none"> • Keine Mitsammlung von EAG |

7.2 Ökologisch:

Aus ökologischer Sicht kann gesagt werden, dass mit der Einführung der Gesamtkunststofftonne ein positiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden kann. Durch die Überführung von knapp 20.000 t/a RM-Mengen in die GKT, hauptsächlich aus Kunststoffen bestehend, verringert sich der direkte Entsorgungsweg der thermischen Verwertung in Richtung alternativer Verwertungsmöglichkeiten (stoffliche Verwertung und EBS Aufbereitung). Daraus ergeben sich Einsparungen von rund 32.000 t CO₂-Äqu/a. Dazu können noch die zusätzlichen Gutschriften addiert werden, die durch die Substitution von Primärrohstoffen erzielt werden können, das sind 9.200 t CO₂-Äqu/a.

Diese zusätzlich gewonnen Gutschriften und Einsparungen sind höher als die Mehremissionen, die durch einen erhöhten Aufwand in der Sammlung, Sortierung und den Transporten (3.500 t CO₂-Äqu/a) entstehen. Auch für den Heizwert ist die Einführung der GKT als unproblematisch zu betrachten. Die Reduktion der heizwertreichen Kunststofffraktion im Restmüll führt zu keiner kritischen Verringerung des Heizwertes.

Summa summarum kann gesagt werden, dass die Umstellung eine positive Auswirkung auf den Klimabilanzeffekt hat. Zusätzlich wird die Ressource effizienter gesammelt und verwertet.

Aus Sicht der energetischen Nutzung ist eine kaskadische Nutzung der Ressource Kunststoff, im Vergleich zur direkten thermischen Verwertung, sinnvoller. Das gesamte ökologische Ergebnis entspricht den Grundsätzen der Abfallwirtschaft und kann als positiv eingeschätzt werden.

Tabelle 26: Pro und Contra der Systemumstellung - Ökologisch

| Pro | allgemein | Contra |
|---|-----------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Gutschriften durch Substitution von Primärrohstoffen • Mengenreduktion des thermisch zu behandelten Materials senkt die CO₂-Äqu.-Emissionen • Keine relevante Auswirkungen auf den Hu | | <ul style="list-style-type: none"> • Emissionsanstieg bei LVP-Sammlung, -Sortierung & -Transport aufgrund von Mehrfrachten |

7.3 Ökonomisch:

Allgemein kann gesagt werden, dass die Systemumstellung beim LVP-System zu Mehrkosten führt, jedoch die Mehrkosten durch die Einsparungen beim RM-System teilweise gedeckt werden können. Die Erweiterung des Zuweisungskatalogs um die Fraktion StNVP führt zu einem Kostenanstieg in der Sortierung. Eine zusätzliche manuelle Sortierung ist notwendig um die Mehrmengen aussortieren zu können. Durch die Systemumstellung kann aber auch eine marktfähige Kunststofffraktion (HDPE-PP-Mix) generiert werden. Zudem erhöhen sich auch die Erlöse aus der Vermarktung der Sekundärrohstoffe.

Ein Blick auf die beiden ökonomischen Szenarien zeigt, dass für das LVP-System im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ geringere Mehrkosten von 2,07 Mio. € entstehen. Diese 2,07 Mio. € Mehrkosten stehen 3,38 Mio. € im Szenario „Gelbe Tonne Verband“ gegenüber. Werden die Mehrkosten mit den Kosteneinsparungen des RM-Systems überlagert zeigt sich, dass Szenario „Gelbe Tonne Verband“ mit wahren Kosten von 2,2 Mio. € zu bewerten ist. Demgegenüber stehen im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ wahre Kosten von 0,88 Mio. €. Somit ist das Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ kostengünstiger.

Werden die Mehrkosten von 0,88 Mio. € aus dem Szenario „Gelbe Tonne System“ bürgerspezifisch auf die Einwohner Niederösterreichs aufgeteilt, hätte jeder Bürger rund 60 Cent/EW*a für die Umstellung zu bezahlen.

Tabelle 27: Pro und Contra der Systemumstellung - Ökonomisch

| Pro | Contra |
|---|---|
| allgemein | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Kostensenkung bei der RM-Verwertung durch Mengenreduktion • Generierung eines marktfähigen Wertstoffes (HDPE-PP-Mix) • Anstieg der Sekundärrohstoffe führt zu Erlöserhöhung | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Sammelkosten aufgrund geringerer Dichte der KS-Fraktionen • Sortierkosten steigen durch Zunahme der StNVP aufgrund manueller Vorsortierung |
| Szenario „Gelbe Tonne Verband“ | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Sammelkosten aufgrund der Kostenübernahme der Fehlwürfe • „Wahre Kosten“ 2,2 Mio. € |
| Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Erlöse sind höher, weil die Fehlwürfe keine Kosten in der Verwertung verursachen | <ul style="list-style-type: none"> • „wahre Kosten“ 0,88 Mio. € |

8 Zusammenfassung

Die Studie basiert auf einer modellhaften Darstellung und Interpretation der ökologischen, sozialen und ökonomischen Einflüsse, die durch die Umstellung des aktuellen Sammelsystems LVP-System zur Gesamtkunststofftonne (GKT) passieren. Dabei soll die GKT zur Sammlung von Kunststoffverpackungen und Verbundverpackungen aus Kunststoff eingesetzt werden, zusätzlich zu diesen beiden Fraktionen werden stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) neu mitgesammelt. Die modellhafte Analyse der Systemumstellung durchleuchtet die abfallwirtschaftlichen Ebenen Sammlung, Sortierung, Verwertung und Transporte.

Das Modell zeigt die spezifischen Einflüsse des LVP-Systems auf, die von den Kosten, den Entwicklung und den Trends der Märkte sowie den technischen Ansprüchen auf die Anlagen ausgehen. Diese modellhafte Beschreibung des LVP-Systems dient als soziale, ökologische und ökonomische Entscheidungshilfe für das Land Niederösterreich sowie den einzelnen Verbänden. Als Basis für die Studie ist der Status quo der niederösterreichischen Kunststoffverpackungssammlung sowie der kommunalen Restmüllsammlung herangezogen worden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass durch eine Systemumstellung eine 33,9% ige Mengenverfrachtung der Kunststoffe von RM in die GKT zu erwarten ist. Das würde bedeuten, dass von einer kalkulatorischen Mehrmenge von rund 19.638 t/a an Kunststoffen in der GKT auszugehen ist. Diese Mengenverschiebung entspricht einem Zusatzsammelvolumen von rund 650 Mio. l/a bzw. einer durchschnittlichen Zusatzsammelmenge von 12,1 kg/EW*a.

Im Zuge der Systemumstellung kann damit gerechnet werden, dass sich die Akzeptanz und die Benutzerfreundlichkeit für den Bürger verbessern. Das liegt daran, dass durch die Vereinheitlichung der Sammelsysteme, die Abfallwirtschaft des Landes Niederösterreich transparenter und einfacher für den Bürger gestaltet wird.

Aus ökologischer Sicht ist der GKT eine weitere positive Veränderung zuzuschreiben. Denn mit der Umstellung werden rund 51.300 t CO₂-Äqu/a eingespart. Diese Einsparungen ergeben sich einerseits aus den Gutschriften, die durch die Substitution von Primärrohstoffen eingerechnet werden können. Andererseits tritt durch die GKT eine Emissionsverringerung im Zuge einer RM-Mengenreduktion auf, die ebenfalls als Gutschrift angesehen werden kann. Folglich wirkt sich die Systemumstellung positiv auf die Klimabilanz aus.

Gesamtökonomisch betrachtet ist für das LVP-Gesamtsystem mit Mehrkosten durch die Umstellung zu rechnen. Das ist naheliegend, zumal auch mehr Mengen gezielt gesammelt werden und diese zu höheren Sammelkosten bzw. Sortierkosten führen (Die Transportkosten können an dieser Stelle vernachlässigt werden, diese sind verhältnismäßig gering). Werden nun diese Mehrkosten durch die erzielbaren Erlöse bereinigt, können die Mehrkosten nicht gedeckt werden. Von dieser Berechnung könne aber noch die Kosteneinsparungen aus dem RM-System abgezogen werden. Die Kosteneinsparung ergibt sich durch die verringerten

Sammelmengen und speziell durch die verringerten thermischen Verwertungsmengen. Diese Kosteneinsparungen aus dem RM-System verringern die Mehrkosten, können diese aber nicht gänzlich decken. Der Wegfall des Zukauf 1 in den Sammelregionen 914 und 934 belastet zusätzlich die Bilanz.

Da aber die Kosten und Erlöse für die Systemumstellung in Wirklichkeit nicht von einem Systemakteur getragen werden müssen, ist es notwendig eine detailliertere Kosten-/Erlösrechnung durchzuführen. Dafür sind im ersten Schritt die Abfallmengen in die Sammelfraktionen, LVP, StNVP und Fehlwürfe aufgeteilt worden. Diesen drei Sammelfraktionen wurden im nächsten Schritt die anteilmäßigen Kosten für die Sammlung, Sortierung, Verwertung und Transport zugerechnet. Im nächsten Schritt wurden zwei ökonomische Szenarien definiert. Das erste Szenario („Gelbe Tonne Verband“) geht davon aus, dass der Systembetreiber der Verband ist und dieser die Kosten & Erlöse für die StNVP und die Fehlwürfe zu tragen hat. Die Systeme haben bei diesem Szenario lediglich die Kosten und Erlöse für die Fraktion LVP zu tragen. Im zweiten Szenario, dem Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ fungieren die Systeme als Systembetreiber und müssen somit für die Kosten und Erlöse der Fehlwürfe und der Fraktion LVP aufkommen. Für die Verbände sind in diesem Szenario lediglich die Kosten und Erlöse der StNVP relevant. Somit werden in den beiden Szenarien die Kosten auf drei Sammelfraktionen aufgeteilt und den zwei Kostenträgern (Systeme oder Verbände) unterschiedlich zugeteilt.

Werden nun die Kostenverhältnisse der beiden Szenarien betrachtet, ergeben sich folgende Entwicklungen. Aus Sicht des ökonomischen Szenarios „Gelbe Tonne Verband“ betragen die erlösbereinigten Mehrkosten für das LVP-System rund 3,38 Mio. €/a. Im Vergleich dazu kostet die Systemumstellung im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ 2,07 Mio. €/a. Der Kostenunterschied, der bei den Szenarien bei 1,32 Mio. €/a liegt, basiert auf der kostenmäßigen Zuteilung der Fehlwürfe. Teilt man die Mehrkosten bürgerspezifisch würde das bedeuten, dass die Systemumstellung jedem Bürger 2,1 €/a bzw. 1,3 €/a kosten würde. An dieser Stelle ist noch zu berücksichtigen, dass den Mehrkosten des LVP-Systems, Einsparungen aus dem RM-System gegenüber stehen. Durch den Mengentransfer von 20.000 t/a RM in die GKT, entstehen Kosteneinsparungen in der Höhe von 1,19 Mio. €/a. Werden nun die LVP-Mehrkosten mit den RM-Einsparungen überlagert, entstehen geringere Mehrkosten im Szenario „Gelbe Tonne Systeme“ mit 0,88 Mio. €. Werden die 0,88 Mio. € auf die Einwohner Niederösterreichs aufgeteilt, entstehen Mehrkosten von rund 60 Cent/EW*a. Im Szenario „Gelbe Tonne Verband“ ist anteilmäßig mit rund 1,4 €/EW*a zu rechnen.

Zusammengefasst ist zu sagen, dass die Systemumstellung, ausgehend von dem aktuellen LVP-System, hin zur GKT, durchwegs positive Veränderungen mit sich bringt. Zum einen ist mit einer verbesserten Ressourceneffizienz in der Sammlung und bei der Verwertung zu rechnen, was definitiv den Grundsätzen der Abfallwirtschaft entspricht. Gleichzeitig können durch die Systemumstellung größere Mengen an erlösbringenden Kunststoffen sortenrein gesammelt werden. Durch die verbesserte Wertstoffverfassung kann wiederum der Anteil des stofflichen Recyclings erhöht werden. Was dabei zu einem positiven Beitrag der Klimabilanz beiträgt. Außerdem kann die Akzeptanz und die Benutzerfreundlichkeit für den Bürger

verbessert werden. Der ökonomische Aspekt zeigt, dass mit der Umstellung moderate Mehrkosten entstehen würden.

9 Anhang

1) Ökologische Basisdatensammlung:

| Ökologische Ansätze | | | |
|--|----------|----------------------------|---|
| Sammlung | Wert | Einheit | Quelle |
| Emissionen Sammelfahrzeug mit Presse (20-26t); Euro3; Diesel; Innerorts; | 3,12 | kg CO ₂ -Äqu./l | KÖHN (2013), BDBE (2014) |
| Dichte LVP | 0,03 | kg/l | AWP_NÖ (2012) |
| Dichte Restmüll | 0,13 | kg/l | AWP_NÖ (2012) |
| Sortierung | | | |
| Emissionen LVP | 11,59 | kg CO ₂ -Äqu./t | FRISCHENSCHLAGER (2010) KÖHN (2013) |
| Emissionen RM - MBA-Behandlung | 2,11 | kg CO ₂ -Äqu./t | PROBAS (2014) |
| - Strombedarf | 1,62 | kg CO ₂ -Äqu./t | KÖHN (2013) |
| - Wärmebedarf | | | |
| Sekundärmaterial | | | |
| Das in Ballen gepresste Sekundärmaterial wird beim Sortierer abgeholt | | | |
| Emissionen bei der Sekundärmaterialproduktion sind außerhalb der Systemgrenze | | | |
| Gutschriften Einsparung Primärmaterial (exkl. Emissionen des weiterführenden Produktionsprozesses) | 304,99 | kg CO ₂ -Äqu./t | eigene Annahme eigene Annahme KÖHN (2013) FRISCHENSCHLAGER (2010) |
| Verwertung | | | |
| thermische Verwertung Sortierrest aus Sortieranlage - LVP | 1.681,69 | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Emissionen Verbrennung von Erdöl & Erdgas zur Stützfeuerungs- & Abgaswiederaufbereitung - LVP | 23,00 | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Gutschrift - Substitution Primärenergieträger - LVP | 2.280,93 | kg CO ₂ -Äqu./t | KÖHN (2013) HOFFMANN (2010) |
| Einsparung - Reduzierte Menge bei thermischer Verwertung - RM nU | 406,14* | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Einsparung - Reduzierte Menge bei thermischer Verwertung - RM vU | 334,06* | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Emissionen Verbrennung von Erdöl & Erdgas zur Stützfeuerungs- & Abgaswiederaufbereitung - RM | 23,00 | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Heizwerte der Abfallarten Restmüll | | kg CO ₂ -Äqu./t | HOFFMANN (2010) |
| Emissionen EBS Aufbereitung | 11,59 | kg CO ₂ -Äqu./t | FRISCHENSCHLAGER (2010) |
| Gutschrift - Substitution Primärenergieträger - EBS | 717,97 | kg CO ₂ -Äqu./t | KÖHN (2013) |
| Transport | | | |
| Durchschnittlicher Transportweg zu Verwertung | 146,00 | km | ÖWAV (2014) |
| spezifischer Verbrauch Lkw | 2,20 | l/t | ÖWAV (2014) |
| Durchschnittlicher Dieselpreis 2014 in Österreich | 1,30 | €/l | BMWWFV (2014) |
| Emissionen LKW (20-26t) | 3,12 | kg CO ₂ -Äqu./l | KÖHN (2013) BDBE (2014) |

* = Die Zusammensetzung des RM ändert sich nach der Umstellung und somit auch der Gesamt-Kohlenstoffgehalt

2) Kostensätze der Modellebenen:

| Ökonomische Annahmen | | | |
|--|-------------|----------------|---------------------------------|
| Sammlung | Wert | Einheit | Quelle |
| Durchschnittliche Sammelkosten für RM | 134,68 € | /t | <i>It. Verbände</i> |
| Durchschnittliche Sammelkosten für LVP | 273,00 € | /t | <i>ÖWAV (2014)</i> |
| Sortierung | | | |
| Kosten der LVP-Vorbehandlung (Sortierung) | 78,00 € | /t | <i>REH (2014)</i> |
| Kosten der RM-Vorbehandlung (Sortierung) MBA | 83,00 € | /t | <i>RECHNUNGSHOF (2014)</i> |
| Sekundärmaterial | | | |
| PET | 280,00 € | /t* | <i>Plasticker.com (2015)</i> |
| HDPE-PP-PET | 150,00 € | /t* | <i>Plasticker.com (2015)</i> |
| HDPE-Formteile | 216,41 € | /t* | <i>Plasticker.com (2015)</i> |
| LDPE | 258,36 € | /t* | <i>Plasticker.com (2015)</i> |
| PS-PP | 239,66 € | /t* | <i>Plasticker.com (2015)</i> |
| HDPE-PP-Mix | 150,00 € | /t* | <i>Kunststoffexperte (2015)</i> |
| MK (EBS "Gatefee") | -50,00 € | /t | <i>Kunststoffexperte (2015)</i> |
| Fe | 100,00 € | /t* | <i>Kunststoffexperte (2015)</i> |
| NFe | 300,00 € | /t* | <i>Kunststoffexperte (2015)</i> |
| Sonstiges (thermisches Gatefee) | -80,00 € | /t | <i>Kunststoffexperte (2015)</i> |
| Verwertung | | | |
| Kosten der EBS-Aufbereitung | 78,00 € | /t | <i>REH (2014)</i> |
| <i>Wahre Kosten der EBS-Aufbereitung (exkl. Gatefee)</i> | 28,00 € | /t | <i>REH (2014)</i> |
| Personl- und Betriebskosten der thermischen Behandlung | 140,00 € | /t | <i>It. BAWU(2015)</i> |
| <i>Wahre Kosten pro Tonne LVP (exkl. Gatefee)</i> | 60,00 € | /t | <i>It. BAWU(2015)</i> |
| Transport | | | |
| spezifischer Verbrauch Sammelfahrzeug | 17,60 l | /t | <i>REH (2014)</i> |
| Durchschnittlicher Transportweg zu Verwertung | 146,00 km | | <i>ÖWAV (2014)</i> |
| spezifischer Verbrauch LKW | 2,20 l | /t | <i>ÖWAV (2014)</i> |

* = Momentaufnahme am 012015

10 Verzeichnisse

10.1 Literatur

ARA - Altstoff Recycling Austria AG (2014): Trennanleitung. Wien. URL: <http://www.ara.at/d/konsumenten/muelltrennung/so-trennt-man-richtig>. Stand: Dezember 2014.

ARA - Altstoff Recycling Austria AG (2013): Nachhaltigkeitsbericht – Leistungsreport 2012. Wien.

ARA - Altstoff Recycling Austria AG (2012): FHA-Analyse - Vergleich Materialzusammensetzung in Regionen mit Leichtverpackungen vs. „Plastikflaschen“. Wien.

ATUS GmbH (2012): Gutachten zur Einführung der Wertstofftonne in der Stadt Braunschweig. Hamburg.

ATUS/INFA GmbH (2009): Wissenschaftliche Begleitung des Versuches „Hamburger Wertstofftonne“ im Auftrag der Stadtreinigung Hamburg. Hamburg.

Bartnik S. (2013): Übersicht über die aktuellen Projekte zur bundesweiten Wertstofffassung. Präsentation am AGVU Orientierungstag 01/2013. Osnabrück.

BSR - Berliner Stadtreinigungsbetriebe (2010): Das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz – Wissens Wertes zum Thema Wertstofftonne. Berlin. URL: http://www.bsr.de/assets/downloads/WissenWerte_No.01.pdf. Stand: November 2014.

Cord-Landwehr K., Kranert M. (2010): Einführung in die Abfallwirtschaft. Auflage 4. Springer Vieweg Verlag. Wiesbaden.

Ganster C.: Nemetz Entsorgung und Transport AG. Telefonisches Interview am 15. Jänner 2015.

Ketzler Mag. G. & Drimmel S.: Brantner Walter GmbH. Persönliches Interview am 12. Februar 2015.

KKM Wertstoffsortierungsgesellschaft mbH (2014): Ersatzbrennstoff zur dezentralen Energieversorgung. Flörsheim-Wicker. URL: <http://www.kkmgmbh.de/ebs.html>. Stand: Jänner 2015.

Langen M. (2010): Gelbe Tonne_{plus} als Gestaltungsform der Wertstofftonne – Erfahrungen aus der Praxis. Präsentation am Regionalen Abfallforum in Nonnweiler 2010. Saarland.

Langen M., Weber H., Sabrowski R. und Oetjen-Dehne R. (2008): Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne_{plus} in der Stadt Leipzig und dem Land Berlin. In: Müll und Abfall 05/2008. Berlin.

Lechner, P. (2004): Kommunale Abfallentsorgung. Facultas Verlags- und Buchhandels AG. Wien.

Kunststoffexperte: Persönliches Interview am 28.01.2015.

MUL - Montanuniversität Leoben (2011); Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik; Fleischhacker S.: Stoffliche Verwertung von Abfällen – Einsatz der Nahinfrarot-Sortiertechnik im Bereich von Gewerbeabfällen. Masterarbeit.

ÖWAV – Österreichischer Abfall- und Wasserwirtschaftsverband (2014); Reh K., Franke M., Baum H.-G. & Faulstich M.: Vergleichende Analyse der Entsorgung von Verpackungsabfällen aus haushaltsnahen Anfallstellen auf Basis der Verpackungsverordnungen in Deutschland und Österreich. Wien. URL: <http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.oewav.at%2FKontext%2FWebService%2FSecureFileAccess.aspx%3Ffileguid%3D%257B1b0ac47a-2767-4f39-ab98-ec18e1369442%257D&ei=tYngVNrOG8vkUtr1gNgD&usg=AFQjCNGxQdvyrW1KD9aIUBcmVHoV7Ua5TA&bvm=bv.85970519,d.d24>. Stand: Jänner 2015.

ÖWAV - Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft (2008); Pretz T. und Julius J.: Stand der Technik und Entwicklung bei der berührungslosen Sortierung von Abfällen.. Heft 07-08/2008. Seite 105- 112. Wien.

Rechnungshof (2014): Restmüllentsorgung in Tirol. Innsbruck. URL: http://www.rechnungshof.gv.at/fileadmin/downloads/_jahre/2014/berichte/teilberichte/tirol/tirol_2014_03/Tirol_2014_03_2.pdf. Stand: Jänner 2015.

Schweitzer E. (2005): Versuche in Leipzig zur gemeinsamen Erfassung von LVP und E-Schrott – mögliche Konsequenzen für die Entsorgungswirtschaft. In: Tagungsband zum 17. Kasseler Abfallforum. Kassel.

SUTCO - Sutco Recyclingtechnik LM Group (2014): Leichtverpackung – Sortieranlagen. URL: <http://www.sutco.de/anlagentechnik/sortieranlagen/leichtverpackungen/>. Stand: Dezember 2014.

TU Dresden – Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten (2010); Hoffmann G., Brunn L., Schingnitz D., Baumann J. & Bilitewski B.: Nutzung der Potentiale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung. Dresden. URL: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/iaa/publikationen/Endbericht_19072010.pdf. Stand: Februar 2015.

UBA - Umweltbundesamt Deutschland (2013); Köhn M et al.: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltinstrumente. PROBAS- Datenbank. Verwendung verschiedener Datensätze. URL: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>. Stand: Februar 2015.

UBA - Umweltbundesamt Deutschland (2011); Bünemann A., Rachut G., Christiani J., Langen M. und Wolters, J.: Planspiel zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung – Teilvorhaben 1: Bestimmung der Idealzusammensetzung der Wertstofftonne. Dessau-Roßlau. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/planspiel-zur-fortentwicklung-verpackungsverordnung>. Stand: Dezember 2014.

UBA - Umweltbundesamt Österreich (2010); Frischenschlager H., Arigl B., Lampert C., Pölz W., Schindler I., Tesar M., Wiesenberger H. & Winter B.: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich (Krawi). Wien. URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0303.pdf> Stand: Dezember 2013.

Umweltberatung (2014): Restmüll und Abfalltrennung. URL:
<http://www.umweltberatung.at/restmuell-und-abfalltrennung>. Stand: Jänner 2015.

Winterberg S. (2010): Modellvorstellungen zur Erweiterung der Hamburger Wertstofftonne. In:
Tagungsband zum Cyclos Focus Congress. Berlin.

WNSKS - Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH: Telefonisches
Interview mit der Abfallberatungsstelle am 22. Jänner 2015.

10.2 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| ABS | Acrylnitril-Butadien-Styrol |
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| EBS | Ersatzbrennstoff |
| EW | Einwohner |
| GKT | Gesamt-Kunststofftonne |
| HDPE | High-Density-Polyethylen |
| K | Kunststoffe |
| KF | Kunststoffflaschen |
| LDPE | Low-Density-Polyethylen |
| LVP | Leichtverpackungen |
| M | Metalle |
| NÖ | Niederösterreich |
| NStNVP | Nichtstoffgleiche Nichtverpackungen |
| nU | Nach Umstellung |
| PE | Polyethylen |
| PET | Polyethylenterephthalat |
| PMMA | Polymethylmethacrylat |
| PP | Polypropylen |
| PS | Polystyrol |
| PPK | Pappe, Papier, Kartonagen |
| PVC | Polyvenylchlorid |
| RM | Restmüll |
| StNVP | Stoffgleiche Nichtverpackungen |
| vU | Vor Umstellung |

10.3 Tabellen

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Übersicht einiger in Deutschland eingeführter Wertstoffsammelsysteme (Stand: Jänner 2013) | 10 |
| Tabelle 2: Auswirkungen der Systemumstellung auf die LVP-Sammelmenge und die zugehörige Zusammensetzung | 14 |
| Tabelle 3: Sortieranalysen für die Modellvorhaben in Berlin und Leipzig vor der Systemumstellung und Zuwachs nach der Systemumstellung | 15 |
| Tabelle 4: Einteilung der NÖ Verbände und Städte nach Sammeltypen | 21 |
| Tabelle 5: Einteilung der NÖ Verbände und Städte nach Cluster | 22 |
| Tabelle 6: Aufstellung der Sammelmengen nach Cluster und Sammeltyp für Restmüll und Leichtverpackungen | 23 |
| Tabelle 7: Ergebnisse der Sortieranalyse der LVP-Sammelmenge 2012 | 24 |
| Tabelle 8: LVP-Sammelmenge in Niederösterreich im Jahr 2013 nach Verbänden und Städten | 25 |
| Tabelle 9: Restmüll-Sammelmenge in Niederösterreich im Jahr 2013 nach Verbänden und Städten | 26 |
| Tabelle 10: Ergebnisse der Restmüllsortieranalyse in NÖ 2011 | 27 |
| Tabelle 11: Ergebnisse der Restmüll- und LVP-Sortieranalyse inklusive der Erfassungsquoten für kunststoffartige Materialien | 28 |
| Tabelle 12: Kunststofforientierte Verwertungsbetriebe in Österreich – Standort, Stand der Technik und Kapazitäten | 36 |
| Tabelle 13: Zuteilung der Outputfraktionen anhand der Materialzusammensetzung und weitere Verwertungswege | 37 |
| Tabelle 14: MBA-Anlagen in NÖ und behandelte kommunale Mengen | 38 |
| Tabelle 15: Anteilmäßige Verwertung der LVP exklusive der Metallfraktion | 39 |
| Tabelle 16: Erlöse und Kosten hinsichtlich einzelner Kunststofffraktionen in der Modellbetrachtung | 43 |
| Tabelle 17: Ökonomische Szenarien auf Basis des Realistischen-Modells | 46 |
| Tabelle 18: Sortieranalyse nach Einzelprobenahme in einem Altstoffsammelzentrum 2012 | 47 |
| Tabelle 19: Erzielbare Erlöse aus Kunststofffraktionen des Sperrmülls | 48 |
| Tabelle 20: LVP-Mehrvolumen pro Cluster | 50 |
| Tabelle 21: LVP-Mehrvolumen pro Sammelsystem | 51 |
| Tabelle 22: RM-Volumeneinsparung pro Cluster | 51 |
| Tabelle 23: RM-Volumeneinsparung pro Sammelsystem | 52 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 24: „Wahre“ Kosten der Umstellung | 63 |
| Tabelle 25: Pro und Contra der Systemumstellung - Sozial..... | 65 |
| Tabelle 26: Pro und Contra der Systemumstellung - Ökologisch..... | 66 |
| Tabelle 27: Pro und Contra der Systemumstellung - Ökonomisch | 67 |

10.4 Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Zuweisungskatalog einzelner umgesetzter Wertstofftonnenprojekte laut UBA (2011)..... | 12 |
| Abbildung 2: Erfassungsquoten vor und nach der Systemumstellung des Modellvorhabens der Stadt Leipzig (Skalierung jeweils 0-100%) laut UBA (2011) | 16 |
| Abbildung 3: LVP-Sammelsystem inkl. Systemgrenze (punktierter Linie)..... | 18 |
| Abbildung 4: RM-Sammelsystem inkl. Systemgrenze (punktierter Linie)..... | 19 |
| Abbildung 5: Schema LVP-Sortieranlage (12 t h ⁻¹); eigene Darstellung nach SUTCO (2014) | 30 |
| Abbildung 6: Nahinfrarot-Sortierung Verfahrensprinzip (MUL 2011)..... | 32 |
| Abbildung 7: Verwertungsbetriebe im Auftrag des ARA Systems in Österreich 2012, modifiziert (ARA 2013) | 33 |
| Abbildung 8: Preisentwicklung HDPE-Mahlgut (Experten, Interview) | 40 |
| Abbildung 9: Entwicklung der real erzielten Verkaufserlöse in €/t für Ballenware ab Hof seit 2009 bis 2014 (Experten, Interview) | 41 |
| Abbildung 10: Typische nicht lizenzierte Kunststoff-Mix-Fraktion (Experten, Interview) | 49 |
| Abbildung 11: Gesamtökonomische Betrachtung der Systemumstellung..... | 53 |
| Abbildung 12: Energieveränderung der RM-Fraktion am Beispiel der drei Modellberechnungen..... | 54 |
| Abbildung 13: Zusammenhang Zukauf 1 und 10%ige Kostenreduktion nach Umstellung..... | 55 |
| Abbildung 14: Anteilmäßige Verteilung der Sammelkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme..... | 56 |
| Abbildung 15: Anteilmäßige Verteilung der Sortierkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme..... | 57 |
| Abbildung 16: Anteilmäßige Verteilung der Verwertungskosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme | 58 |
| Abbildung 17: Anteilmäßige Verteilung der Transportkosten entlang der Modellebenen für die Verbände und die Systeme | 59 |
| Abbildung 18: Gesamtkosten vor und nach der Umstellung für die LVP | 60 |
| Abbildung 19: Gegenüberstellung der Gesamtkosten und der Gesamterlöse | 61 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 20: Kosteneinsparung bei dem RM-System durch Mengeneinsparungen | 62 |
| Abbildung 21: Gegenüberstellung der Sammelkosten vor und nach Umstellung des 910er Systems | 63 |
| Abbildung 22: Gegenüberstellung der Sammelkosten vor und nach Umstellung der Sammelsysteme 914 u. 934..... | 64 |

