

## SORTIERUNG UND AUFBEREITUNG VON LEICHTVERPACKUNGEN

**EINSATZ- BZW. ANWENDUNGS-ZIELE:** -Aufbereitung von Leichtverpackungen zur Erzeugung sortenreiner, recyclingfähiger Fraktionen an Metallen, Kunststoffen und Verbundstoffen aus getrennt gesammelten Verpackungsmaterialien aus Haushalt und Gewerbe

### CHARAKTERISIERUNG DES ALLGEMEINEN ANWENDUNGSRAHMENS

#### INSBESONDERE ANWENDBAR FÜR FOLGENDE ABFALLARTEN

Altglas	Leichtverpackungen	X	Speise- und Grünabfälle
Papier/Pappe/Karton	Gemischte Haushaltsabfälle	X <sup>1</sup>	Sperrmüll
Altlampen	Alttextilien		Elektro(nik)altgeräte
Altmetall	Altholz		Bau- und Abbruchabfälle
Altöl	Altfarben/-lacke		Altreifen
Gefährliche Abfälle			
Produktions- bzw. branchenspezifische Abfälle			
Andere Abfallarten	X <sup>2</sup> Kleinteilige Abfälle stoffgleicher Produkte		

#### SPEZIELLE CHARAKTERISTIKA UND ANFORDERUNGEN DER ANWENDUNG:

**Notwendigkeit einer Vorbehandlung:**

Voraussetzung ist eine separate Sammlung der Verpackungsabfälle oder der trockenen Abfälle aus Haushalten.

**Verwertungsmöglichkeiten des Output-Materials:**

Die bei der Sortierung gewonnenen Materialfraktionen sind in der Regel ohne weitere Vorbehandlung (Metalle, Kartonagen) direkt zum Recycling geeignet, Kunststofffraktionen bedürfen zur stofflichen Verwertung häufig einer weiteren materialspezifischen Aufbereitung bzw. können direkt energetisch verwertet werden.

**Beseitigungs- und Ablagerungsmöglichkeiten des Output-Materials:**

Fremd- und Störstoffe aus der Sortierung sind umweltgerecht zu entsorgen. Sortierreste können in der Regel zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet und diese in der Co-Verbrennung (siehe Datenblatt Industrielle Mitverbrennung) eingesetzt werden. Ist dies nicht möglich, sollte eine anderweitige energetische Verwertung angestrebt werden.

**Spezielle Gesundheitsrisiken:**

Sortierungsprozesse können mit einer erhöhten Belastung des Arbeitsumfeldes durch bakterielle Keime, Kontaminationen und Sporen einhergehen. Es sind daher entsprechende Schutzvorkehrungen zu treffen (z.B. Belüftung, Absaugung, Tragen von Schutzkleidung und Atemschutz/Mundmasken).

**Besondere Schutzerfordernisse:**

Insbesondere erforderlich sind Maßnahmen zum Lärm- und Brandschutz, zum Arbeitsschutz bei bewegten Arbeitsmitteln und Lasten (ballierte Sortierware) sowie an Anlagen mit bewegten Teilen.

**Besondere Beschäftigungspotenziale:**

Sortierverfahren für Verpackungen lassen sich auch auf manuellem Weg umsetzen, wobei ein hohes Potenzial zur Beschäftigung von Arbeitskräften, insbesondere auch weniger qualifizierter Personen besteht.

#### EINFLUSS ÄUßERER GEGEBENHEITEN AUF DIE ART UND DEN UMFANG DER ANWENDBARKEIT:

**Klimatische Gegebenheiten:**

Sortieranlagen sind insbesondere vor Wettereinflüssen wie Wind und Regen zu schützen, insbesondere der Lagerbereich und die Sortierfläche.

**Sonstige:**

Zum Erreichen einer Wirtschaftlichkeit müssen hochwertige Qualitäten und Verwertungswege vorhanden sein bzw. es müssen Schemen zur Gegenfinanzierung eingeführt werden, z.B. Gebühren auf Verpackungsabfälle oder Lizenzierungen (siehe bspw. Systemansatz „Der Grüne Punkt“ / The „Green Dot“-trademark)

<sup>1</sup> Nur für trockene Fraktion vom Haushaltsabfall

<sup>2</sup> die getrennte Sammlung von gemischten Verpackungsabfällen kann mit der Erfassung von kleinteiligen Abfällen stoffgleicher Produkte kombiniert werden (System der gemeinsamen Erfassung wie z.B. der Ansatz "Wertstofftonne" (www.wertstofftonne-berlin.de). Pilotversuche haben die prinzipielle Durchführbarkeit sowie die Möglichkeit der nachgeschalteten Trennung und Aufbereitung der jeweiligen Fraktionen bestätigt

TECHNISCHE DETAILS	
ALLGEMEINER ÜBERBLICK	
KURZ-BESCHREIBUNG	Bei der Aufbereitung handelt sich im Wesentlichen um mechanische Prozesse mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden und verschiedenen Sortierschritten zur Erzeugung von verwertbaren Fraktionen aus dem Anlageninput. Grundansatz ist die zielgerichtete Anordnung verschiedener, aufeinanderfolgender Schritte der Zerkleinerung, Siebung und Klassierung mit einem mehr oder minder hohem Grad an Technisierung und moderner Gerätetechnik. Manuelle Sortierschritte können in den Anlagen ebenfalls integriert werden.
GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN	- Der Anlageninput muss getrennt vom gewerblichen Abfall und feuchtem Abfall aus Haushalten gesammelt werden bzw. ist bei Haushaltsabfällen auf die trockenen Anteile zu beschränken.
ZU ERWARTENDE ERGEBNISSE	- Recyclingmaterialien mit definierten Qualitäten - (teilweise) automatische Trennung der Kunststoffe in PE, PP, PET und PS - Kunststoffgranulate aus an die Sortierprozesse angeschlossene Kunststoffveredelungsverfahren
BESONDERE VORTEILE	sind je nach gewählter Verfahrens- bzw. Anlagenkonfiguration unterschiedlich zu bewerten - <u>Grundkonfiguration</u> - einfache Techniken, daher relativ geringe Kapitalkaufwendungen - sehr zuverlässig, Anlagenverfügbarkeit bei >95 % - sehr flexibel - <u>Erweiterte Konfiguration</u> - höherer Durchsatz im Vergleich zur Grundkonfiguration - effektivere Trennung im Vergleich zur Grundkonfiguration - geringerer Personalbedarf - relativ flexibel
SPEZIFISCHE NACHTEILE	sind je nach gewählter Verfahrens- bzw. Anlagenkonfiguration unterschiedlich zu bewerten - <u>Grundkonfiguration</u> - arbeitsintensiv (höherer Personalbedarf) - deutlich geringerer Durchsatz - <u>Erweiterte Konfiguration</u> - im Vergleich zur Grundkonfiguration höherer Durchsatz - höherer Qualifizierungsbedarf des Personals - energie- und investitionsintensiver
ANWENDUNGSDETAILS	
TECHNISCHE UMSETZUNG	In der Grundkonfiguration werden über mechanische Prozesse gezielt Feinmaterialien durch Siebung ausgeschleust und anschließend manuell in verschiedene Materialien sortiert. Der Prozess gliedert sich nach folgendem Schema:

FORTSETZUNG  
TECHNISCHE  
UMSETZUNG

Abbildung 1: Beispielhafter Sortierprozess zur Erzeugung verschiedener Kunststoffsorten (Grundkonfiguration)

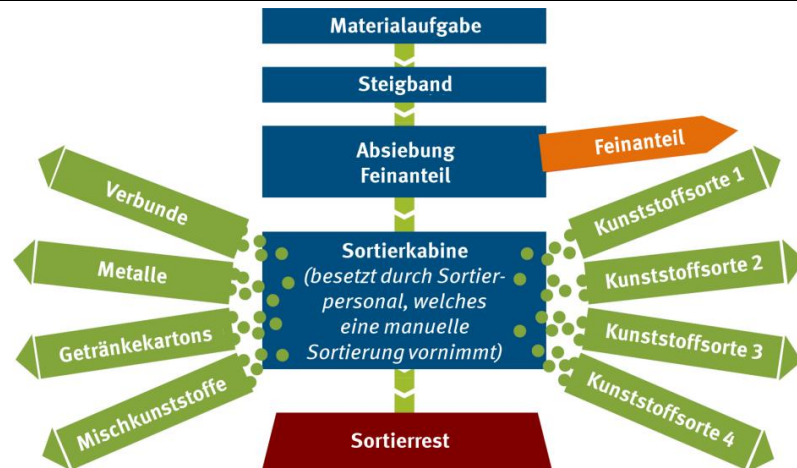


Abbildung 2: Beispielansicht einer Sortiereinrichtung in der Grundkonfiguration (Foto: INTECUS)



Bei der erweiterten Konfiguration handelt es sich um eine der Grundkonfiguration ähnliche Vorgehensweise, jedoch sind automatische Sortierschritte wie Infrarottechnologie und verschiedene Trennstufen zur Abtrennung von Eisen- und Nichteisenmetallen, Leichtstoffen usw. integriert. Diese gestalten sich in Anzahl und Anordnung von Anlage zu Anlage unterschiedlich. Das folgende Prozessschema gibt den Sortierprozess beispielhaft wieder:

Abbildung 3: Beispielhafter Sortierprozess für Kunststoffsorten (erweiterte Konfiguration)



**Kunststoffveredelungsprozess:**

Nach der LVP-Sortierung erfolgt eine Veredelung der aussortierten Kunststoffsorten zu Polymergranulaten oder -mahlgütern mit definierten Qualitäten. Ein Teil der erzeugten Materialien kann entweder direkt in der Produktion wieder eingesetzt werden, z.B. Kunststoffgranulat, Aluminium, Papierfaser, oder als Basis für materialspezifische Recyclingprozesse wie Recycling gemischter Kunststoffe, Getränkekartonrecycling usw. dienen.

Ein Prozessbeispiel<sup>3</sup>, bei dem vorsortierte PET-Flaschen wieder zu Recyclingflakes für die Herstellung von PET-Flaschen aufarbeitet werden, gestaltet sich wie folgt (vereinfachte Darstellung):

Abbildung 4: Prozessschema der Firma KRONES (Schema nach KRONES AG, [www.krones.de](http://www.krones.de))



<sup>3</sup> Krones AG: <http://www.krones.com/de/produkte/abfuellung/bottle-to-bottle-pet-recyclinganlage.php>

<p><b>STOFFFLUSS UND -MENGEN</b></p>	<p>Fallen je nach gewählter Verfahrens- bzw. Anlagenkonfiguration unterschiedlich aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Grundkonfiguration</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- der mögliche Anlagendurchsatz liegt bei ca. 1 Mg/h</li> </ul> </li> <li>- <u>Erweiterte Konfiguration</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- der mögliche Anlagendurchsatz kann zwischen ca. 3–20 Mg/h liegen</li> </ul> </li> </ul> <p>Die Massebilanz am Beispiel der Wertstoffaufbereitung Iserlohn<sup>4</sup> mit einem Input von 72.000 Mg pro Jahr gestaltet sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Output stofflich verwertbar: <ul style="list-style-type: none"> <li>FE-Metalle: 8.000 Mg, NE-Metalle 2.200 Mg</li> <li>PE: 2500 Mg, PP 5.000 Mg, PS 1.800 Mg, PET 1.400 Mg</li> <li>Folien 4.800 Mg</li> <li>Flüssigkartons: 5.000 Mg</li> <li>PPK: 1.800 Mg</li> </ul> </li> <li>- Output energetisch verwertbar: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mischkunststoffe (Hochkalorik): 19.000 Mg</li> <li>EBS Vorprodukte (Mittelkalorik): 17.400 Mg</li> <li>Sortierreste (Niederkalorik): 2.900 Mg</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>ZUSAMMENHÄNGE U. KOMBINIERBARKEIT MIT ANDEREN TECHNIKEN</b></p>	<p>Insoweit komplexere Aufbereitungsprozesse mit höherem Technisierungsgrad zur Anwendung kommen sind hierfür i.d.R. spezialisierte Anlagen sinnvoller welche extern bzw. getrennt vom späteren Einsatzort der gewonnenen Sekundärmaterialien errichtet werden. Wo einfache Sortierungen z.B. nur für Teilströme wie Metalle oder Verbundstoffe erfolgen, ist es möglich die entsprechende Aufbereitung der Produktionsanlage direkt vorzulagern bzw. diese darin zu integrieren.</p>
<p><b>ORIENTIERUNGSWERTE FÜR DIE ANWENDUNG: RESSOURCENEINSATZ</b></p>	
<p><b>ENERGIEBILANZ</b></p>	<p>Anlagen der Grundkonfiguration besitzen einen relativ geringen Energiebedarf. Der Energiebedarf der erweiterten Konfiguration steigt entsprechend der installierten Anlagenkomponenten.</p>
<p><b>CO<sub>2</sub>-RELEVANZ</b></p>	<p>Durch die Substitution und den geminderten Verbrauch an Primärressourcen bei Nutzung der durch die Aufbereitung gewonnenen Sekundärmaterialien kommt es i.d.R. zur Einsparung von ansonsten entstandenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.</p> <p>Am Beispiel der Wertstoffaufbereitungsanlage Iserlohn (Durchsatz von 72.000 Mg) wurde eine jährliche Einsparung von rund 55.000 t CO<sub>2</sub>-äq. errechnet. Die Einsparungen basieren zu 70 % auf dem Ersatz von Primärrohstoffen und zu 30% auf der energetischen Verwertung von Mischkunststoffen, EBS usw.</p>
<p><b>HILFSMITTEL / ZUSATZSTOFFE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Hilfsmittel bei der Sortierung notwendig</li> <li>- Wasserverbrauch und chemische Zusatzstoffe in der Veredelungsstufe für die nassmechanische Aufbereitung</li> </ul>
<p><b>PERSONALBEDARF</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Grundkonfiguration</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- im Durchschnitt bis 12 Mitarbeiter</li> </ul> </li> <li>- <u>Erweiterte Konfiguration</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zwischen 7–30 Mitarbeiter</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>FLÄCHENBEDARF</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ca. 5.000–10.000 m<sup>2</sup> für eine Anlage durchschnittlicher Größe</li> </ul>
<p><b>NACHSORGE-AUFWAND</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Anteil der Stör- und Fremdstoffe kann eine Größenordnung von bis zu 40–55 % des Anlageninput erreichen, dabei handelt es sich hauptsächlich um Stoffe, die durch Verbrennung umweltgerecht entsorgt werden müssen.</li> </ul>

<sup>4</sup> INFA GmbH, Prognos AG: Wertstoffaufbereitungsanlage Iserlohn-Sümmernals Projekt der KlimaExpo.NRW-Mengenbilanz und Klimawirkung, [http://www.klimaexpo.nrw/fileadmin/user\\_upload/Projekte/WAA\\_Lobbe/Anhang\\_WAA\\_Lobbe\\_Klimawirkung\\_Mengenbilanz.pdf](http://www.klimaexpo.nrw/fileadmin/user_upload/Projekte/WAA_Lobbe/Anhang_WAA_Lobbe_Klimawirkung_Mengenbilanz.pdf), letzter Zugriff 12.10.2015

ORIENTIERUNGSWERTE FÜR DIE ANWENDUNG: KOSTEN																			
INVESTITIONS- KOSTEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Grundkonfiguration</u></li> <li>- ohne sonstige Strukturen und Gebäudehülle (mit Stand 2008) bei EUR 50.000–150.000 für eine durchschnittliche Prozesslinie.</li> <li>- <u>Erweiterte Konfiguration</u></li> <li>- je nach Anlagentechnik (insbesondere in Abhängigkeit der Anzahl der installierten, sensorgestützten Trennstufen) bei EUR 13 Millionen bzw. auch darüber</li> </ul>																		
BETRIEBSKOSTEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- variieren in Abhängigkeit der eingesetzten Technik teils erheblich</li> <li>- sind orientierend im Bereich zwischen 150–650 EUR/Mg anzusiedeln, einschließlich der Kosten für die Beseitigung der Fremdstoffe</li> <li>- Kosten für Reparatur und Wartung in Abhängigkeit der Anlagenkonfiguration in durchschnittlicher Höhe von 6% der Investitionskosten und Jahr sind enthalten</li> </ul>																		
MÖGLICHKEIT VON EINNAHMEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erlöse für erzeugte Fraktionen hängen von der aktuellen Marktlage und den Qualitäten ab. Als Erlösbeispiel seien genannt:</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th>Kunststoffsorte</th> <th>Juli 2015 [EUR/Mg]</th> <th>Juli 2014 [EUR/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HDPE Mahlgut</td> <td>620</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>HDPE Granulat</td> <td>920</td> <td>920</td> </tr> <tr> <td>PP Ballenware</td> <td>260</td> <td>290</td> </tr> <tr> <td>PP Mahlgut</td> <td>590</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>PET Mahlgut bunt</td> <td>420</td> <td>410</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Kostenkompensation für die Aufbereitung und das Recycling von Verpackungen kann über spezielle Finanzierungsmodelle ermöglicht werden, ein Beispiel hierfür ist das Lizenzierungsmodell des Grünen Punkt in Deutschland</li> </ul>	Kunststoffsorte	Juli 2015 [EUR/Mg]	Juli 2014 [EUR/Mg]	HDPE Mahlgut	620	620	HDPE Granulat	920	920	PP Ballenware	260	290	PP Mahlgut	590	550	PET Mahlgut bunt	420	410
Kunststoffsorte	Juli 2015 [EUR/Mg]	Juli 2014 [EUR/Mg]																	
HDPE Mahlgut	620	620																	
HDPE Granulat	920	920																	
PP Ballenware	260	290																	
PP Mahlgut	590	550																	
PET Mahlgut bunt	420	410																	
MASSESPEZIF. GESAMTKOSTEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine verfügbaren Angaben</li> </ul>																		
SONSTIGE DETAILS																			
MARKTÜBERSICHT																			
REFERENZ- ANWENDUNGEN	<p>Sortieranlagen der beschriebenen Anlagenkonfigurationen finden sich in großer Anzahl in europäischen Staaten und weltweit, Beispiele hierfür in Deutschland sind u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- WAA Iserlohn <span style="float: right;"><a href="http://www.lobbe.de">www.lobbe.de</a></span></li> <li>- Sortieranlage Leipzig <span style="float: right;"><a href="http://www.alba.info">www.alba.info</a></span></li> </ul> <p>Eine Listung weiterer Anlagen findet sich auf den Seiten des Bundeslandes <a href="#">Brandenburg</a></p> <p><u>Kunststoffveredelung/ Flakesherstellung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Krones AG <span style="float: right;"><a href="http://www.krones.com">www.krones.com</a></span></li> <li>- Multipet GmbH Bernburg <span style="float: right;"><a href="http://www.mp-bbg.eu">www.mp-bbg.eu</a></span></li> <li>- System Plastics <span style="float: right;"><a href="http://www.systemen.de">www.systemen.de</a></span></li> </ul> <p>Anlagen der verschiedenen Auslegungsvarianten werden durch eine Vielzahl von Entsorgungsunternehmen betrieben, dazu gehören u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suez Environment <span style="float: right;"><a href="http://www.suez-deutschland.de">www.suez-deutschland.de</a></span></li> <li>- Remondis <span style="float: right;"><a href="http://www.remondis.de">www.remondis.de</a></span></li> <li>- Alba-Gruppe <span style="float: right;"><a href="http://www.alba.info">www.alba.info</a></span></li> </ul>																		
ANERKANNTE HERSTELLER UND DIENSTLEISTER	<p>Die zur Aufbereitung genutzten Aggregate und Ausrüstungen gehören zu dem üblichen Pool an Technik, welcher für mechanische Prozesse im Bereich der gesamten Abfallwirtschaft zur Verfügung steht bzw. dort zur Anwendung kommt. Insbesondere gehören dazu:</p> <p><u>Förderbänder/ Dosierer:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rudnick + Enners Maschinen- u. Anlagenbau GmbH, Alpenrod <span style="float: right;"><a href="http://www.rudnick-enners.de">www.rudnick-enners.de</a></span></li> </ul>																		

*(wichtiger Hinweis:  
die Aufzählung von  
Firmen in dieser  
Übersicht erhebt  
keinen Anspruch auf  
Vollständigkeit)*

- Ludden & Mennekes, Meppen [www.ludden.de](http://www.ludden.de)
- Spezialmaschinen & Recyclingtechnik, Chemnitz [www.sr-recyclingtechnik.com](http://www.sr-recyclingtechnik.com)
- Sacköffner:**
- Matthiessen Lagertechnik GmbH, Krempe [www.bagsplitter.com](http://www.bagsplitter.com)
- Klassiertechnik:**
- Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel [www.mogensen.de](http://www.mogensen.de)
- Stadler Anlagenbau GmbH, Altshausen [www.w-stadler.de](http://www.w-stadler.de)
- EuRec Technology GmbH, Merkers [www.eurec-technology.com](http://www.eurec-technology.com)
- Spaleck – Förder- und Separiertechnik [www.spaleck.de](http://www.spaleck.de)
- Metallabscheider (Fe u. NE):**
- Steinert Elektromagnetbau GmbH, Köln [www.steinertglobal.de](http://www.steinertglobal.de)
- IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim [www.imro-maschinenbau.de](http://www.imro-maschinenbau.de)
- Wagner Magnete GmbH & Co. KG, Heimertingen [www.wagner-magnete.de](http://www.wagner-magnete.de)
- Balierer/Pressen:**
- HSM GmbH + Co. KG, Salem [www.hsm.eu](http://www.hsm.eu)
- Bomatic–Umwelt- und Verfahrenstechnik GmbH, Hamburg [www.bomatic.de](http://www.bomatic.de)
- Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH, Kaufering [www.erdwich.de](http://www.erdwich.de)
- MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH, Gechingen [www.mewa-recycling.de](http://www.mewa-recycling.de)
- Sensorgestützte Sortierung**
- Tomra Systems GmbH [www.tomra.de](http://www.tomra.de)
- Sesotec GmbH [www.sesotec.com](http://www.sesotec.com)

#### ANMERKUNGEN UND WEITERE REFERENZDOKUMENTE

Weitere Detailinformationen zur Verpackungsaufbereitung und zu Verpackungsrücknahmesystemen mit Hinweisen und Links zu den ausführenden Firmen sind u.a. erhältlich über:

- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung: [www.bvse.de](http://www.bvse.de)
- Website der dualen Systeme: [www.recycling-fuer-deutschland.de](http://www.recycling-fuer-deutschland.de)
- Fachverband Kunststoffrecycling [www.kunststoff-verwertung.de](http://www.kunststoff-verwertung.de)
- Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. [www.kunststoffverpackungen.de](http://www.kunststoffverpackungen.de)