interseroh
Die Recycling-Allianz

Bewertung der Recyclingfähigkeit

nach bifa und Fraunhofer IVV

Untersuchung Tiegel Green PE

Gerschon

Hintergrund und Zielsetzung

Gerschon möchte verschiedene in Kosmetik und Pharma eingesetzte Packmittel auf deren Recyclingfähigkeit überprüfen. Dazu sollen die AfterLife-Szenarien (Erfassung, Sortierung, Verwertung) der Materialien geprüft und bewertet werden. Die Packmittel-Analyse erfolgt auf Basis eingereichter Produktmuster.

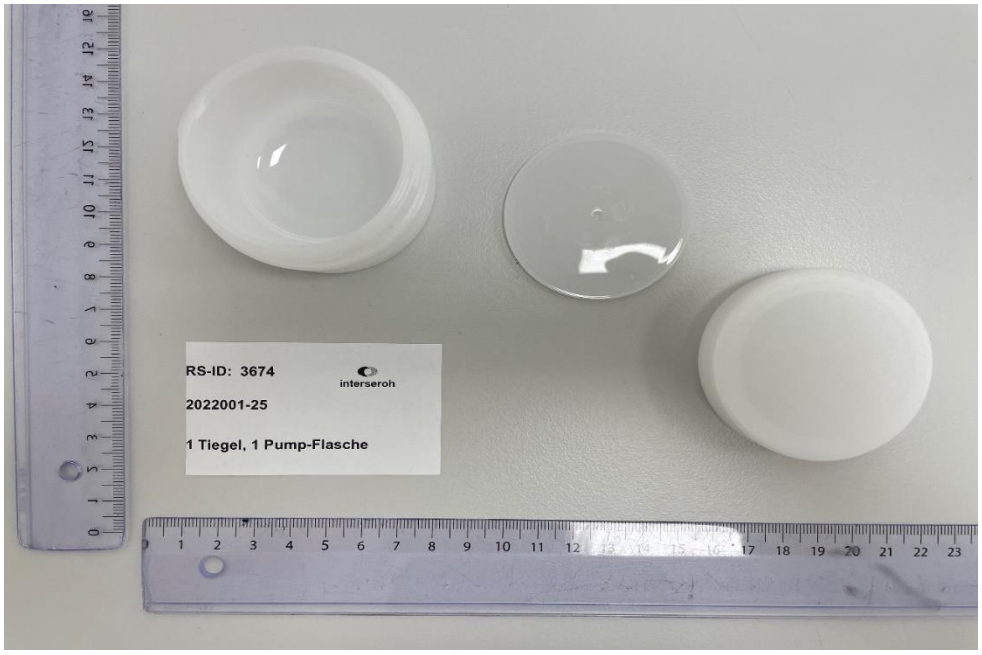
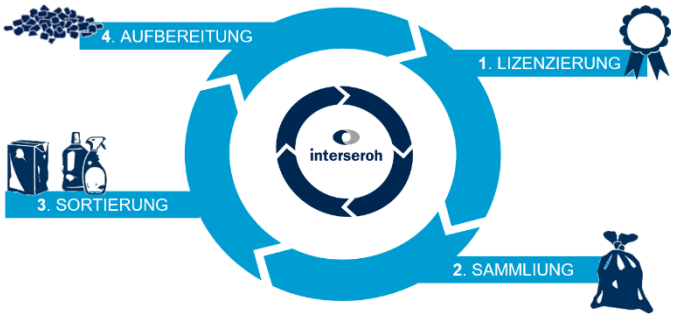


Abbildung 1: Bild des analysierten Packmittels

Interseroh+ begleitet als Umweltdienstleister fast alle Stationen des Verpackungskreislaufs. Von der Lizenzierung (Duales System) über die Abholung (ALBA) bis hin zu Sortierung von Papier und Leichtverpackungen und letztlich der Aufbereitung von Kunststoffen zu unserem Regranulat procyclen®. Darüber hinaus verfügt Interseroh+ über ein Kompetenzzentrum für Kunststoffrecycling, in dem Recycling-Kunststoffe erforscht und entwickelt werden, aber auch Bewertungen von Leichtverpackungen hinsichtlich deren Recyclingfähigkeit vorgenommen werden können.

Um gesetzlich geforderte und steigende Recyclingquoten (VerpackG) einzuhalten und Abfälle wertstofflich zu hochwertigen Rezyklaten verarbeiten zu können, müssen Wertstoffe recyclingfähig konzipiert werden. Recyclingfähig bedeutet, sie müssen bei der Sammlung erfasst werden, eindeutig sortierbar sein und zu Rezyklat aufbereitet werden können.

Interseroh+ unterstützen Unternehmen dabei Packmittel so zu gestalten, dass sie die *after-life*-Prozesse effektiv durchlaufen – nach dem Motto „Made for Recycling“.



Abkürzungsverzeichnis

PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
HDPE	High density Polyethylen
LLDPE	Linear low density Polyethylen
WB	Weißblech
MKS	Mischkunststoffe
PPK	Papier, Pappe, Karton
EBS	Ersatzbrennstoff
FKN	Flüssigkeitskarton
LVP	Leichtverpackung

Inhalt

1. Unsere Partnerinstitute ... 4
1.1. Das bifa Umweltinstitut ... 4
1.2. Das Fraunhofer IVV ... 4
2. Veranlassung ... 4
3. After-Life der Verpackung ... 5
3.1. Ebene 1: Zuordnung der Vp zum Erfassungssystem: Ist das vorgesehene Erfassungssystem der Verpackung für den Verbraucher zuordenbar? ... 5
3.2. Ebene 2: Sortierbarkeit gemischt erfasster Vp (LVP) ... 5
3.2.1. Ist die Verpackung groß genug? ... 5
3.2.2. Ist die Verpackung magnetisierbar? ... 6
3.2.3. Ist die Verpackung leitfähig? ... 6
3.2.4. Ist die Verpackung anhand der Oberfläche erkennbar? ... 7
3.3. Ebene 3: Verwertung ... 8
3.3.1. Kann für die Verpackung eine hochwertige Verwertung erwartet werden? ... 8
3.3.2. Enthält die Verpackung nicht-verwertbare Anteile, die im Rahmen der Aufbereitungsschritte abgetrennt werden können? ... 9
3.3.3. Erfolgt über die Verpackung ein Eintrag von (nicht abtrennbaren) Verunreinigungen mit Risiko der Kontaminierung des Recyclingprodukts bzw. Störung des Recyclingprozesses? ... 10
4. Bewertung ... 11
Ebene 1: Zuordnung zum Erfassungssystem ... 12
Erfassungssystem zuordenbar ... 12
Ebene 2: Sortierbarkeit gemischter erfasster Verpackungen (LVP) ... 13
Mindestgröße ... 13
Identifizierbarkeit ... 13
Ebene 3: Eignung für werkstoffliche Verwertung und Bereitstellen von Sekundärprodukten ... 13
Hochwertigkeit des Verwertungswegs ... 13
Abtrennbare, nicht verwertbare Anteile ... 13
Nicht abtrennbare Anteile bzw. Verunreinigungen ... 13
5. Handlungsempfehlung ... 14
6. Internationale Betrachtung ... 15
Spanien ... 16
Frankreich ... 16
Italien ... 16
United Kingdom ... 16
Niederlande ... 16
Schweiz ... 16
Österreich ... 16
Belgien ... 16
Dänemark ... 16
Polen ... 16

1. Unsere Partnerinstitute

1.1. Das bifa Umweltinstitut

bifa bietet als anwendungsorientierte Forschungs-, Entwicklungs- und Beratungseinrichtung ein breit gefächertes Leistungsspektrum rund um den „Technischen Umweltschutz“. Dazu gehören die Verfahrenstechnik (Maschinen- und Apparatebau), Mikrobiologische Technologien und Testverfahren, Integrierter betrieblicher Umweltschutz, Nachhaltige Abfallwirtschaft, System- und Prozessanalyse, Strategieentwicklung und Politikberatung, Prozesstechnik und chemische Analytik.

1.2. Das Fraunhofer IVV

Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV steht für hochwertige Lebensmittel und für sichere Verpackungen, die eine hohe Qualität und eine bequeme Handhabung ermöglichen. Es wird bei den Entwicklungen entlang der Wertschöpfungskette auf eine effiziente Nutzung der Rohstoffe und auf niedrige Umweltlasten geachtet. Die Technologien und Expertise werden auch auf Anwendungen außerhalb der Lebensmittel- und Verpackungsindustrie übertragen.

Zu den Geschäftsfeldern des Fraunhofer IVV zählen Lebensmittelprozesse und -produkte, Lebensmittelqualität und sensorische Akzeptanz, Konformität, Verpackung sowie Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinen. Das Institut beschäftigt sich weiterhin mit funktionellen Zutaten für Lebensmittel, aber auch für Futtermittel und Kosmetika sowie mit Funktionsmaterialien als Lebensmittelverpackung und für technische Anwendungen wie Ultrahochbarrierefolien für OLEDs. Mit Blick auf eine effiziente Verwertung von Neben- und Abfallströmen komplettieren die Geschäftsfelder Biogene Rohstoffe und Kunststoff-Rezyklate das Portfolio.

2. Veranlassung

Zur Förderung eines recyclinggerechten Designs von Verpackungen ist der Dialog zwischen den Akteuren der Wertschöpfungskette wesentlich. Bereits heute bestehen einige, teils geschlossene Plattformen und Angebote zum Austausch. Dennoch besteht in der Breite weiterer Informationsbedarf zu den Anforderungen an die recyclingfreundliche Verpackungsgestaltung bei Entwicklern, Abfüllern und dem Handel. Potenziell starke Lenkungswirkung bietet dazu § 21 des Verpackungsgesetzes, der die Gestaltung der Lizenzentgelte für Verkaufsverpackungen in Abhängigkeit von der Recyclingfähigkeit vorsieht. Durch die ökologische Gestaltung der Lizenzentgelte sollen prinzipiell recyclingfähige Verpackungen mit geringen und nicht recyclingfähigen Verpackungen mit höheren Beteiligungsentgelten belegt werden. § 21 Verpackungsgesetz adressiert die Frage einer konkreten Bewertung der Recyclingfähigkeit von Verpackungen an die am Lebensweg einer Verpackung beteiligten Akteure. Im Folgenden werden die zentralen Rahmenbedingungen für eine Methodik zur Bestimmung der Recylingfähigkeit von Verpackungen vorgestellt. Den Ausgangpunkt der zugehörigen Überlegungen bilden u.a. die abfallwirtschaftlichen Regelungen zur Entsorgung von Verpackungen, das Kreislaufwirtschafts- sowie das Verpackungsgesetz und die Verpackungsverordnung in der derzeit gültigen Fassung. Zusätzlich wird dem in der DIN EN 13430 „Anforderungen an Verpackungen für die stoffliche Verwertung“ formulierten Rahmen Rechnung getragen.

Ziel des Recyclings ist es, bei der Produktion von neuen Gütern den Rohstoff- und Energieeinsatz durch den Einsatz von recyceltem Material zu reduzieren. Unter dem Begriff der Recyclingfähigkeit versteht man grundsätzlich die Eigenschaft eines Produktes, die es erlaubt, die verwendeten Materialien nach Ende der Lebensdauer wieder dem Stoffkreislauf zu zuführen und damit den Stoffkreislauf zu schließen. Dabei kommt es bei dem Maß der Recyclingfähigkeit darauf an,

- wie die Verpackung gestaltet und beschaffen ist,
- in welcher Qualität und Quantität die Verpackungen den materialspezifischen Verwertungswegen zugänglich gemacht und dort behandelt werden können
- welche Sortier- und Verwertungstechniken seitens der Entsorgungswirtschaft eingesetzt werden, um einzelne Materialströme zu separieren und mit hoher Ausbeute in Zielfraktionen aufzukonzentrieren und
- welche Qualität das Recyclingprodukt erreicht, vor dem Hintergrund, dass ein Wiedereinsatz als Substitut von Primärmaterial angestrebt ist

3. After-Life der Verpackung

3.1. Ebene 1: Zuordnung der Vp zum Erfassungssystem: Ist das vorgesehene Erfassungssystem der Verpackung für den Verbraucher zuordenbar?

Zur Sicherstellung der Recyclingfähigkeit bei Sortierung und Aufbereitung muss der Konsument die Verpackung nach Gebrauch dem vorgesehenen Erfassungssystem zuführen. Der Verbraucher hat dabei grundsätzlich zu entscheiden, ob die Verpackung für LVP-, PPK- oder Behälterglassammlung vorgesehen ist. Verpackungen, in denen LVP-Materialen (z.B. Kunststoffe und Aluminium) mit PPK kombiniert sind, können deshalb unter Umständen zu Herausforderungen bei der Zuordnung führen. Dies kann besonders bei Verpackungsgestaltungen in Form von Verbunden oder mit prägnant ausgeprägten Packhilfsmitteln (z.B. umschließende Papp-Etiketten für Joghurt-Becher) sein. Entsorgungshinweise bieten eine Möglichkeit bei potenziell schwierig zuordenbaren Verpackungsgestaltungen den Verbraucher bei seiner Entscheidung zu unterstützen.

3.2. Ebene 2: Sortierbarkeit gemischt erfasster Vp (LVP)

3.2.1. Ist die Verpackung groß genug?

Die Mindestgröße einer Verpackung ist ein wichtiges Merkmal für den Sortiererfolg von gemischt erfassten LVP. Unterschreitet die Verpackung eine Mindestgröße, so ist sehr wahrscheinlich, dass diese bereits in den ersten Schritten der Sortierung ausgeschleust, wird d.h. sie erfährt nicht die erforderliche Sortiertiefe für ein hochwertiges Recycling. Eine Ausnahme bilden dabei eisenmetallische Verpackungen bzw. Verpackungsteile (z.B. Kronkorken), die in aller Regel auch aus kleinteiligen Materialströmen mit hohem Sortiererfolg abgetrennt werden:

- Die Klassierung des Ausgangsmaterials in zwei bis drei Größenklassen erfolgt mit Trommelsieben[1]. Die Eingrenzung des Kornspektrums auf ein festgesetztes Minimum bzw. Maximum ist notwendig, um sicherzustellen, dass die nachfolgenden Sortieraggregate effizient arbeiten können. Verpackungen, die die Mindestgröße unterschreiten, können nur eingeschränkt der richtigen Zielfraktion zugeordnet werden.
- Die Luftdüsenleiste einer NIR-Sortiereinheit hat zwischen jedem Ausblaselement (Luftdüse) einen Abstand (siehe Abbildung 2). Üblicherweise liegen die Düsenabstände in einem Bereich von 12,5 – 37,5 mm. Verpackungen, die kleiner als der Düsenabstand sind, werden mit geringerer Wahrscheinlichkeit, Verpackungen von ausreichender Mindestgröße mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgetragen werden.

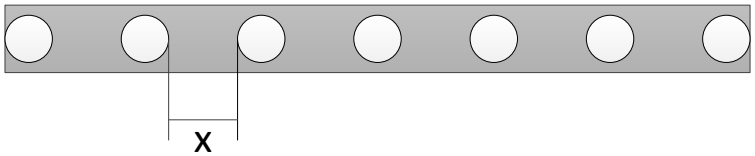


Abbildung 2:Schematische Darstellung einer NIR-Luftdüsenleiste mit einem Düsenabstand von 12,5 – 37,5 mm

3.2.2. Ist die Verpackung magnetisierbar?

Verpackungen, die sich magnetisieren lassen, können mit hoher Trennschärfe und Ausbeute vom Verpackungsstrom abgetrennt werden. Üblicherweise ist ein Überbandmagnet nach dem Klassierungsprozess oberhalb eines Förderbandes oder einer Abwurfkante mit einem Abstand von max. 1 m angebracht. Damit die Verpackungen abgetrennt werden können und in den vorgesehenen Verwertungspfad für Eisenverpackungen gelangen, müssen diese ausreichende ferromagnetische Eigenschaften aufweisen.

Für Verpackungen werden normalerweise Weißbleche (Eisen) in Form von z. B. Blechdosen eingesetzt. Etiketten, Ummantelungen oder Schutzschichten aus Kunststoffen wirken sich in aller Regel nicht negativ auf die Sortierung mittels Magnetscheider aus. Es wird davon ausgegangen, dass der Eisenanteil der Weißblechverpackungen für gewöhnlich ausreichend hoch ist und eine Magnetscheidung gewährleistet ist.

3.2.3. Ist die Verpackung leitfähig?

Anhand der elektrischen Leitfähigkeit einer Verpackung ist es möglich gezielt eine Nichteisenmetallfraktion (insbesondere Aluminium) zu erzeugen. Zum Abtrennen dieser Fraktion werden Wirbelstromscheider eingesetzt. Diese nutzen für die Abscheidung die Entstehung von Wirbelströmungen in elektrisch leitfähigen Materialien bei sich ändernden Magnetfeldern aus. Dabei ist es prinzipiell unerheblich, ob die leitfähige Schicht (z. B. Aluminiumfolie) von anderen Schichten (PPK, Kunststoff) umschlossen wird. Grundsätzlich steigt der Ausbringerfolg mit der Flächenausdehnung und der Schichtdicke des Nichteisenmetalls sowie dem Al-Massenanteil an der Gesamtverpackung. Zudem gilt es zu unterscheiden, ob die Verpackung eine Aluminiumfolie enthält, oder ob diese nur mit Aluminium bedampft ist[2].

Übliche Verpackungen mit Aluminiumanteilen sind Joghurtbecher-Deckel, Vakuumverpackungen für Kaffee, Alu-Folien, Alu-Tuben, Tierfutterschalen, leere Tablettenverpackungen (Alu-Kunststoff-Blister) oder Kaffeekapseln. Aluminium kann dabei

[1] Entweder wird ein großes Trommelsieb mit zwei Siebquerschnitten oder zwei Trommelsieben mit jeweils einem Siebquerschnitt eingesetzt.
[2] Aufgedampfte Aluminiumschichten haben einen hohen Porenanteil, die Leitfähigkeit ist so deutlich eingeschränkt.

das originäre Zielmaterial der Verpackung sein oder insbesondere in Verbund mit den Zielmaterialien Kunststoff und PPK[3] einen Minderanteil darstellen. Bei Verwendung von Al sowohl als Zielmaterial als auch als Minderanteil ist die Identifizierbarkeit anhand der Leitfähigkeit zu überprüfen.

3.2.4. Ist die Verpackung anhand der Oberfläche erkennbar?

Das Kriterium der Oberflächeneigenschaften ist zentral für die Identifikation von Kunststoffverpackungen, Flüssigkeitskartons (FKN) und Papierverbunden (PPK). Mittels NIR (Nahinfrarot) Messtechnik werden in den meisten Sortieranlagen verschiedene Kunststoffarten (PET, PE, PP, PS, etc.) sowie deren Verbunde unterschieden und mittels Druckluft gezielt aus dem Abfallstrom ausgeblasen. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche NIR Sortierung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Detektierbarkeit des Zielmaterials an Oberfläche
  - Art des Oberflächenmaterials
  - Aufbau und Schichtdicken von Materialverbunden (Multilayer)
  - Oberflächenfarbe
  - Reflexionsverhalten
- Mehrere detektierbare Materialien haben Anteil an der Oberfläche (z. B. Flasche aus PE mit Deckel aus PP) und Lage der Verpackung auf dem Sortierband (insbesondere bei flächigen Verpackungen mit Mulitlayeraufbau können je nach Seite, die der Trenneinheit zugewandt ist verschiedene Materialien detektiert werden)

Die Oberflächenfarbe sowie deren Reflexionsverhalten sind entscheidende Faktoren, die maßgeblich die Sortierbarkeit beeinflussen. Oberflächen, die spiegeln oder metallisch beschichtet sind, reflektieren die nahinfrarote Strahlung unspezifisch, so dass eine Detektion des Materials nicht möglich ist. Dunkle oder schwarze Materialien absorbieren die Nahinfrarotstrahlung. Eine Reflexion hin zur Detektoreinheit wird verhindert. Eine Erkennung des Materials und somit ein Austrag in die Zielfraktion ist nicht möglich. Auf diese Art beschichtete oder dunkel gefärbte Kunststoffe können nicht in den richtigen Verwertungspfad überführt werden und gelangen in die Fraktion der Sortierreste oder Mischkunststoffe.

Problematisch für die Identifikation sind außerdem Verpackungen, die aus mehreren Materialien bestehen. Grundsätzlich kann eine Verpackung aus einem Multilayer (verschiedene Materialschichten) und/oder mehreren Verpackungsteilen, wie z.B. Packhilfsmitteln aufgebaut sein. Die NIR-Erkennung von Verpackungen mit Multilayern wird durch den Schichtaufbau, die jeweiligen Schichtdicken, die eingesetzten Materialien und individuellen Einstellungen des NIR Sortierers beeinflusst. Auch eine vollständige Beschichtung mit Fremdmaterial könnte prinzipiell zu einer korrekten Identifikation des Zielmaterials führen, wenn die Schichtdicke des Fremdmaterials ausreichend gering und das Reflexionsverhalten günstig ist.

Letztendlich ist aber entscheidend, an welchen Stellen auf der Oberfläche gemessen wird. Die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Zuordnung zur Zielfraktion steigt mit dem Oberflächenanteil des Zielmaterials. Wird die Oberfläche des Zielmaterials mit mehr als 30 % Fremdmaterial[4] bedeckt ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass keine richtige Identifikation des Zielmaterials

[3] aber nicht FKN, dass in der Sortierkette vorgelagert als eigene Fraktion durch NIR-Detektion erzeugt wird
[4] Plastics Recyclers Europe: www.plasticsrecyclers.eu

stattfindet. Etiketten, Aufdrucke oder Banderolen können sich so negativ auf die NIR Erkennbarkeit des Zielmaterials auswirken, wenn diese nicht aus dem Zielmaterial bestehen. Auch Verschlusssysteme (Deckel, Kappen, Schraubverschlüsse, Siegelfolien, Ausgießer, Dispenser, etc.) aus Fremdmaterial können verhindern, dass die Verpackung der richtigen Zielfraktion zugeordnet wird. In beiden genannten Fällen besteht die Gefahr, dass das Material des Packhilfsmittels detektiert wird. Dies hängt zusätzlich von der Lage der Verpackung auf dem Sortierband (insbesondere bei flächigen Packmitteln) und zum anderen von den technischen Spezifikationen des NIR-Trenners ab.

Eine Sonderstellung nehmen große, flächige, formflexible Kunststoffe (Folien) ein.

Flächige Verpackungen erschweren bzw. verhindern, insbesondere durch Bedeckung. die Identifikation anderer Verpackungen. Außerdem lassen sich Kunststoff-Folien schwerer mittels NIR Technik abtrennen, da das Flugverhalten während des Ausblasens diffus ist. Auch können formflexible Kunststoffe bei hohen Bandgeschwindigkeiten auf dem NIR Detektionsband ihrer Position ändern. Ein zielgerichtetes Ausblasen ist nicht mehr gegeben. Um diesen Effekten vorzubeugen werden großflächige, formflexible Kunststoffe mittels Windsichter bereits am Beginn des Sortierprozesses ausgeschleust und i.d.R. nach manueller Produktkontrolle als separate Fraktion der weiteren Verwertung zugeführt.

Für diese Verpackungen kann eine Identifizierung bzw. Sortierung auch über das Flächengewicht anstelle die NIR-Detektion der Oberfläche erfolgen. Im Rahmen dieser Bewertungsmethodik wird ab einer Fläche > DIN A4 von einem Austrag, unabhängig von den anlagenspezifischen Aggregat Einstellungen, ausgegangen.

3.3. Ebene 3: Verwertung

Ausgangspunkt für die Bewertung in Ebene 3 ist, dass die Verpackung i.d.R. in die für das Zielmaterial vorgesehene Fraktion sortiert wird.

In Sonderfällen, bei LVP-Materialien bei denen die Sortierbarkeit des Zielmaterials nicht gegeben ist, ist in Ebene 3 anstelle der für das Zielmaterial vorgesehenen Fraktion, die für die Verpackung tatsächliche zu erwartende Sortierfraktion bzw. deren Verwertungsweg zu bewerten.

3.3.1. Kann für die Verpackung eine hochwertige Verwertung erwartet werden?

Die aus der LVP-Sortierung erzeugten und als Ballenware gepressten Fraktionen und die materialspezifisch getrennt erfassten Verpackungen aus PPK und Behälterglas gehen der Verwertung zu. Die Vermarktung ist stark abhängig von der Materialqualität und den aktuellen Vermarkungspreisen. Im Status-Quo werden sortierte Kunststoffe (PP, PE, PET, PS, Folien), Metalle, Getränkekartons, PPK und Behälterglas, abgesehen von materialfremden Anteilen in der Regel werkstofflich verwertet und als Sekundärprodukte wieder der Kunststoff verarbeitenden Industrie oder Al-, Stahl- , Glas- und Papierherstellern zugeführt.

Die hier vorgestellte Methode zur Bewertung der Recyclingfähigkeit priorisiert die werkstofflichen Aufbereitungswege mit Blick auf den potenziellen Wiedereinsatz der Verwertungsprodukte als Substitut entweder für das originäre Primärmaterial oder für andere Materialien. Ausschließlich energetisch verwertete Verpackungen werden grundsätzlich als nicht recyclingfähig im Sinne dieser Methode eingestuft.

Die Bewertung der Recyclingfähigkeit erfolgt in Bezug auf die heute in Deutschland relevanten eingesetzten, materialspezifischen Erfassungs- und Verwertungsprozesse. Heute steht nur für ausgewählte Verpackungsmaterialien eine werkstoffliche Verwertung grundsätzlich zur

Verfügung. Diese Verpackungsmaterialen sind Eisen, Aluminium, Behälterglas, PPK, Getränkekarton und die Kunststoffarten PE, PP, PS und PET (z.B. transparente Flaschen). Für andere Verpackungsmaterialien (z.B. PVC, PLA) ist demzufolge derzeit keine Recyclingfähigkeit anzunehmen.

Für sortierte Mischfraktionen aus transparenten PET-Flaschen und anderen PET-Packmitteln (z.B. Trays, Blister) finden sich heute kaum Abnehmer für eine werkstoffliche Verwertung, da unterschiedliche PET-Arten zum Einsatz kommen, die gemeinsam nicht bzw. kaum werkstofflich verwertbar sind.

Diese Schwierigkeiten führen dazu, dass derzeit nahezu ausschließlich PET-Flaschen einer werkstofflichen Verwertung zugeführt werden, während übrige PET-Fraktionen (z.B. PET-Schalen) weitestgehend in den Sortierresten landen und thermisch verwertet werden [Öko-Institut 2016].

3.3.2. Enthält die Verpackung nicht-verwertbare Anteile, die im Rahmen der Aufbereitungsschritte abgetrennt werden können?

Bei der Aufbereitung der Standard-Verpackungskunststoffe gibt es einzelne materialfremde Verpackungsbestandteile, die im Aufbereitungsprozess stören oder die Qualität des Recyclingprodukts möglicherweise negativ beeinflussen. Einige solcher nicht-verwertbaren Verpackungsanteile können jedoch in der Regel in den verschiedenen Schritten des Aufbereitungsprozesses (Wäsche, Schwimm-Sink-Trennung, Schmelzextrusion) abgetrennt werden.

- Die Wäsche wird in der Regel im wässrigen Medium durchgeführt. Ziele der Wäsche sind die Reinigung von Produktanhaftungen und das Ablösen bzw. Abtrennen von Etiketten, fremden Materialien und anderen störender Bestandteilen wie z.B. Aufdrucken.
- Anschließend wird in der Regel eine Dichte-Trennung (Schwimm-Sink-Trennung) der vorab zerkleinerten und gewaschenen Verpackung vorgenommen, sodass die gewünschte Kunststofffraktion weiter angereichert werden kann. Mithilfe von Wasser werden Kunststoffsorten mit einer Dichte größer bzw. kleiner 1 g/cm³ voneinander trennt. Bei der Aufbereitung von Polyolefinen (Dichte < 1 g/cm³) können Kunststoffe und andere Materialien mit einer Dichte > 1 g/cm³ als Sinkfraktion abgetrennt werden. An ihre Grenzen stößt die Dichtetrennung bei Kunststoffarten mit geringen Dichteunterschieden. So können Kunststoffe mit einer ähnlichen Dichte wie PP und PE nicht voneinander getrennt werden. Hier können spezielle Flüssigkeiten mit einer Dichte, die zwischen denen der Zielkunststoffe liegt, zum Einsatz kommen. Dies wird jedoch eher selten praktiziert. Bei dem Recycling von PET (> 1 g/cm³) können durch die Schwimm-Sink-Trennung insbesondere Verschlüsse, welche zumeist aus PE-HD bestehen, abgetrennt und verwertet werden. Die zerkleinerten Verschlussteile landen dann in der Leichtfraktion und werden so vom nicht schwimmenden PET abgetrennt. Auch PS (> 1 g/cm³) wird als Sinkfraktion gewonnen und von spezifisch leichteren PO-Anteilen befreit. Die Veränderung der Dichte des originären Verpackungsmaterials, z. B. durch die Verwendung von Blends und Additiven, kann einen Eintrag von Verunreinigungen in die Zielfraktion des Trennschritts oder eine Ausschleusung von eigentlich erwünschten Kunststoffsorten aus der Zielfraktion zur Folge haben.

  Bei der weiteren Aufbereitung von Kunststofffraktionen steht die Gewinnung von Regranulaten (ohne Zusätze) oder Regeneraten (mit Zusätzen) im Umschmelzprozess im Mittelpunkt. Beim Extrudieren / Schmelzprozess gehen diejenigen Anteile in das Regranulat mit über, welche eine niedrigere Schmelztemperatur im Vergleich zur Verarbeitungstemperatur haben. Sie können dort zur Verschlechterung der Eigenschaften

des Produktes führen. Als potenziell problematisch erweist sich dabei die Verarbeitung von Verbundmaterialien, Blends und Kunststoffen mit Additiven. Höher schmelzende Bestandteile können mittels Schmelzfiltration zwar als Rückstand abgetrennt und ausgetragen werden, erhöhen allerdings den Reinigungsaufwand für das Filtersieb und führen auch zu Ausbeuteverlusten an Zielmaterial im Rahmen der Filtration. Niedrig schmelzende Bestandteile gelangen hingegen ins Rezyklat und/oder zersetzen sich vorab, was zu einer Verschlechterung der mechanischen und optischen Eigenschaften des Rezyklates führt.

3.3.3. Erfolgt über die Verpackung ein Eintrag von (nicht abtrennbaren) Verunreinigungen mit Risiko der Kontaminierung des Recyclingprodukts bzw. Störung des Recyclingprozesses?

Stoffe mit eher geringem Kontaminationsrisiko sind im Verständnis dieser Methodik diejenigen Stoffe in der Verpackung, welche in der Regel konzentrationsabhängig, die optischen, mechanischen oder weiteren Eigenschaften des Rezyklats und damit die Vermarktbarkeit nicht wesentlich negativ beeinflussen. Das Rezyklat weist lediglich geringe Einschränkungen bei der Verarbeitbarkeit und dem nachgelagertem Einsatzgebiet auf.

Stoffe mit erheblichem Kontaminationsrisiko sind diejenigen Stoffe in der Verpackung, welche teils konzentrationsabhängig die optischen und mechanischen Eigenschaften so wesentlich negativ beeinflussen, dass das im Aufbereitungsprozess zu erwartende Produkt möglicherweise nicht mehr marktfähig ist und nur noch der energetischen Verwertung zugeführt werden kann. Das Rezyklat weist dann erhebliche Einschränkungen bei der Verarbeitbarkeit und dem nachgelagertem Einsatzgebiet auf.

4. Bewertung

Die quantitative Bewertung der Recyclingfähigkeit einer Verpackung erfolgt im Rahmen eines Scoring-Modells anhand von Scoring-Punkten. Ausgangspunkt der Bewertung sind die Kriterien zur Bewertung der Recyclingfähigkeit (Abschnitt 3). Für die Bewertungskriterien ist im Rahmen des Scoring-Modells eine prozentuale Gewichtung vorgegeben, die unabhängig von der Betrachtung einer einzelnen Verpackung festgelegt ist.

Die quantitative Bewertung der Recyclingfähigkeit erfolgt in folgenden Schritten

- Auf Basis der Ausführungen in Abschnitt 3 kann für die zu untersuchende Verpackung der Erfüllungsgrad für die einzelnen Bewertungskriterien zunächst qualitativ eingeschätzt.
- Anhand der qualitativen Einschätzung zum Erfüllungsgrad der zu untersuchenden Verpackung erfolgt eine gestufte quantitative Bewertung (Benotung) zwischen 20 (beste Bewertung – Stufe 1) und 0 bzw. KO (schlechteste Bewertung – Stufe 5) für jedes Bewertungskriterium.
- Durch Multiplikation der Kriterien spezifischen Bewertung der Verpackung mit der entsprechenden Gewichtung für das jeweilige Kriterium ergibt sich für jedes Kriterium ein Einzel-Scoring.
- Durch Summation über alle Einzel-Scorings ergibt sich die Gesamtbewertung der Recyclingfähigkeit.

Produktname:	Tiegel Green PE		
Probennummer:	3674_Tiegel		
Die Bewertungsebenen	**A: Gewichtung (insg. 100%)**	**B: Bewertung (0 bis 20)**	**A*B: Scoring-Punkte**
Ebene 1: Zuordnung der Verpackung zum Erfassungssystem			
Erfassungssystem zuordenbar	10%	20	**2**
Ebene 2: Sortierbarkeit gemischt erfasster Verpackungen (LVP)			
Mindestgröße	10%	20	**2**
Identifizierbarkeit	20%		
- Weißblech (Magnetisierbarkeit)			
- Aluminium (Leitfähigkeit)			
- KS, FKN, PPK-Verbund (Oberflächeneigenschaft)		20	**4**
Ebene 3: Eignung für werkstoffliche Verwertung und Bereitstellen von Sekundärprodukten			
Hochwertigkeit Verwertungsweg	20%	20	**4**
Abtrennbare, nicht verwertbare Anteile	20%	20	**4**
Nicht abtrennbare Anteile bzw. Verunreinigungen	20%	20	**4**
Ergebnis			
dabei Recyclingfähigkeit Ebene 1			2 von 2
dabei Recyclingfähigkeit Ebene 2			6 von 6
dabei Recyclingfähigkeit Ebene 3			12 von 12
Recyclingfähigkeit gesamt			**20 von 20**
Sehr gut recyclingfähig			

Abbildung 2: Quantitative Bewertung der Recyclingfähigkeit

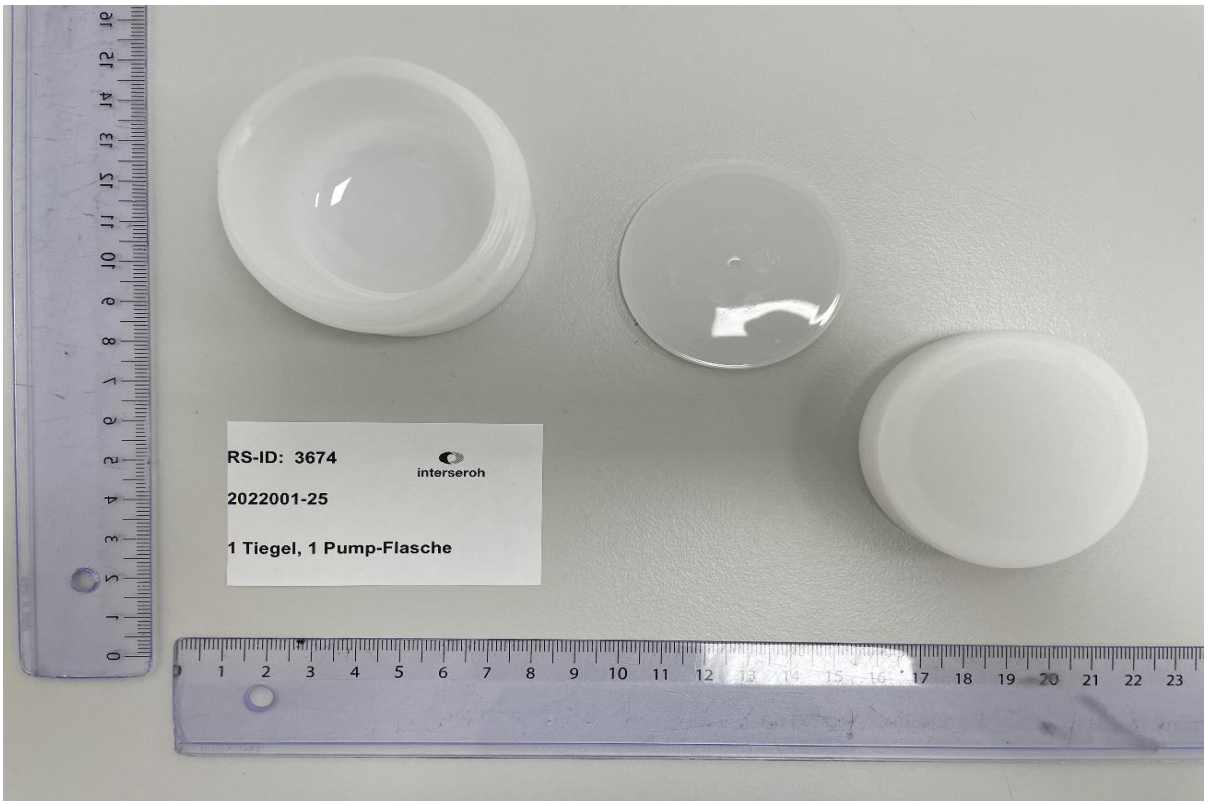


Abbildung 3: Bild des analysierten Packmittels

Verpackungskomponenten: (Vk.)

		Dichte [g/cm3]	Vorderseite	Rückseite	Vorder- und Rückseite sind gleich	Material		Gewicht [g]	Anteil [%]	Anmerkung
Komponente 1:	Tiegel K1	0,9435	PE	PE	x	100% PE		1,62	5%	
Komponente 2:	Tiegel K2	0,9368	PE	PE	x	100% PE		6,76	22%	
Komponente 3:	Tiegel K3	0,9433	PE	PE	x	100% PE		12,66	40%	
Komponente 4:	Tiegel K4	0,9478	PE	PE	x	100% PE		10,22	33%	
Summe								31,26	100%	

** Angabe welche Seite untersucht worden ist. z.B. Vorder- oder Rückseite bzw. Innen- oder Außenbereich einer Papier/Kunststofffolie in der NIR Untersuchung*

Vk. mit höchstem Anteil:	PE	**= Zielmaterial**	**Höchster Anteil:**	100%	
Recyclebarer Anteil nach DIN EN 13430 und Mindeststandard der ZSVR:				100%	**

*Nach [ZSVR 2018] ist bei Verpackungen aus Weißblech oder Aluminium sowie metallhaltigen Verbundverpackungen (ausgenommen Metallisierungen) stets das jeweilige Metall Zielmaterial des Recyclings.
**abzüglich Druckfarben; Lacke, Kleber

Abbildung 4: Bestimmung der Verpackungskomponenten und der Zielfraktion

Ebene 1: Zuordnung zum Erfassungssystem

Erfassungssystem zuordenbar

Die Verpackung besteht vollständig aus Kunststoff und kann somit vom Verbraucher intuitiv dem korrekten Erfassungssystem, Gelber Sack, zugeordnet werden. **20 Punkte**

Ebene 2: Sortierbarkeit gemischter erfasster Verpackungen (LVP)

Mindestgröße

Wie in Abschnitt 4 beschrieben werden die Verpackungen auf der Sortieranlage mit einem NIR-Scanner erkannt und anschließend über Luftdruckdüsen in die entsprechende Fraktion sortiert. Anlagentechnisch können die Düsen nicht näher als etwa 20mm aneinander positioniert werden. Verpackungen, welche diesen Abstand unterschreiten laufen Gefahr nicht erfasst zu werden und so in der thermischen Verwertung zu landen. Die Verpackung überschreitet die Mindestgröße deutlich und kann deshalb hier mit 20 Punkten bewertet werden. **20 Punkte**

Identifizierbarkeit

Die Erkennung des Zielmaterials PE ist uneingeschränkt möglich. **20 Punkte**

Die nachfolgende Abbildung zeigt die eindeutige Detektion unter dem NIR-Scanner.

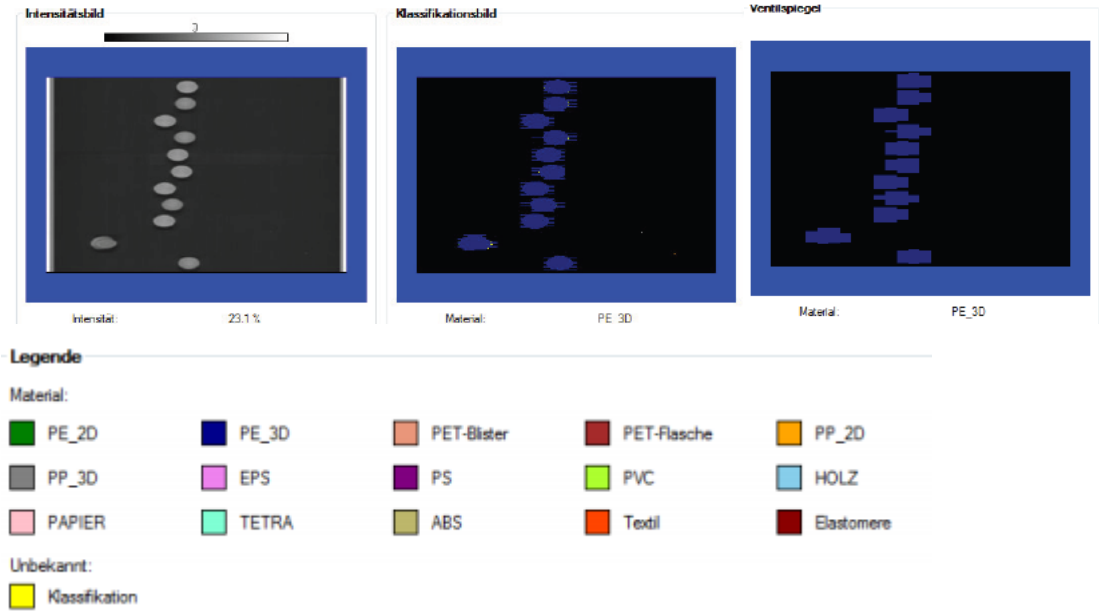


Abbildung 5: Detektion unter dem NIR Scanner

Ebene 3: Eignung für werkstoffliche Verwertung und Bereitstellen von Sekundärprodukten

Hochwertigkeit des Verwertungswegs

Formstabile PE Verpackungen werden in Deutschland hochwertig werkstoffloch recycelt. PET-Flakes können Primärmaterial ersetzen. **20 Punkte**

Abtrennbare, nicht verwertbare Anteile

Es sind keine abtrennbaren, nicht verwertbaren Anteile vorhanden. **20 Punkte**

Nicht abtrennbare Anteile bzw. Verunreinigungen

Es sind keine nicht abtrennbaren Anteile bzw. Verunreinigungen an der Verpackung zu finden. Die Verpackung ist opak, aber nicht gefärbt. **20 Punkte**

5. Handlungsempfehlung

Mit 20 von 20 möglichen Punkten eine sehr gut recyclingfähige Verpackung.

Es können keine Handlungsempfehlungen formuliert werden.

Die Verpackung darf das „Made for Recycling“ Siegel tragen!

Übersicht der Scoring-Punkte

Scoring-Punkte	%-Anteil Untergrenze an Maximalpunktzahl (20)	Klassifizierung Recyclingfähigkeit
20 bis 19	95%	Sehr gut
18 bis 16	80%	Gut
15 bis 13	65%	Eingeschränkt
13 bis 10	50%	Erheblich eingeschränkt
<10	<50%	Mangelhaft
KO Bewertung in einem Kriterium		Nicht Recyclingfähig

6. Internationale Betrachtung

Um die Recyclingfähigkeit von Verpackungen zu messen, hat Interseroh+ im Juni 2018 die Bewertungsmethodik "Made for Recycling" veröffentlicht. Anhand unabhängiger Bewertungskriterien, die vom Bifa Umweltinstitut entwickelt und vom Fraunhofer IVV bestätigt wurden, bewertet Interseroh+ die Recyclingfähigkeit von Verpackungen aus Kunststoff, Papier, Weißblech, Aluminium oder Glas. Ein wesentliches Merkmal für die Recyclingfähigkeit einer Verpackung ist das Vorhandensein einer tatsächlichen Recycling-Infrastruktur für die jeweilige Verpackung. Denn nur wenn die Verwerter die Materialien auch zu einem nennenswerten Anteil wirtschaftlich verwerten können, werden die Betreiber von Sortieranlagen den gewünschten Materialstrom auch tatsächlich aussortieren. Eine rein theoretische Betrachtung der Verwertbarkeit einer Verpackung ist unzulässig, um eine solche Verpackung als "verwertbar" bezeichnen zu können.

Um die Recycling-Infrastruktur eines Landes bewerten zu können, wurde im Jahr 2021 eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, die durch Interviews mit lokalen Branchenexperten unterstützt wurde. Dabei kann Interseroh+ auf eigene Büros in den Ländern zurückgreifen oder ein eigenes Netzwerk von externen Branchenexperten nutzen.

In folgenden Ländern liegen uns detaillierte Informationen über die Infrastruktur der Sammlung, Sortierung und Verwertung mit Freigabe durch das Bifa Umweltinstitut und das Fraunhofer IVV vor:

- Deutschland
- Italien
- Schweiz
- Dänemark
- Spanien
- UK
- Österreich
- Polen
- Frankreich
- Niederlande
- Belgien

Mit 20 von 20 möglichen Punkten ist diese Verpackung sehr gut recycelbar in:

Deutschland, Spanien, Frankreich, Italien, UK, Niederlande, Österreich, Belgien

Weitere Informationen über die Recycling-Infrastruktur für die geprüften Verpackungen in diesen Ländern finden Sie hier:

Spanien

In Spanien werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Frankreich

In Frankreich werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Italien

In Italien werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

United Kingdom

In der UK werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Niederlande

In den Niederlanden werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Schweiz

In der Schweiz werden Kunststoffverpackung nicht separat gesammelt, wodurch diese nur thermisch verwertet werden.

Österreich

In Österreich werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Belgien

In Belgien werden formstabile PE-Verpackungen hochwertig werkstofflich recycelt.

Dänemark

Die dänische Abfallwirtschaft konzentriert sich heute auf die thermische Verwertung des gesammelten Verpackungsmaterials. Lediglich PPK wird flächendeckend hochwertig recycelt.

Polen

In Polen ist noch keine vollumfängliche getrennte Erfassung vorhanden. Aus dem Grund wird nur ein Teil hochwertig werkstofflich recycelt.

Legende:

- Hochwertigkeit des Verwertungsweges vergleichbar zu Deutschland
- Verwertungsweg vorhanden, aber Hochwertigkeit abweichend
- Kein Verwertungsweg vorhanden