



Webinar with Delara Burkhardt (MEP, S&D) and the German Environment Agency How to make packaging more recyclable

Instrumente zur Messung der Recyclingkompatibilität und Recyclingfähigkeit

Dr.-Ing. Joachim Christiani

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Verpackungsentsorgung
HTP Ingenieurgesellschaft und Institut cyclos-HTP (CHI)

Das Umweltbundesamt hat mich gebeten, einen Überblick über die Instrumente zur Bemessung und Bewertung der Recyclingfähigkeit bzw. Recyclingverträglichkeit zu geben. Eine sehr abstrakte Thematik und ich will versuchen, grundsätzliche Methoden und Unterschiede an einigen einfachen Beispielen plastisch zu verdeutlichen. Auf dieser Basis möchte ich nachfolgend auch den deutschen Mindeststandard einordnen.

Ausgelöst von der medialen Präsenz des Themas „Verpackung und Umwelt“ sowie politischer Diskussion und Zielvorgaben zur Realisierung einer Kreislaufwirtschaft ist Recyclingfähigkeit von Verpackungen seit 2018 zunehmend in den Fokus gerückt. Das Ziel ist einheitlich: Verpackungen sollen hochgradig recyclingfähig sein oder werden.

Aber was ist Recyclingfähigkeit und wie ist sie zu bemessen?

Unterschiedliche Sichtweisen, Kenntnisstände, Interessenslagen, **Zielsetzungen** und **Normadressaten** haben jedenfalls zu einer Vielzahl, auf den ersten Blick auch teilweise widersprüchlichen Standards zur Beurteilung der Recyclingfähigkeit geführt.

Man mag das jetzt beklagen; berücksichtigt man aber, dass insbesondere Ausgangssituationen, Adressaten und Ziele von Tools recht unterschiedlich sein können, liegt schon hierin ein nachvollziehbarer Grund für Differenzen vor.

Um etwas Ordnung in die unübersichtliche Situation zu bringen, lassen sie mich zunächst 3 Grundtypen von Standards definieren.

Zu unterscheiden sind methodisch 3 Grundtypen:

- Design for Recycling guidelines
- Design for recycling assessments
- Recyclability assessments



Design for Recycling Guidelines

Design for Recycling Guidelines sind Checklisten für grundsätzlich recyclingfähige Verpackungstypen, in denen die Recyclingkompatibilität von möglichen Ausführungs- und Dekorationsdetails bewertet wird. Sie existieren quasi ausschließlich für Kunststoffverpackungen.

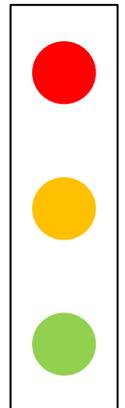
Das übliche Bewertungsschema ist einfach: Meist 3-stufig in Ampelfarben. Grün für **kompatibel**, Orange für **mit Abstrichen kompatibel**; Rot bedeutet **inkompatibel** für eine einzelne Eigenschaft.

Normadressat sind im Kern Verpackungshersteller und Anwender von Verpackungen.

Vorteil ist die einfache Handhabung ohne Expertenwissen über Recyclingprozesse.

Methodischer Nachteil: teilweise theoretisches Instrument; als Folge der ordinalen Bewertung im Kern rein qualitativ.

Beispiele: EPBP-, Recoup-, APR-, Ceflex-, COTREP-Guidelines



Ein einfaches Beispiel für eine PET-Flasche mit üblicher Ausrüstung. Die Flasche hat keine Barriere, hat ein innovatives Full-Sleeve und einen Drehverschluss aus PP.

Charakterisierung (fiktiv)

- Material:	PET-A, transparent klar
- Additive:	UV-Stabilisatoren, AA-Blocker
- Verschlussystem:	PP-Kappe, ungefüllt
- Liners, Ventile:	-
- Direktdruck:	Chargennummer und Verfallsdatum
- Sleeve:	Full-Sleeve (PO, Dichte < 1g/cm ³)
- Klebstoffapplikationen:	-

Klassifizierung gemäß EPBP-Richtlinien

- Material:	●
- Additive:	●
- Verschlussystem:	●
- Liners, Ventile:	-
- Direktdruck:	●
- Sleeve:	●
- Klebstoffapplikationen:	-
Gesamtergebnis	?





Unten abgebildet die Klassifizierung der Recyclingverträglichkeit jeder einzelnen Eigenschaft nach den aktuellen EPBP Guidelines. Das Ergebnis:

2 x grün und **3 x orange**, keine als rot eingestufte Eigenschaft.

Kann man die Farben auch addieren? oder: Wie ist nun das Gesamtergebnis?

Guidelines liefern diesbezüglich keine Antwort. Hierzu wurden Design for Recycling Assessments entwickelt.

Design for Recycling Assessments sind also stets Guideline-gestützt und verknüpfen deren ordinale Klassifizierung mit einem weiteren ordinalen Bewertungsmaßstab. Im Ergebnis werden die Einzelbewertungen zu einer Art Schulnote summiert. Vor- und Nachteile sind vergleichbar mit denen der Guidelines:

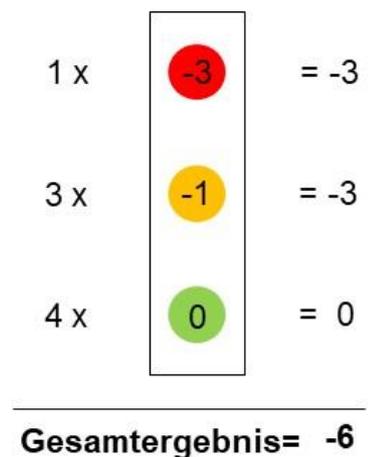
Vorteil: Einfache Handhabung ohne dass Expertenwissen über Prozesstechnik des Recyclings benötigt wird. Einfach zu digitalisieren.

Nachteil: Im Kern rein qualitative Bewertung. Durch die zweifach ordinale Bewertung sind gewisse Verzerrungen gegenüber der Realität systemimmanent.

Der bekannteste Vertreter der D4R-Assessments ist das RecyClass online-Tool.

Unser einfaches Beispiel im fiktiven D4R-Assessment zeigt das nächste Chart.

3 Attribute waren in der zugrunde gelegten Guideline als orange klassifiziert und führen zu Abzügen im Gesamtergebnis. Das Ergebnis wird in der Regel in Klartext übersetzt und könnte hier lauten: bedingte Recyclingkompatibilität.





Charakterisierung (fiktiv)

- Material:	PET-A, transparent klar
- Additive:	AA-Blocker
- Verschlusssystem:	PP-Kappe, ungefüllt
- Liners, Ventile:	-
- Direktdruck:	Chargennummer und Verfallsdatum
- Sleeve:	Full-Sleeve (PO, Dichte < 1g/cm ³)
- Klebstoffapplikationen:	-



Klassifizierung gemäß (z. B.) EPBP-Richtlinien

	Klassifizierung Schritt 1	Klassifizierung Schritt 2	
- Material:	●	x 0 =	0
- Additives:	●	x (-1) =	(-1)
- Verschlusssystem:	●	x 0 =	0
- Liners, Ventile:	-		-
- Direktdruck:	●	x (-1) =	(-1)
- Sleeve:	●	x (-1) =	(-1)
- Klebstoffapplikation:	-		-

Gesamtergebnis (-3) = eingeschränkte Kompatibilität

Recyclability Assessments

In Naturwissenschaft und Technik werden ordinale Abbildungsmaßstäbe wenn möglich vermieden. Bevorzugt werden quantitative Maßstäbe, weil sie im unmittelbarem Bezug zur tatsächlichen ökonomischen und ökologischen Wirkung stehen (siehe z. B. Ökobilanz). Darüber hinaus: Möchte man eine umweltrelevante Eigenschaft ausloben, werden mit Verweis auf die einschlägigen Normen wie EN13430 und ISO14021 ebenfalls quantitative Klassifizierungen erforderlich. Die zentrale Fragestellung in Bezug auf Recyclingfähigkeit, hier:



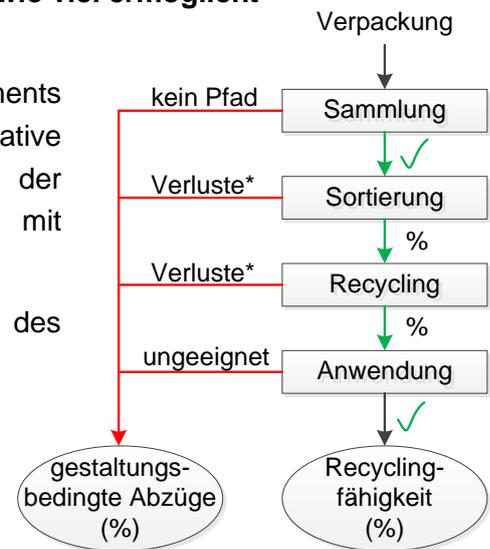
Wird die Verpackung in der Praxis recycelt und wenn ja, wie viel ermöglicht das Verpackungsdesign?

Zu Beantwortung wird auf Recyclability Assessments zurückgegriffen. Recyclability Assessments sind also quantitative und qualitative Bilanzierungsvorschriften im Abgleich der Verpackungseigenschaften mit einem Referenzprozess mit intendiertem Recyclateinsatz.

Das Ergebnis wird somit maßgeblich durch die Wahl des Referenzprozess präjudiziert.

Die methodischen Unterschiede zwischen einzelnen Assessments, hier:

- Werden alle Stufen einbezogen d. h. Sammlung – Sortierung – Recycling – Rezyklatanwendung?
- Wie erfolgt deren Berücksichtigung (z. B. Stand der Praxis oder BAT?).



* designbezogen

Besonders wichtig hierbei ist die Festlegung der als **Referenz herangezogenen Rezyklatanwendung**, da hiermit die qualitative Prozesseignung einer Verpackung und somit bestehende Unverträglichkeiten definiert werden;

Also bildlich gesehen die Höhe der Hürde, die für die quantitative Bewertungsgröße „Recyclingfähigkeit“ zu überwinden ist. Evident, dass diese für eine originäre Anwendung des Rezyklates höher liegt, als für sekundäre oder gar materialfremde.

Legt man für die Bewertung einer Aluminium-basierten Verpackung den Maßstab an, dass aus Aluminium-Verpackungsfolie wieder Verpackungsfolie werden soll? Oder reicht es, wenn sie zur Produktion eines Aluminiumdruckgussteils verwendet wird. Oder reicht es gar, wenn das Metall als Oxyd in Zementklinker eingebunden wird. Die Bewertung der Recyclingfähigkeit fiel für die genannten Anwendungen natürlich vollständig unterschiedlich aus!

Der Rest ist Physik und diese ist bekanntlich nicht nur europaweit gleich!

Die methodischen Vorteile von RAs liegen auf der Hand: unmittelbarer Zusammenhang zu den ökonomischen und ökologischen Wirkungskategorien sowie Quotenvorgaben und maximale Transparenz, u. a., da vom Grundsatz her keine subjektive Einordnung und Grenzwertziehungen erforderlich sind.

Nachteil: für komplexe Verpackungen nicht ohne Expertenwissen über Recyclingprozesse zu handhaben.



Unser einfaches Beispiel im Recyclability Assessment, wobei hier als Referenz ein Stand-der-Technik-Recyclingprozess zum Recyclateinsatz in originärer Anwendung herangezogen wird.

Flächendeckende Sammelstruktur wird vorausgesetzt. Es ist festzustellen, dass auch Sortierfähigkeit gegeben ist (Das Fullsleeve stört die Erkennung der PET-Flasche nicht). Das Sleeve lässt sich im Recyclingprozess zwar leicht abtrennen, wird aber selbst nicht recycelt. Der Sleeveanteil wird entsprechend abgezogen. Der PET-Anteil der Flasche wird faktisch zurückgewonnen. Das enthaltene Additiv kann nicht abgetrennt werden, stört die Applikation aber nicht entscheidend. Das Kappenmaterial wird in der Praxis separiert und recycelt; wird also ebenfalls gutgeschrieben. Im Saldo resultiert ein Total Score von 96 %.

Charakterisierung (fiktiv)		Zusammensetzung	
		Gewicht	%
- Körper:	PET-A, transparent klar, AA-Blocker	26,7 g	89 %
- Verschlusssystem:	PE-Kappe, ungefüllt	2,1 g	7 %
- Liners, Ventile:	-		
- Direktdruck:	Chargennummer und Verfallsdatum		-
- Sleeve:	Full-Sleeve (PO, Dichte < 1g/cm ³)	1,2 g	4 %
- Klebstoffapplikationen:	-		

Bewertung gemäß Recyclability Assessment

Referenzprozess / Anwendung: Flasche zu Flasche (oder zu Folie) Prozess Stand der Technik

	Beschreibung	Bewertung
Sammlung:	Landesweit verfügbar	✓
Sortierung:	Sortierbar über NIR ohne Einschränkungen	-
Recycling:	Sleeve kann abgelöst werden, wird aber nicht recycelt; Körper wird recycelt, das Kappenmaterial wird ebenfalls getrennt und recycelt	+89 % +7 %
Anwendung:	Der geringe Direktdruck und das Additiv verhindern nicht die vorgesehene Anwendung	-

Gesamtergebnis = Saldo 96 %



Ein kurzes Zwischenfazit:

Die Unterschiedlichkeit von Standards resultiert nicht zuletzt aus der unterschiedlichen Funktion!

Weitere relevante Sachverhalte sind sowohl bei einer Entwicklung als auch entsprechend bei der Anwendung eines Standards zu beachten. Recyclingfähigkeit bedeutet vereinfacht ausgedrückt „Konformität der Verpackungsgestaltung mit den Erfordernissen des Recyclingprozesses.“

Dieser endet nicht beim Recycler sondern beim Anwender! Der Maßstab wird also maßgeblich von der zur Beurteilung herangezogenen intendierten Rezyklatapplikationen bestimmt.



Am Beispiel des **Mindeststandards** soll diese Abhängigkeiten nachfolgend veranschaulicht werden.

Die entscheidenden Grundlagen für den Mindeststandard leiten sich unmittelbar aus dem deutschen Verpackungsgesetz ab.

Hier die relevanten Auszüge aus dem Gesetzestext, in dem die maßgeblichen Vorgaben für den Mindeststandard formuliert sind:

§ 21 Verpackungsgesetz: Ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte

- (1) **Systeme** sind verpflichtet, im Rahmen der Bemessung der Beteiligungsentgelte Anreize zu schaffen, um bei der Herstellung von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen
 1. die Verwendung von **Materialien und Materialkombinationen zu fördern, die unter Berücksichtigung der Praxis der Sortierung und Verwertung zu einem möglichst hohen Prozentsatz recycelt werden können**

- (3) Die Zentrale Stelle veröffentlicht im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt jährlich bis zum 1. September **einen Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen unter Berücksichtigung der einzelnen Verwertungswege und der jeweiligen Materialart.**

Hinweis: Der Mindeststandard ist ein spezifisches Recyclability Assessment und keine D4R-Guideline.

Der Normadressat sind die Dualen Systeme. Gefordert wird ein Regelwerk für ECO modulated fees, also für die Schnittstelle EPR-System zum Hersteller. Gefordert wird ferner ein Instrument für alle Materialarten. Der Gesetzgeber wollte offensichtlich keine Fehllenkung durch Privilegierung einzelner Materialarten.

Incentiviert werden soll „**high percentage recovery**“.

Auch das Bezugssystem ist vorgegeben: Als Referenz ist die Praxis von Sortierung und Verwertung zugrunde zu legen. Referenzapplikation ist durch die Substitution von materialidentischem Neumaterial definiert, d. h. originärer oder sekundärer Rezyklateinsatz sind gefordert.

Der Mindeststandard ist also bereits per Gesetz den Recyclability-Assessments zuzuordnen.

Zu Beginn der Arbeiten zur Entwicklung des Mindeststandards wurde neben einer exakten Definition von Recyclingfähigkeit durch die Expertengruppe auch eine Prüfung der damals existierenden Standards auf Kompatibilität mit den gesetzlich vergebenen Parametern vorgenommen. Das Ergebnis ist vereinfacht in nachfolgender Tabelle dargestellt und lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Kein existierender Standard bot eine zufriedenstellende Lösung für die gesetzliche Aufgabenstellung.



	EN 13430	CHI-RA	RecyClass Online-Tool	D4R-Guidelines (Recoup, COTREP, etc.)	PTS RH 021/97 u. a.
Quantitative Messung (Prozent)	✓	✓	✗	✗	✗
Anwendbarkeit auf alle Verpackungsmaterialtypen	✓	✓	✗	✗	✗
<u>Referenzen</u> Hochwertiges Recycling / Rezyklatanwendung	✗	✓	✓	✓	✓
Praxis der Sortierung und Verwertung (in Deutschland)	✗	✓	(✓)	(✓)	(✓)
Benutzerfreundlich (geeignet für eine große Anzahl unterschiedlicher Verpackungs- (Verkaufs-)Einheiten)	✗	✗	✓	✓	✗

Die Expertengruppe bestehend aus Vertretern von Markenherstellern, dem Handel, Dualen Systemen, Abfallentsorgungsunternehmen, Sortierern, Recyclern, Verpackungsherstellern und Convertern aller Materialgruppen entwickelten aber auf dieser Basis spezifische Lösungsverschlage.

Vom Grundsatz her ist der Minimum Standard also ein Recyclability Assessment, wobei die national-spezifischen Besonderheiten wie z. B. die flächendeckende (nationwide) Sammlung für alle Verpackungstypen und -materialien bereits integriert sind.

Die grundlegende Methodikmerkmale habe ich bereits erklärt. Es gibt zwei Kriterien mit binärer Bewertung und zwei Kriteriengruppen mit analoger Messung. Die qualitativen Anforderungen an die Verpackungsgestaltung werden über die Definition des „Wertstoffgehaltes“ einerseits und die für den Referenzprozess spezifizierten Unverträglichkeiten andererseits definiert.

Einige Beispiele zur Veranschaulichung:

Beispiel 1 ist eine Kunststofftube mit gefülltem Tubenlaminat. Diese wird in Deutschland in die PP-Fraktion sortiert; das aus der Prozesskette generierte gewaschene r-PP wird im Spritzguss- und Tiefziehenanwendungen eingesetzt und substituiert hier Neumaterial; erfüllt also die im Mindeststandard gesetzte qualitative Voraussetzung. Der Basisscore (Wertstoffgehalt) nach Mindeststandard entspricht dem PP-Anteil der Verpackung; d. h. 94 Prozent. Die gelb eingefärbte Tube ist gut sortierbar. Nach Zerkleinerung verliert man allerdings Laminatanteil in der Schwimm-Sink-Trennung, weil dieser hochgefullt ist. Unverträglichkeiten, die nach Mindeststandard zum Totalabzug des Wertstoffanteils führen, gibt es keine. Endergebnis: 61% recyclingfähig („verfügbarer Wertstoffanteil“)

Der Mindeststandard gibt keinen Schwellenwert vor, ab dem eine Verpackung als recyclingfähig gilt. Die Anwender von Recyclability Assessments legen hier üblicherweise einen Zielwert von > 90% an.



Beispiel 1

Zusammensetzung:

Tubenlaminat (PP-EVOH-PP)	
PP (Füllstoffgehalt 40 %)	33 %
EVOH – Haftvermittler	5 %
PP-Schulter / Head	19 %
Kappe (PP)	42 %
Druck, Lackierung	1 %



Recyclability Assessment nach Mindeststandard

Referenzprozess & Anwendung in der Praxis	PP-Strom / PP-Spritzguss- oder Tiefziehenanwendungen	
Basic score = Wertstoffgehalt	PP-Gehalt	94 %
Sammlung	landesweite Sammlung und Sortierung im PP-Strom	✓
Sortierbarkeit	Detektierbar und sortierbar über NIR	± 0 %
Trennung (Mahlgut)	Verlust des Laminats aufgrund der Dichte >1g/cm ³	- 33 %
Unverträglichkeiten (Referenzapplikation: PP-Spritzguss- oder Tiefziehartikel)	Nicht vorhanden	✓
Gesamtergebnis = verfügbarer Wertstoffgehalt = Recyclingfähigkeit		61 %

Beispiel 2 die gleiche Tube, jetzt mit geringerem Füllstoffanteil, so dass der gesamte Wertstoffanteil auch generiert werden kann.

Im Saldo: 94 %

Beispiel 2

Zusammensetzung:

Tubenlaminat (PP-EVOH-PP)	
PP Füllstoffgehalt 8 %	33 %
EVOH – Haftvermittler	5 %
PP-Schulter / Head	19 %
Kappe (PP)	42 %
Druck, Lackierung	1 %



Recyclability Assessment nach Mindeststandard

Referenzanwendung in der Praxis	PP-Spritzguss oder Trays	
Basic score = Wertstoffgehalt	PP-Gehalt	94 %
Sammlung	landesweite Sammlung und Sortierung im PP-Strom	✓
Sortierbarkeit	Detektierbar und sortierbar über NIR	± 0 %
Trennbarkeit (Mahlgut)	Verlust von PP aufgrund der Dichte >1g/cm ³	± 0 %
Unverträglichkeiten (Referenzapplikation: PP-Spritzguss- oder Tiefziehartikel)	Nicht vorhanden	✓
Gesamtergebnis = verfügbarer Wertstoffgehalt = Recyclingfähigkeit		94 %



Eine weitere mögliche Ausführung der Tube wäre die der Verwendung einer Aluminiumfolie statt EVOH als Sauerstoffbarriere. In der Praxis würde eine solche Tube mit Aluminiumlayer in den Aluminiumstroms sortiert. Rückgewonnen würde dann im Aluminiumpfad bestenfalls der Aluminiumanteil der Verpackung. Die Recyclingfähigkeit würde für eine solche Ausführung in der Praxis maximal wenige Prozentpunkte betragen.

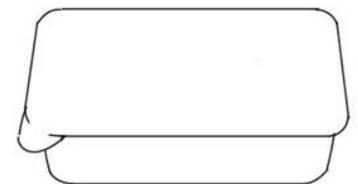
Mit den letzten beiden Beispielen soll zum einen der Umgang mit Unverträglichkeiten im Recyclability Assessment veranschaulicht werden. Zum anderen soll der Fokus auch auf die Tatsache gelenkt werden, dass Defizite bezüglich Recyclingfähig kein Kunststoff-spezifisches Thema sind.

Beispiel 3 ist eine fiktive Papierverbund-Verpackung. Zwar gibt es auch hierfür in Deutschland einen Verwertungspfad. Die funktionale Barriere und die nassfeste Ausrüstung führen im Beispiel zu maßgeblichen Abzügen; die Recycling inkompatible Eigenschaft der Sticky-Bildung letztendlich zum Ergebnis „null Prozent“.

Beispiel 3

Zusammensetzung:

Mehrschicht-Karton, Kraftpapier	80 %
Klebstoffapplikationen	5 %
Kunststoffbeschichtung	14 %
Lackierung	1 %



Recyclability Assessment nach Mindeststandard

Referenzprozess & Anwendung in der Praxis	Papierverbundstrom / Papier auf Wellpappbasis	
Basic score = wertvoller materieller Inhalt	Fasergehalt	80 %
Pfad	Landesweite Sammlung und Sortierung im Papierverbundstrom	✓
Sortierbarkeit	Nur einseitig als Papier erkennbar	-40 %
Trennbarkeit (Abstoßbarkeit)	Low defibration (60 %) in practice due to wet strength design	-16 %
Unverträglichkeiten	Hohe Haftfestigkeit	✗
Gesamtergebnis = verfügbarer Wertstoffgehalt = Recyclingfähigkeit		0 %

Letztes Beispiel eine Glasverpackung, die aus funktionalen oder Marketing-Gründen schwarz lackiert ausgeführt ist. Zwar besteht der Flaschenkörper aus grundsätzlich recyclingfähigem Kalk-Natron-Glas, das wieder zu Behälterglas umgeschmolzen werden könnte. Die Schwarzlackierung führt aber letztendlich zum Totalverlust der Scherben, weil diese in einer optischen Transmissionsmessung nicht als Glas erkannt werden können.

Beispiel 4

Zusammensetzung:

Flasche, Kalk-Natron-Glas	95 %
Kunststoffverschluss	3 %
Lackierung, Direktdruck	1,5 %
Originalitätssiegel	0,5 %



Recyclability Assessment nach Mindeststandard

Referenzanwendung in der Praxis	Behälterglas	
Basic score = Wertstoffgehalt	Glasgehalt	95 %
Pfad	Landesweite Sammlung und Altglasaufbereitung	✓
Sortierbarkeit Trennbarkeit	Nicht detektierbar in der optischen Trennung (Durchlichtmessung)	- 95 %
Unverträglichkeiten	Nicht vorhanden	± 0 %
Gesamtergebnis = verfügbarer Wertstoffgehalt = Recyclingfähigkeit		0 %

Ich hoffe Ihnen mit diesen Ausführungen einen ersten Überblick über die Methoden zur Bemessung der Recyclingfähigkeit gegeben zu haben. Mehr zu Recycling und Recyclingverträglichkeit finden Sie auf unseren Webseiten.

Ein Botschaft zum Schluss:

Bei der Frage „How to make packaging more recyclable?“ spielen Standards zur Messung und Klassifizierung eine entscheidende Rolle, weil hiermit die Maßgaben für die Entwicklung ökologisch optimierter Verpackungsgestaltung gesetzt werden.

Die Funktion von Standards ist dabei aber nicht einseitig zu verstehen; sie müssen als funktionales dynamisches Instrument zur Annäherung von Verpackungsdesign und Recyclingtechnologie dienen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt



HTP GmbH & Co. KG
Maria-Theresia-Allee 35
52064 Aachen
info@htp.eu
www.htp.eu



Institut cyclos-HTP GmbH
Maria-Theresia-Allee 35
52064 Aachen
info@cyclos-htp.de
info@cyclos-htp.de