
Schlussbericht

PET-Schalenrecycling: Status quo, Herausforderungen und Zukunftsszenarien Phase 1 - Basisrecherche



Auftraggeber:

Forum Rezyklat
c/o GS1 Germany GmbH
Stolberger Straße 108a
50933 Köln

Auftragnehmer:

Institut cyclos - HTP GmbH
Pascalstraße 15
52076 Aachen

**GVM Gesellschaft für Verpackungs-
marktforschung mbH**
Alte Gärtnerei 1
55128 Mainz

**Fraunhofer-Institut für
Bauphysik IBP**
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Datum: 17.07.2026

Projekt Nr. 2911-001-2025

Autoren: **CHI:** Dr. Joachim Christiani, Ece Demirel, Sandra Beckamp, Philippe Blank, Dr. Roland Bothor,
Dr. Peter Palchuber,

GVM: Kurt Schüler, Leon Klöpper

Fraunhofer IBP: Nicoletta Narres, Lars Bippus, Stefan Albrecht, Matthias Fischer

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
2. Aufkommen von PET-Schalen (GVM).....	10
2.1. Rahmenbedingung und Methodik	10
2.1.1. Gegenstand, Hintergrund und Zielsetzung.....	10
2.2. Marktmenge in Deutschland.....	15
2.2.1. Aufkommen von PET-Schalen	15
2.2.2. Aufkommen von flexiblem PET	17
2.2.3. PET-Gesamtmenge	18
2.2.4. Entsorgungswege und Erfassungsmenge von PET-Schalen	19
2.3. Marktmenge in Europa	20
2.3.1. Aufkommen von PET-Schalen	20
3. Stand der Technik des PET-Recyclings	24
3.1 Gemischte Sammelsysteme und Sammlung	24
3.2 Sortierung.....	24
3.2.1 Prozessführung.....	24
3.2.2 Spezifikationen	32
3.3 Mechanisches Recycling.....	34
3.4 Alternative Verfahren (Fraunhofer IBP).....	41
3.4.1 Durchführung der Recherche	41
3.4.1.1 Methoden und Datenquellen.....	41
3.4.2 Erkenntnisse aus Recherche	43
3.4.3 Übersicht Verfahrenskonzepte und Einordnung nach TRL.....	44
3.4.4 Grob screening ökologischer Fußabdruck.....	46
4. Rezyklatanwendungen und Anforderungen.....	48
5. Analyse der Fraktionen und Marktsituation für Rezyklate	51
6. Design-for-Recycling für PET-Thermoforms bzw. „PET, other rigids“	54
6.1 Vergleich existierender DfR-Guidelines bzw. Assessments	54
6.2 Interview Ergebnisse von den Recyclern	58
6.3 Best Case Beispiel(e)	60
7. Schwachstellenanalyse - Hemmnisse & Maßnahmen	62

8. Zusammenfassung und Ausblick.....	64
9. Anhang.....	70
9.1. Beschreibung der Verfahrenskonzepte.....	70
9.2 Literaturverzeichnis	77
9.3 DfR-Richtlinien/Assessments	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Idealtypischer Stoff- und Wirkungszusammenhang eines geschlossenen PET-Schalen-zu-Schalen-Recyclingkreislaufs („Tray-to-Tray“). Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Akteuren, technischen Prozessschritten sowie regulatorischen und ökonomischen Einflüssen	9
Abbildung 2: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland 2024 (in kt) – Produktgruppen	15
Abbildung 3: Verbrauch PET-Schalen in Europa (in kt) - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM).....	20
Abbildung 4: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	21
Abbildung 5: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Non-Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM; Datengrundlage: [3]).....	23
Abbildung 6: Exemplarische, vereinfachte Prozessführung der LVP-Sortierung (Quelle HTP/CHI)	25
Abbildung 7: PET-Sortierung - Flaschen (in blau) und Zusatz von Thermoforms (in grün) (Quelle CHI/HTP).....	27
Abbildung 8: Vergleich Referenzspektren - PET-Flasche (grün) und PET-Schalen (blau)	29
Abbildung 9: Praxisbeispiel für die Grenzen der NIR-basierten Sortierung. Transparentes PET-Tray mit einer PO-basierten Oberfolie im zugeklappten Zustand, aufgenommen von der Ober- und Unterseite	30
Abbildung 10: Beispielhafte Aufnahmen für AI-gestützte Objekterkennung	31
Abbildung 11: Idealtypischer Stoff- und Wirkungszusammenhang eines geschlossenen PET-Schalen-zu-Schalen-Recyclingkreislaufs („Tray-to-Tray“). Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Akteuren, technischen Prozessschritten sowie regulatorischen und ökonomischen Einflüssen	34
Abbildung 12: Typische Prozessschritte des mechanischen Recyclings von PET-Schalen in einem Tray-to-Tray-Kreislauf nach dem Stand der Technik – von der Vorsortierung sortierter PET-Schalenfraktionen bis zur Herstellung eines PET-Rezyklats in industriellen Aufbereitungsanlagen.....	35
Abbildung 13: Ermittlung der bereits realisierte Verwertungskapazitäten in Europa und der daraus resultierenden europaweiten Fehlmenge.....	37
Abbildung 14: Ermittlung benötigter Inputkapazität von PET-Schalen	38
Abbildung 15: Anzahl Treffer bei Scopus mit den Suchbegriffen „PET AND depolymerisation“, Stand Februar 2026	43
Abbildung 16: Beschreibung der TRL-Stufen © Fraunhofer IGB [12]	44
Abbildung 17: Option 1 – PET-Schale mit PE-basierter Oberfolie und Etikett.....	60
Abbildung 18: Option 2 - PET-Schale mit PET-Oberfolie und Banderole.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der definierten Untersuchungskategorien (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	12
Tabelle 2: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland 2024 - Produktgruppen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	15
Tabelle 3: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	16
Tabelle 4: Verbrauch flexibler PET-Verpackungen - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	17
Tabelle 5: Materialzusammensetzung flexibler PET-Verpackungen - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	17
Tabelle 6: Verbrauch PET in Deutschland – Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	18
Tabelle 7: Verbrauch PET in Deutschland – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	18
Tabelle 8: Entsorgung PET-Schalen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	19
Tabelle 9: Verwertung PET-Schalen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	19
Tabelle 10: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM; GVM; Datengrundlage: [4])	20
Tabelle 11: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	20
Tabelle 12: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	21
Tabelle 13: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	22
Tabelle 14: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Sonst. Schalen Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	22
Tabelle 15: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Non-Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)	22
Tabelle 16: Spezifikationen zu „PET, other rigids“ – System- und Anlagenspezifikationen	32
Tabelle 17: Recyclinganlagen mit dem Tray-to-Tray-Recycling von PET-Schalen	36
Tabelle 18: Anlagenspezifikationen	39
Tabelle 19: Verwendete Suchbegriffe für Verfahren und Auswertung Anzahl Treffer in wissenschaftlicher Suchmaschine Scopus	42
Tabelle 20: Einordnung der chemisch-physikalischen Recyclingverfahren für PET nach TRL	45
Tabelle 21: Unterschiede von rPET-Rezyklaten aus verschiedenen Anwendungen	51
Tabelle 22: Bewertung von Verpackungsattributen durch drei PET-Tray-Recycler. Angaben in Häufigkeiten der	58

Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence (englisch für Künstliche Intelligenz, kurz KI)
BHET	Bis(2-hydroxyethyl)terephthalat
BHETA	Bis(hydroxyethyl)terephthalat
BVT	Beste Verfügbare Technik
DEG	Diethylenglykol
DfR	"Design for Recycling", Design für Recyclingfähigkeit
EG	Ethylenglykol
EVOH	Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer
IV	„Intrinsic Viscosity“, Intrinsische Viskosität oder Grenzviskosität
LCA	„Life Cycle Assessment“, Lebenszyklusanalyse
LSP	„Liquid State Polycondensation“, Flüssigphasen-Polykondensation
LVP	Leichtverpackungen (oder Leichtstoffverpackungen)
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
MHET	Mono-(2-hydroxyethyl)terephthalsäure
NIR	Nah-Infrarot-Spektroskopie (englisch für <i>Near-Infrared</i>)
PA	Polyamid
PCF	„Product Carbon Footprint“, Produktökobilanz
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
PPWR	„Packaging and Packaging Waste Regulation“, EU-Verpackungsverordnung
PROs	„Producer Responsibility Organizations“, Organisationen der erweiterten Herstellerverantwortung
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
PVDC	Polyvinylidenchlorid
RaS	„Recycled-at-Scale“

RGB	Red, Green, Blue (Rot, Grün, Blau)
rPET	recycliertes Polyethylenterephthalat
SSP	„Solid State Polymerization“, Festphasenpolykondensation
TRL	„Technology Readiness Level“, Technologiereifegrad
VIS	Visible (englisch für <i>sichtbar</i>)

1. Einleitung

Polyethylenterephthalat (PET) hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als wichtiges Verpackungsmaterial im Lebensmittel- und Konsumgüterbereich etabliert. Neben PET-Flaschen gewannen dabei insbesondere PET-Schalen zunehmend an Bedeutung. Allerdings stellt das Recycling von PET-Schalen aufgrund ihrer Materialvielfalt, ihres Einsatzspektrums und ihrer Einbindung in bestehende Sammel- und Sortiersysteme eine technische, wirtschaftliche und regulatorische Herausforderung dar.

Angesichts steigender Anforderungen an das Kunststoffrecycling und neuer europäischer Vorgaben - insbesondere die der Artikel 6 und 7 der Europäischen Verpackungsverordnung (PPWR) - besteht der Bedarf an verlässlichen Grundlagen zur Entwicklung und Bewertung zukünftiger Recyclingwege für PET-Schalen, die als spezifisches Format ein beträchtliches Potenzial hinsichtlich zukünftiger Verwertungsquoten aufweisen. Dabei sollen sowohl der Stand der Technik als auch neue alternative Verfahren betrachtet werden, um realistische Perspektiven für ein großmaßstäbliches Recycling dieses Verpackungsformates bis 2035 bzw. 2040 aufzuzeigen.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Entwicklung von technisch-ökonomischen Zukunftsszenarien für das PET-Schalenrecycling, sowie deren ökologische Bewertung. Hierzu werden das Aufkommen von PET-Schalen in Deutschland und Europa, bestehende Sammel- und Sortierstrukturen sowie relevante Recyclingverfahren analysiert und in einen systemischen Zusammenhang eingeordnet. Die Untersuchung umfasst sowohl mechanische Recyclingprozesse als auch alternative Verfahren und betrachtet deren jeweilige Potenziale und Grenzen im Hinblick auf eine hochwertige stoffliche Verwertung.

Auf Basis der Analyseergebnisse werden mögliche Szenarien für das PET-Schalenrecycling diskutiert und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Anforderungen an Rezyklate und deren Einsatzmöglichkeiten, den bestehenden Hemmnissen entlang der Wertschöpfungskette sowie den regulatorischen und marktseitigen Rahmenbedingungen. Abschließend werden daraus konkrete Handlungsempfehlungen und Maßnahmenpakete für die relevanten Akteure abgeleitet, um die Recyclingfähigkeit und den Rezyklateinsatz aus PET-Schalen perspektivisch zu verbessern.

Maßgabe für alle Überlegungen zur Optimierung des PET-Schalenrecyclings ist die weitestgehende Realisierung eines geschlossenen Kreislaufs („tray-to-tray“). Abbildung 1 stellt diesen Kreislauf mit den Akteuren und Wirkungszusammenhängen dar.

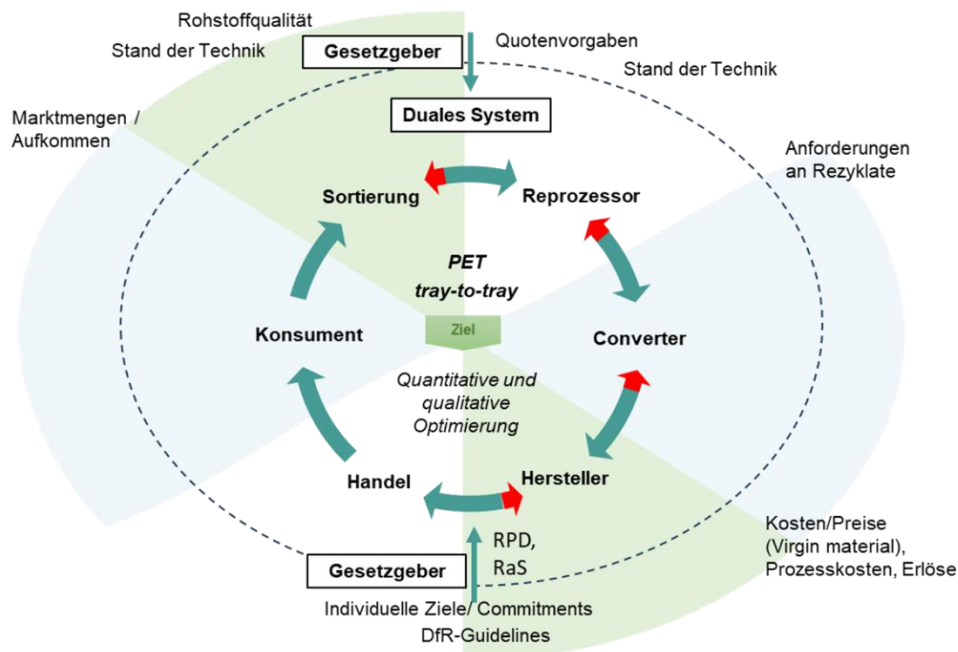


Abbildung 1: Idealtypischer Stoff- und Wirkungszusammenhang eines geschlossenen PET-Schalen-zu-Schalen-Recyclingkreises („Tray-to-Tray“). Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Akteuren, technischen Prozessschritten sowie regulatorischen und ökonomischen Einflüssen

Den dargestellten Kreislauf eines Tray-to-Tray-Recyclings zu entwickeln und zu optimieren bedeutet, dass sowohl eine quantitative Erhöhung der im Kreislauf geführten Materialmengen als auch eine Sicherstellung hoher Rezyklatqualität bewerkstelligt werden muss. Die Voraussetzung ist das abgestimmte Zusammenspiel aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette – von Produktgestaltung über Sammlung und Sortierung bis hin zur Aufbereitung und erneuten Nutzung in PET-Schalen.

Hersteller und Converter beeinflussen durch Materialwahl, Design und Produktspezifikationen die Recyclingfähigkeit der Schalen, wobei sie funktionale Anforderungen, Kosten und regulatorische Vorgaben ausbalancieren müssen. Über den Handel gelangen die Verpackungen zum Konsumenten, dessen Entsorgungsverhalten die Qualität der gesammelten Stoffströme beeinflusst.

Die PET-Schalen werden anschließend über die dualen Systeme/PRO's erfasst und in deren Auftrag sortiert. Die Sortieranlagen separieren PET-Ströme nach vorgegebenen Fraktionen und Reinheitsgraden, aus denen Rezyklate in nachgelagerten Aufbereitungsprozessen hergestellt und bei entsprechender Qualität erneut in PET-Schalen eingesetzt werden können. Gesetzliche und institutionelle Vorgaben, etwa Recyclingquoten, Qualitätsstandards und Design-for-Recycling-Richtlinien, setzen dabei den regulatorischen und ökonomischen Rahmen.

Abbildung 1 verdeutlicht: Ein Tray-to-Tray-Kreislauf funktioniert nur durch das systemische Zusammenspiel technischer, wirtschaftlicher und regulatorischer Faktoren. Ausgangspunkt aller Prozessschritte ist das tatsächliche Aufkommen an PET-Schalen, dessen Menge, Zusammensetzung und Herkunft die Anforderungen an Sammlung, Sortierung und Recycling bestimmen.

2. Aufkommen von PET-Schalen (GVM)

2.1. Rahmenbedingung und Methodik

2.1.1. Gegenstand, Hintergrund und Zielsetzung

Die Untersuchungen zum Aufkommen von PET-Schalen bzw. Thermoforms wurden von der GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH im Rahmen eines eigenständigen Teilprojektes bearbeitet. Die vollständigen Ergebnisse dieses Teilvorhabens sind in einem separaten Bericht zusammengefasst. Kapitel 2 umfasst die Auszüge aus diesem Bericht, die sich mit den methodischen Grundlagen und den Ergebnissen zur Erhebung der Marktmengen befassen.

Die Ermittlung des Aufkommens von PET-Schalen wurde für sechs EU-Länder sowie für den Gesamtraum Europa (EU-27) durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung wurden in der Studie folgende Kernfragen untersucht:

1. Wie viele PET-Schalen werden in der gesamten EU sowie in einzelnen ausgewählten Ländern der EU in Verkehr gebracht?
2. Wie ist das Verhältnis von Food zu Non-Food?
3. Wie ist das Verhältnis von Mono- zu Multilayern?
4. Welche Menge an Post-Consumer PET-Schalen fällt als Abfall an?

Aufgegliedert wurden die Ergebnisse für folgende Länder und Ländergruppen:

- Deutschland
- Frankreich
- Italien
- Niederlande
- Spanien
- Polen
- Restliche EU (zusammengefasst)
- EU-Gesamtmarkt

Bezugsjahr der Studie ist das Jahr 2024. Gegenstand der Untersuchung sind ausgewählte Verpackungsanwendungen aus PET, die im Folgenden vereinfacht, als PET-Schalen bezeichnet werden. Einbezogen werden folgende Verpackungsarten:

- Schalen (z. B. für Frischobst, Fertigsalate oder Fleisch- und Käseprodukte),
- Becher (z. B. für Fertigdesserts oder verzehrfertiges Obst),
- Blisterverpackungen (z. B. für Haushaltswaren oder Installationsartikel),
- Klarsichtschachteln (z. B. für Spielwaren oder Elektrogeräte),
- Runddosen (z. B. für Süßwaren oder Weihnachtsbaumkugeln).

Abgrenzung

Nicht berücksichtigt werden Verbundverpackungen aus PET und Aluminium, sofern die Grammaturn des Aluminiums so hoch ist, dass diese Verpackungen sortiertechnisch der Aluminiumfraktion zugeordnet werden. Eine Unterscheidung nach verschiedenen PET-Sorten oder Füllgrößen erfolgt nicht. Getränkeflaschen sind nicht Gegenstand der Studie.

Die Ergebnisse beschränken sich auf den haushaltsnahen Verbrauch von Verpackungen und sind gemäß dem Katalog systembeteiligungspflichtiger Verpackungen der Zentralen Stelle Verpackungsregister abgegrenzt. Bezugsebene der Ergebnisse sind das Aufkommen (Marktmenge) sowie die Entsorgungswege von PET-Schalen, wobei das Aufkommen in Tonnen und die jeweiligen Entsorgungswege in Prozent angegeben werden.

Die Ergebnisse werden unterteilt in verschiedene Produktgruppen:

- Food
- Non-Food

Begriff Lebensmittel

Nach der rechtlichen Definition auf EU-Ebene gemäß Artikel 2 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 gelten als „Lebensmittel“: „alle Stoffe oder Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind oder von denen nach vernünftigem Ermessen erwartet werden kann, dass sie in verarbeitetem, teilweise verarbeitetem oder unverarbeitetem Zustand von Menschen aufgenommen werden.“ Hierzu zählen ausdrücklich auch Getränke, Kaugummi sowie alle Stoffe, einschließlich Wasser, die einem Lebensmittel absichtlich zugesetzt werden. Nicht als Lebensmittel gelten unter anderem Futtermittel, lebende Tiere vor der Schlachtung, Pflanzen vor der Ernte, Arzneimittel, kosmetische Mittel, Tabakerzeugnisse, Betäubungsmittel und psychotrope Stoffe sowie Rückstände und Kontaminanten.

Mono- vs. Multilayer-Verpackungen

Im Rahmen der Untersuchung wird zwischen Mono- und Multilayer-Verpackungen unterschieden. Multilayer-Verpackungen i. S. der vorliegenden Studie sind ganzflächige Verbunde aus PET und anderen Kunststoffen.

Verbunde aus unterschiedlichen PET-Schichten sind den Monolayer-Verpackungen zugeordnet worden.

Für die Aufgliederung der betrachteten Verpackungen wurden drei Kategorien vorgegeben:

1. Thermogeformte Schalen bzw. Trays für Lebensmittel
2. PET-Becher und sonstige halbstarre PET-Verpackungen für Lebensmittel
3. Sonstige PET-Folien für Non-Food-Produkte

Kategorie	Beispiele Füllgüter	Beispiele Packmittel
1 PET-Schalen und Trays Lebensmittel	Beeren/Trauben	Schalen mit Klappdeckel
	Fleisch- und Wurstwaren, SB	Flachschale halbstarr
	SV Fast-Food Speisen	Schale formstabil
2 PET Becher, sonst. halbstarre Lebensmittel	Hart- und Schnittkäse, SB	Einschläge
	Gewürze	Dosen, Runddosen
	SV Kaltgetränke	Becher
3 PET-Folien Non-Food	Batterien, WC-Steine, Haushaltsartikel	Blister, Einschläge
	Bücher, Elektronikartikel	Schutzhülle
	Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben	Klarsichtschachtel

Tabelle 1: Übersicht der definierten Untersuchungskategorien (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Deckel, Abdeckhauben, Einsätze und ähnliche Packmittel (z. B. für Frischsalate) aus PET werden der Kategorie zugeordnet, in der das Hauptpackmittel eingeordnet ist.

Die Datengrundlage für die vorliegende Analyse basiert auf einem Forschungsansatz, der sowohl Methoden der Primär- als auch der Sekundärmarktforschung kombiniert.

B2B-Primärmarktforschung

Um aktuelle Markttrends und Expertenwissen direkt aus der Praxis zu generieren, werden gezielte Befragungen und Interviews mit relevanten Akteuren der Wertschöpfungskette durchgeführt. Hierzu zählen:

- Duale Systeme: Interviews über die Erfassung von PET-Schalen und den Recyclingquoten.
- Industrie & Produktion: Austausch mit Verpackungs- und Packmittelherstellern sowie Industrieverbänden.
- Entsorgungswirtschaft: Befragungen von Entsorgungsunternehmen und Betreibern von Sortieranlagen.
- Fachexperten: Konsultation spezialisierter Branchenexperten (z. B. Cyclos GmbH, HTP GmbH, CEFLEX, DVI, FPE, ifeu, Innoform, M.I.L.K, Pacoon)

Sekundärmarktforschung

Die Sekundärforschung stützt sich auf eine Vielzahl interner und externer Datenquellen, um eine fundierte Datenbasis zu gewährleisten:

- Exklusive GVM-Quellen: Zugriff auf Datenbanken zu Marktmengen (Deutschland/Österreich), Verpackungsmuster-Datenbanken, das GVM-Verpackungspanel sowie spezifische GVM-Studien (z. B. Recycling-Bilanz, Aufkommen und Verwertung).
- Externe Datenbanken und Unternehmensinformationen: Nutzung von Wirtschaftsdatenbanken (z. B. Dun&Bradstreet), Adressverlagen sowie die Analyse von Geschäftsberichten, Bilanzen, Internetauftritten und Produktkatalogen.
- Öffentliche Quellen: Auswertung statistischer Ämter (Destatis, Eurostat), Berichte von Behörden und Ministerien (z. B. Umweltbundesamt, BMUKN, LAGA, BMWE) sowie Publikationen von NGOs.
- Branchen- und Medienquellen: Wirtschaftsverbände, Kammern und Wirtschaftsinstitute (z. B. Ifo, DIW).
 - Analysen von Marktforschungsunternehmen (z. B. GfK, Nielsen, Circana).
 - Fachliteratur, Fachzeitschriften, Tageszeitungen und spezialisierte Internetportale.

Die Untersuchung beruht auf einem mehrstufigen Verfahren der GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Dabei wurden interne Daten, externe

Sekundärquellen und qualitative Experteninterviews kombiniert, um ein genaues Bild des Marktes für PET-Schalen in Europa zu erhalten.

Ermittlung der Marktmenge und Informationsquellen

Die primäre Basis für die Ermittlung der Marktmenge bildet die GVM-Datenbank „Marktmenge Verpackungen“. Zur Validierung dieser Daten erfolgt in einem zweiten Schritt eine systematische Auswertung folgender Quellen:

- GVM-Archiv, Auswertung von Fachliteratur
- Externe Suchmaschinen und Datenbanken
- Daten der amtlichen Statistik
- Daten aus Handels- und Konsumentenpanels
- Ergebnisse von Expertenbefragungen
- Storechecks

Bestimmung der Länder- und EU-Gesamtmarktgröße

Im dritten Schritt der Analyse wird die Marktgröße der ausgewählten Länder und die des EU-27-Gesamtmarktes bestimmt. Dafür nutzen wir u. a. folgende Quellen:

- Bevölkerungsdaten
- Daten zum Bruttoinlandsprodukt, Privater Konsum u.a. Rahmendaten
- Daten zum Produktverbrauch in den jeweiligen Ländern
- Daten über den Verpackungsverbrauch in den jeweiligen Ländern
- GVM-Studien über den Verbrauch von Verpackungsfolien in Europa
- GVM-Studien über den Verbrauch von Kunststoffverpackungen in Europa
- Drittstudien über den Verbrauch von Kunststoffverpackungen in Europa

2.2. Marktmenge in Deutschland

2.2.1. Aufkommen von PET-Schalen

Die nachfolgenden Darstellungen geben einen Überblick über die Marktmenge von PET-Schalen in Deutschland im Jahr 2024, aufgeteilt nach Produktgruppen für Lebensmittel und Non-Food-Anwendungen.

PET in Kilotonnen - Deutschland	Lebensmittel		Non-Food	Gesamt
	1 PET-Schalen und Trays Food	2 PET-Becher, sonst. halbstarre Food	3 PET-Folien Non-Food	
	101,8	18,8	23,4	

Tabelle 2: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland 2024 - Produktgruppen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

In Deutschland fielen im Jahr 2024 insgesamt 101,8 kt an PET-Schalen und Trays für Lebensmittel an, was 71 % aller PET-Schalen entspricht. Mit 18,8 kt machen Becher und sonstige halbstarre Verpackungen aus PET für Lebensmittel 13 % aus. Auf den Non-Food-Sektor fallen 23,4 kt. Dies entspricht 16 % des Gesamtverbrauchs. Insgesamt wurden 144 kt PET-Schalen in Deutschland verbraucht, von denen 84 % für Lebensmittel genutzt wurden.

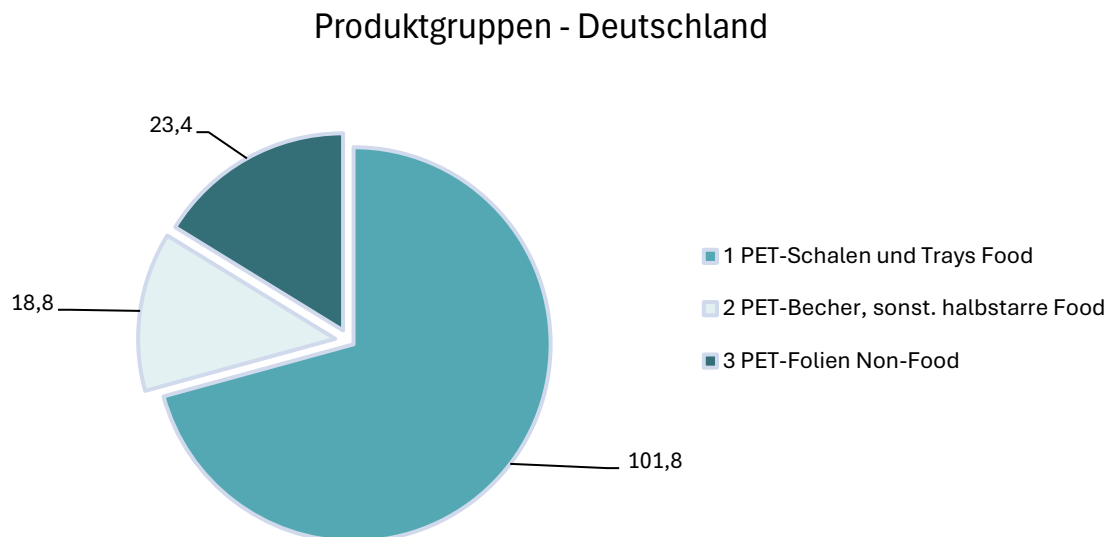


Abbildung 2: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland 2024 (in kt) – Produktgruppen

PET in Kilotonnen - Deutschland	1 PET-Schalen und Trays Food	2 PET-Becher, sonst. halbstarre Food	3 PET-Folien Non-Food	Gesamt
1. Monolayer	60,3	11,4	23,0	94,6
2. Multilayer	41,6	7,3	0,4	49,3
Gesamt	101,8	18,8	23,4	144,0

Tabelle 3: Verbrauch PET-Schalen in Deutschland - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Im Jahr 2024 entfielen in Deutschland 63,7 % (94,6 kt) der PET-Schalen auf Monolayer. Multilayer machen 37,3 % (49,3 kt) des gesamten Aufkommens von PET-Schalen aus. Monolayer-Verpackungen dominieren in allen Bereichen, während Multilayer fast ausschließlich für Lebensmittel eingesetzt werden.

PET-Schalen kommen in einer Vielzahl von Anwendungen zum Einsatz, wobei sie vor allem durch ihre Stabilität und Lebensmitteleignung überzeugen. Trays und Schalen aus Mono-PET werden hauptsächlich für Obst-, Gemüse- und Fleischwaren verwendet. Viele Verpackungen dienen zudem der Gastronomie als Serviceverpackungen. Lebensmittelverpackungen aus Monolayer-PET umfassen unterschiedliche Füllgüter, wie gekühlte Produkte, Fertigdesserts, Käse und andere Milchprodukte. Bei Lebensmittelverpackungen aus Multilayer-PET dominieren Fleisch-, Wurst- und Käseverpackungen, die häufig mit PE als Siegelmedium beschichtet sind. Im Non-Food-Sektor spielen vor allem Blisterverpackungen eine Rolle, die beispielsweise für Haushaltswaren, Spielwaren oder elektronische Produkte eingesetzt werden [5,6].

2.2.2. Aufkommen von flexiblem PET

Neben den formstabilen Schalen spielt auch flexibles PET eine wesentliche Rolle im Verpackungsmarkt, wobei sich der Gesamtverbrauch in Deutschland im Jahr 2024 auf 60,4 kt belief. Davon entfiel mit 36 kt der größte Anteil auf den Lebensmittelbereich, was einem Anteil von 59,5 % entspricht. Die restlichen 24,5 kt bzw. 40,5 % wurden im Non-Food-Sektor eingesetzt.

PET in Kilotonnen - Deutschland	4 Sonstiges flexibles PET Food	5 Sonstiges flexibles PET Non-Food	Gesamt
	36,0	24,5	60,4

Tabelle 4: Verbrauch flexibler PET-Verpackungen - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Im Bereich flexibler PET-Verpackungen entfallen bei Lebensmitteln 26,9 kt (74,7 %) auf Multilayer-Verpackungen. Bei Non-Food-Artikeln liegt der Anteil bei 16,5 kt (67,4 %). Sowohl im Lebensmittel- als auch im Non-Food-Bereich werden für flexible PET-Verpackungen hauptsächlich Verbunde eingesetzt.

PET in Kilotonnen - Deutschland	4 Sonstiges flexibles PET Food	5 Sonstiges flexibles PET Non-Food	Gesamt
1. Monolayer	9,1	8,0	17,1
2. Multilayer	26,9	16,5	43,4
Gesamt	36,0	24,5	60,4

Tabelle 5: Materialzusammensetzung flexibler PET-Verpackungen - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Flexible PET-Verpackungen werden sowohl für Lebensmittel als auch für Non-Food-Produkte eingesetzt und umfassen u. a. Permanent-Tragetaschen. Anwendungen für flexible Monolayer-Verpackungen sind beispielsweise Flachbeutel. Bei den sonstigen Multilayer-Verpackungen für Lebensmittel finden sich neben Fleisch-, Wurst- und Käseprodukten auch Beutel für Kaffee, sofern sie ohne Alufolie auskommen. Ein weiteres Beispiel für flexible Multilayer-Verpackungen sind geröstete Nüsse. Im Non-Food-Bereich werden vor allem Waschmittel, Tiernahrung und Hygieneprodukte in Multilayer-PET verpackt.

2.2.3. PET-Gesamtmenge

Im Jahr 2024 belief sich das Gesamtaufkommen an PET-Verpackungen in Deutschland auf insgesamt 204,4 kt. Bei der Betrachtung der verschiedenen Produktgruppen wird deutlich, dass PET-Schalen und Trays für Lebensmittel mit 101,8 kt fast die Hälfte des gesamten Marktes (49,8 %) ausmachen und damit die dominierende Verpackungsart darstellen. Den zweitgrößten Anteil liefern sonstige flexible Verpackungen für den Food-Bereich mit 17,6 % (36,0 kt). Deutlich geringere Anteile entfallen auf PET-Becher (9,2 %), Non-Food-Folien (11,4 %) und sonstige flexible Non-Food-Verpackungen (12,0 %).

PET in Kilotonnen - Deutschland	halbstarre PET-Verpackungen			flexible PET-Verpackungen		Gesamt
	1 PET- Schalen und Trays Food	2 PET- Becher, sonst. halbstarre Food	3 PET- Folien Non- Food	4 Sonstiges flexibles PET Food	5 Sonstiges flexibles PET Non-Food	
	101,8	18,8	23,4	36,0	24,5	

Tabelle 6: Verbrauch PET in Deutschland – Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Bei den PET-Schalen dominieren Monolayer, während bei den Folien Multilayer überwiegen. Insgesamt wurden 111,7 kt Monolayer- und 92,7 kt Multilayer-Verpackungen eingesetzt, was einem Anteil von 54,6 % für Monolayer und 45,4 % für Multilayer entspricht. Den größten Anteil am PET-Abfall machen dabei die PET-Schalen aus, sowohl bei den Monolayern als auch bei den Multilayern.

PET in Kilotonnen - Deutschland	1 PET- Schalen und Trays Food	2 PET- Becher, sonst. halbstarre Food	3 PET- Folien Non- Food	4 Sonstiges flexibles PET Food	5 Sonstiges flexibles PET Non- Food	Gesamt
1. Monolayer	60,3	11,4	23,0	9,1	8,0	111,7
2. Multilayer	41,6	7,3	0,4	26,9	16,5	92,7
Gesamt	101,8	18,8	23,4	36,0	24,5	204,4

Tabelle 7: Verbrauch PET in Deutschland – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

2.2.4. Entsorgungswege und Erfassungsmenge von PET-Schalen

Das gesamte Aufkommen an PET-Schalen in Deutschland stammt zu 93 % aus privaten Haushalten und zu 7 % aus vergleichbaren Anfallstellen. Im Haushaltsbereich werden 69 % der PET-Schalen über die Leichtverpackungssammlung (Gelber Sack bzw. Gelbe Tonne) entsorgt, bei vergleichbaren Anfallstellen sind es dagegen nur 31 %. Insgesamt führt dies dazu, dass in Deutschland aktuell 66,3 % der haushaltsnah anfallenden PET-Schalen durch die dualen Systeme erfasst werden.

Schätzung Entsorgung PET-Schalen	Haushalte	Vergleichbare Anfallstellen
Anteil an Verpackungsmenge	93 %	7 %
Leichtverpackungssammlung	69 %	31 %
Restmüll	31 %	69 %

Tabelle 8: Entsorgung PET-Schalen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Der Großteil (73,6 %) der gesammelten PET-Schalen wird als Ausschuss ausgeworfen und dann meist thermisch verwertet. Die Recyclingquote von 17,5 % ist erheblich niedriger als die Recyclingquote der Kunststoffverpackungen von 52,2 % (2023) [1].

Die niedrige Recyclingquote von PET-Schalen hat zwei Hauptursachen. Zum einen sind Sortierfraktionen und Recyclinganlagen stark auf PET-Flaschen spezialisiert, wodurch Schalen überwiegend aussortiert und aus dem Recyclingprozess ausgeschlossen werden [6]. Zum anderen bestehen 34,3 % der PET-Schalen in Deutschland aus Multilayer, die mechanisch nur schwer oder gar nicht recycelbar sind. Auch für Monolayer Schalen gibt es bislang nur erste Recycling-Infrastruktur Ansätze, wie beispielsweise die Anlage von Faerch in den Niederlanden. Hinzu kommt, dass PET-Schalen mit rund 5 % nur einen geringen Anteil am gesamten Kunststoff-Verpackungsaufkommen ausmachen [5]. Dies reduziert den wirtschaftlichen Anreiz für Recyclingunternehmen, ihre Verfahren speziell auf PET-Schalen anzupassen [9].

Flexibles PET wird in Deutschland derzeit nahezu ausschließlich thermisch verwertet. Dies liegt vorrangig daran, dass Sortieranlagen für Sammelsysteme für Leichtverpackungen (LVP) auf steife Verpackungen, insbesondere Flaschen, ausgelegt sind. Viele PET-Folien wären zwar grundsätzlich recyclebar, werden jedoch nicht recyclebar sortiert [10]. Technisch gesehen könnten 41,5 % der PET-Folien gemeinsam mit PET-Schalen recycelt werden. Dieser Anteil umfasst sowohl Mono- PET Folien als auch trennbare PET-Multilayer Folien.

PET-Schalen Deutschland	Erfassungsquote	Ausschuss-Anteil	Recyclingquote
	66,3%	73,6%	17,5%

Tabelle 9: Verwertung PET-Schalen (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

2.3. Marktmenge in Europa

2.3.1. Aufkommen von PET-Schalen

Im Bezugsjahr 2024 fielen 823,9 kt halbstarre PET-Verpackungen in Europa an. Deutschland verzeichnet mit 144,0 kt den größten absoluten Verbrauch an PET-Schalen unter den EU-27-Ländern, gefolgt von Italien (121,6 kt), Frankreich (116,7 kt) und Spanien (96,2 kt). Die restlichen EU-27-Länder tragen mit 248,6 kt etwa 30,2 % zum gesamten Verpackungsaufkommen an PET-Schalen in der EU bei.

Verbrauch PET-Schalen in Europa (in Kilotonnen)	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27
1 PET-Schalen und Trays Food	101,8	83,9	95,4	26,2	49,3	78,3	189,8	624,8
2 PET-Becher, sonst. halbstarre Food	18,8	14,8	14,8	4,5	7,7	10,2	34,4	105,2
3 PET-Folien Non-Food	23,4	18,0	11,3	5,9	3,3	7,6	24,5	93,9
Gesamtergebnis	144,0	116,7	121,6	36,5	60,3	96,2	248,6	823,9

Tabelle 10: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM; GVM; Datengrundlage: [4])

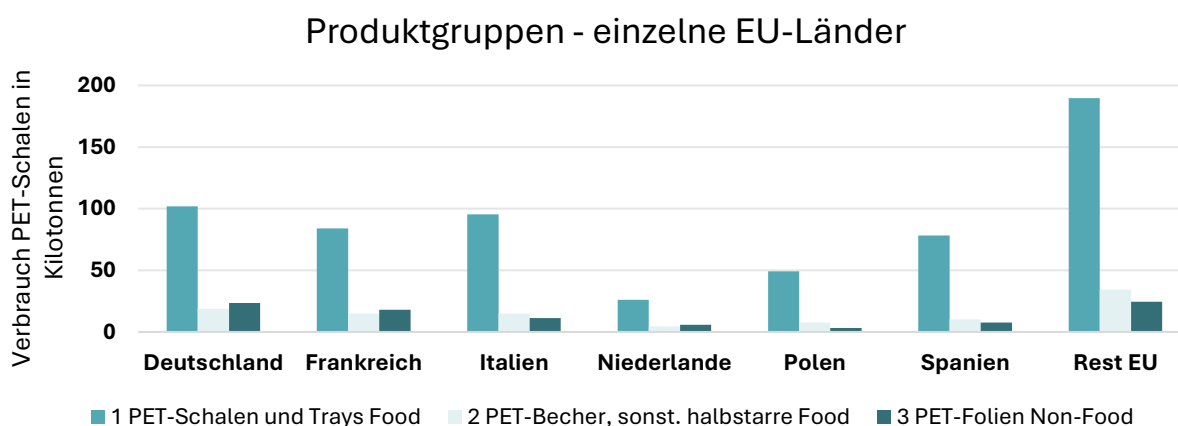


Abbildung 3: Verbrauch PET-Schalen in Europa (in kt) - Produktgruppen, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Verbrauch PET-Schalen in Kilotonnen	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27 Gesamt
1. Monolayer	94,6	77,4	86,1	25,6	35,4	67,5	154,4	541,0
2. Multilayer	49,3	39,3	35,5	10,9	24,8	28,7	94,2	282,9
Gesamtergebnis	144,0	116,7	121,6	36,5	60,3	96,2	248,6	823,9

Tabelle 11: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

PET-Schalen werden in allen betrachteten Ländern überwiegend für Lebensmittelverpackungen genutzt [7].

Im Jahr 2024 wurden in der EU insgesamt 541 kt Monolayer-PET für PET-Schalen verwendet. Dies entspricht einem Anteil von 65,7 % an allen PET-Schalen. In allen untersuchten Ländern überwiegt der Einsatz von Monolayer-PET gegenüber dem von Multilayer-PET. Der Anteil von Monolayer-PET ist in Polen mit 58,8 % am niedrigsten und in Italien mit 70,8 % am höchsten. Deutschland entspricht mit 65,7 % genau dem europäischen Durchschnitt. Die folgende Abbildung 4 verdeutlicht die Verteilung zwischen Mono- und Multilayern.

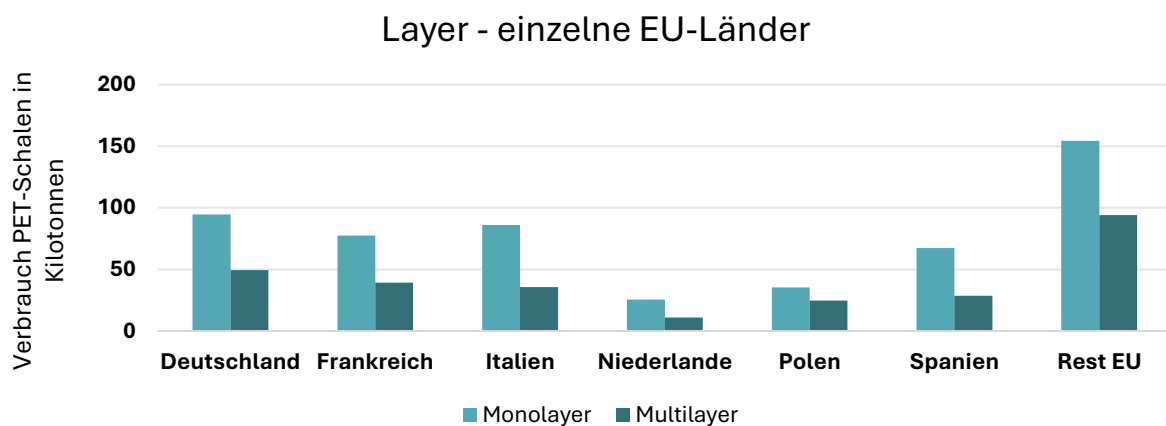


Abbildung 4: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt – Layer, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27
1 PET-Schalen und Trays Food	101,8	83,9	95,4	26,2	49,3	78,3	189,8	624,8
1. Monolayer	60,3	50,3	65,1	16,9	28,2	53,6	109,5	384,0
2. Multilayer	41,6	33,6	30,3	9,3	21,0	24,7	80,2	240,8
2 PET-Becher, sonst. halbstarre Food	18,8	14,8	14,8	4,5	7,7	10,2	34,4	105,2
1. Monolayer	11,4	9,4	9,9	3,0	4,0	6,4	21,1	65,1
2. Multilayer	7,3	5,4	5,0	1,5	3,7	3,9	13,3	40,1
3 PET-Folien Non-Food	23,4	18,0	11,3	5,9	3,3	7,6	24,5	93,9
1. Monolayer	23,0	17,7	11,1	5,7	3,2	7,5	23,9	91,9
2. Multilayer	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,6	2,0
Gesamtergebnis	144,0	116,7	121,6	36,5	60,3	96,2	248,6	823,9

Tabelle 12: Verbrauch PET-Schalen in Europa in kt, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

1 PET-Schalen und Trays Food	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27
1. Monolayer	59,2 %	59,9 %	68,2 %	64,5 %	57,3 %	68,5 %	57,7 %	61,5 %
2. Multilayer	40,8 %	40,1 %	31,8 %	35,5 %	42,7 %	31,5 %	42,3 %	38,5 %

Tabelle 13: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

In allen Kategorien überwiegen Monolayer-Verpackungen aus PET. Dabei gibt es unterschiedliche Ausprägungen in den Kategorien. Diese werden auf den folgenden Seiten behandelt.

In der EU werden PET-Schalen und -Trays für Lebensmittel überwiegend aus Monomaterial hergestellt. Der europäische Durchschnittsanteil von Monolayer-PET in diesem Bereich liegt bei 61,5 %. Dabei zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern: In Polen ist der Monolayer-Anteil mit 57,3 % am niedrigsten, während Spanien mit 68,5 % den höchsten Anteil aufweist, dicht gefolgt von Italien mit 68,2 %. Deutschland liegt mit einem Monolayer-Anteil von 59,2 % unter dem europäischen Durchschnitt.

2 PET-Becher, sonst. Halbstarre Food	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27
1. Monolayer	60,9 %	63,4 %	66,5 %	65,9 %	52,2 %	62,2 %	61,3 %	61,9 %
2. Multilayer	39,1 %	36,6 %	33,5 %	34,1 %	47,8 %	37,8 %	38,7 %	38,1 %

Tabelle 14: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Sonst. Schalen Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

In der EU werden auch sonstige PET-Schalen für Lebensmittel überwiegend aus Monomaterial hergestellt. Der Monolayer-PET Anteil liegt in dem Bereich EU-weit bei 61,9 % und ist damit um 0,4 % - Punkte höher als bei PET-Schalen und -Trays. Wie bereits in anderen Kategorien weist Polen mit 52,2 % den niedrigsten Monolayer-Anteil auf.

3 PET-Folien Non-Food	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande	Polen	Spanien	Rest EU	EU 27
1. Monolayer	98,2 %	98,3 %	97,7 %	97,9 %	96,4 %	97,8 %	97,6 %	97,9 %
2. Multilayer	1,8 %	1,7 %	2,3 %	2,1 %	3,6 %	2,2 %	2,4 %	2,1 %

Tabelle 15: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Non-Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM)

Die höchsten Monolayer-Anteile verzeichnet Italien mit 66,5 %, gefolgt von den Niederlanden mit 65,9 %. Deutschland liegt mit einem Monolayer-Anteil von 60,9 % erneut unter dem europäischen Durchschnitt.

In der EU werden PET-Schalen für Non-Food-Produkte fast ausschließlich aus Monomaterial gefertigt. Der Monolayer-PET-Anteil liegt in diesem Bereich EU-weit bei 97,9 %. Im Vergleich zu Lebensmittelverpackungen fallen die Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern bei non-food Schalen deutlich geringer aus. In Polen ist der Monolayer-Anteil mit 96,4 % am niedrigsten, während Frankreich mit 98,3 %, gefolgt von Deutschland mit 98,2 %, die höchsten Anteile aufweist. Insgesamt betragen die Abweichungen zwischen den Ländern maximal 1,9 % - Punkte.

Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch von PET-Schalen in der EU beträgt 1,84 kg. Den höchsten Pro-Kopf-Verbrauch verzeichnet Italien mit 2,06 kg, gefolgt von den Niederlanden mit 2,04 kg. Deutschland weist mit 1,73 kg pro Kopf zwar den höchsten Gesamtverbrauch an PET-Schalen auf, liegt jedoch bezogen auf die Bevölkerungszahl mit 1,73 kg pro Kopf um 0,11 kg unter dem EU-Durchschnitt. Auch Spanien liegt mit 1,99 kg über dem EU-Durchschnitt. Frankreich unterschreitet diesen mit 1,71 kg ebenso wie Polen, das mit 1,64 kg den niedrigsten Pro-Kopf-Verbrauch aufweist.

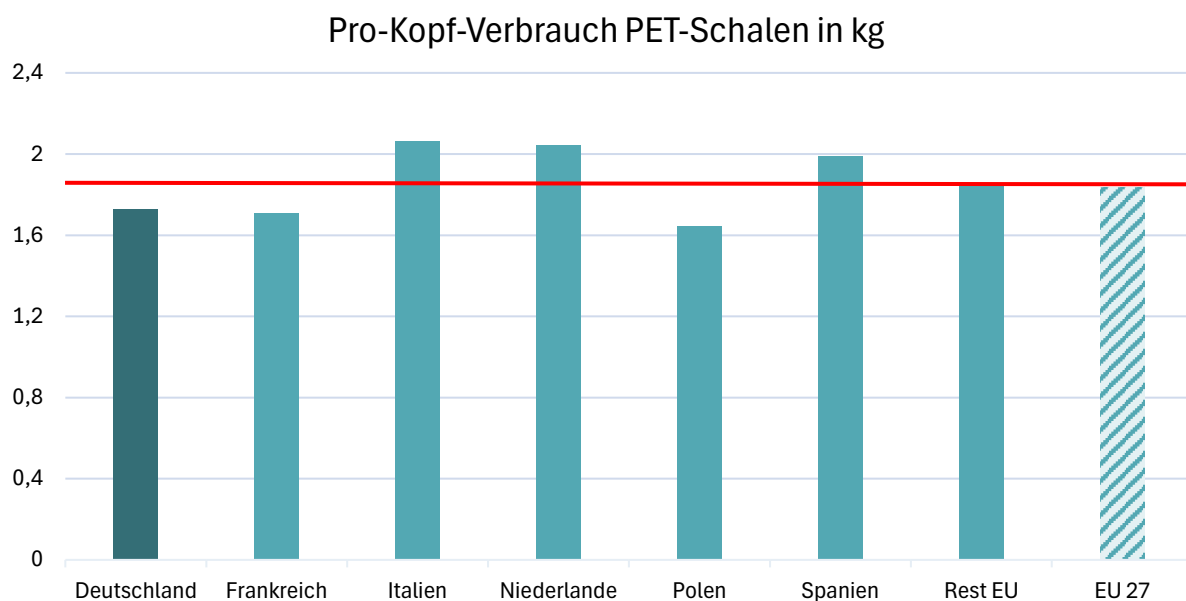


Abbildung 5: Verbrauch PET-Schalen in Europa – Schalen Non-Food, 2024 (Quelle: eigene Darstellung, GVM; Datengrundlage: [3])

3. Stand der Technik des PET-Recyclings

3.1 Gemischte Sammelsysteme und Sammlung

In Deutschland erfolgt die Sammlung von PET-Verpackungen überwiegend im Rahmen gemischter Sammelsysteme für Leichtverpackungen (LVP), die von den dualen Systemen organisiert werden. Die Erfassung erfolgt über den Gelben Sack bzw. die Gelbe Tonne, in denen Kunststoffverpackungen, Metalle und Verbundmaterialien gemeinsam gesammelt werden. Die separate Sammlung von LVP ist flächendeckend installiert. Sondersammelsysteme, in denen z.B. vergleichbar mit Frankreich Papierverpackungen bzw. Papier und Kartonagen gemeinsam mit LVP erfasst werden, sind zwischenzeitlich vernachlässigbar. In fast allen Staaten der EU haben sich aus Gründen von Praktikabilität und Systemkostenminimierung sehr ähnliche Erfassungsvarianten etabliert bzw. befinden sich im Aufbau. Die nachfolgende Prozessstufe einer Sortierung nach Verpackungsmaterialart und -format wird daher exemplarisch für die Erfassungsvariante einer getrennten Wertstofferrfassung im Gemisch von Kunststoff-, Metall- und Verbundverpackungen unter Ausschluss von Glas- sowie von Papier- und Kartonverpackungen dargestellt und diskutiert, da diese als Stand der Technik angesehen werden kann. Die grundlegenden Ableitungen bezüglich der spezifischen Bedarfe einer Aussortierung und Bereitstellung einer PET-Schalenfraktion gelten aber auch für alternative Erfassungsvarianten.

3.2 Sortierung

3.2.1 Prozessführung

Die Sortierung stellt die zentrale Schnittstelle im Recyclingkreislauf von PET-Schalen dar, da hier über die stoffliche Zusammensetzung, Reinheit und letztlich die Verwertbarkeit der Materialströme entschieden wird. Insbesondere im Kontext eines angestrebten „Tray-to-Tray“-Recyclings kommt der Sortierung eine Schlüsselrolle zu, da sie die Voraussetzung für die Bereitstellung qualitativ geeigneter Rezyklate schafft.

Die Sortierung von Leichtverpackungen (LVP) erfolgt in spezialisierten Sortieranlagen, die nach Stand der Technik eine weitgehend standardisierte Abfolge von mechanischen Einzeloperationen zur Vorbereitung und eine Kombination aus mechanischen und sensorgestützten, automatischen Verfahren zur Abtrennung der einzelnen Sortierfraktionen einsetzen.

Abbildung 6 zeigt schematisch einen typischen Aufbau und die Prozesslogik einer LVP-Sortieranlage nach dem Stand der Technik. Ziel dieser Prozesskette ist die Auftrennung des heterogenen Eingangstroms in sortenreine, verwertungsfähige Sortierfraktionen nach quantitativen und qualitativen Vorgaben der jeweiligen PROs (Producer Responsibility Organizations, auf Deutsch: Organisationen der erweiterten Herstellerverantwortung).

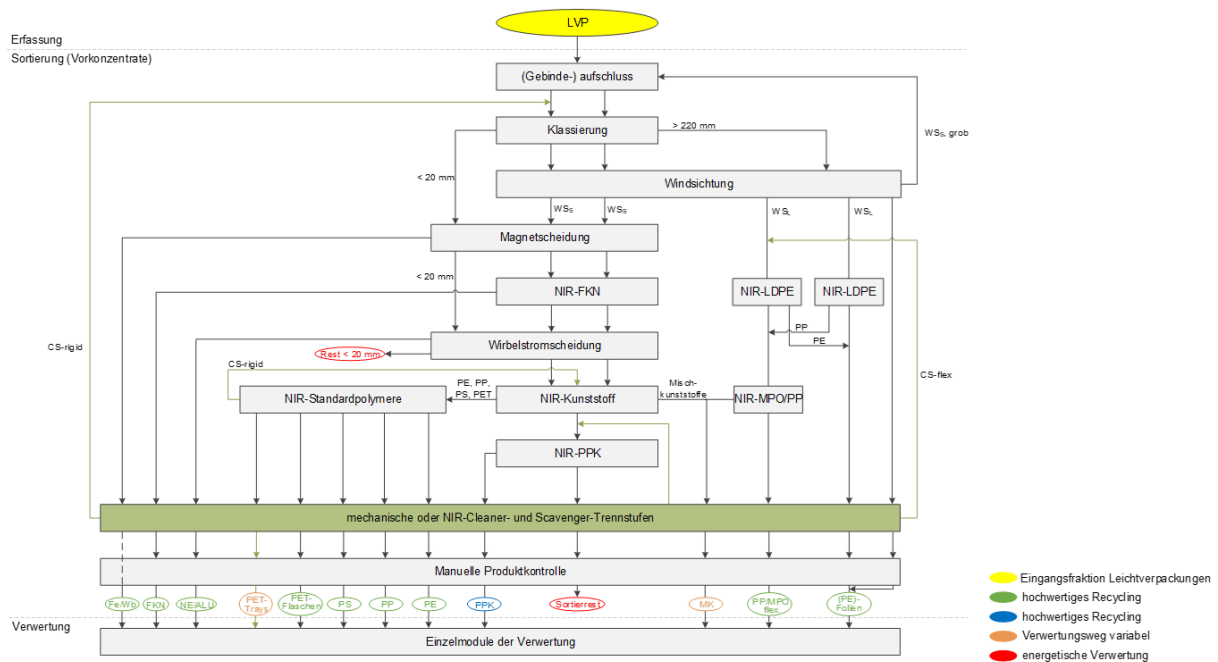


Abbildung 6: Exemplarische, vereinfachte Prozessführung der LVP-Sortierung (Quelle HTP/CHI)

Das Produktportfolio in der Abbildung ist exemplarisch für die aktuelle Diversifizierung in deutschen Großanlagen mit Durchsätzen von über 100.000 t/a bzw. von 3 bis 4 Millionen angeschlossenen Einwohnern. Die Standardisierung der Prozessabfolge ergibt sich aus den verfahrenstechnischen Erfordernissen an die Konditionierung des Sammelgemisches für die jeweiligen spezifischen eigentlichen Sortierstufen.

In einer groben Unterteilung der Teilprozesse kann unterschieden werden in

- Prozessstufen zur Vorbereitung auf die eigentliche Sortierung (Gebindeaufschluss, Siebung, Vorseparation von flächigen und dreidimensionalen Verpackungen meist über Windsichtung (für Sammelgemische mit hohem Papieranteil, wie Frankreich, über ballistische Separatoren).
- Prozessstufen zur ersten Anreicherung der Zielfractionen (sog. Rougher-Stufen); für Kunststoffsortierfraktionen sind dies nach Stand der Technik ausschließlich NIR- oder NIR-VIS-gestützte Sortierautomaten.
- Cleaner-Prozessstufen zur Nachreinigung der Rougher-Produkte (in Abhängigkeit zur geforderten Reinheit oft mehrstufig über mechanische oder automatische Sortiermaschinen), bedarfsweise inklusive manuelle Produktkontrollsortierung in Abhängigkeit zu den jeweiligen Produktspezifikationen.
- Prozessstufen zur Maximierung der Produktausbeute (sog. Scavenger-Stufen). Für die Kunststofffraktionen sind die Scavenger-Stufen ausschließlich sensorbasierte Sortierautomaten, die meist mit geringerer Selektivität eingestellt werden als die Rougher-Stufen. Anzahl und Positionierung von Scavengerstufen sind abhängig von den Vorgaben der PROs an die zu erzielenden Sortierquoten.

Innerhalb der LVP-Sortierung nehmen PET-Flaschen seit Beginn der getrennten Wertstofferrfassung aufgrund der erzielbaren hohen Wertschöpfung eine Sonderstellung ein. Technologietreibend war im Weiteren der hohe Anteil dieses Verpackungstyps bei Systemeinführung, der auch heute in Ländern ohne Pflichtpfand für Getränkeverpackungen gegeben ist. Die heutige Situation in Deutschland ist historisch bedingt; daher ein kurzer Rückblick:

Erster Meilenstein der Entwicklung war die Einführung der Kunststoffartensortierung im Jahr 1999 unter Spezifizierung einer PET-Flaschenfraktion (Fraktionsnummer 325) mit einer Reinheit von 98 %. Seit 2003 wurden die PET-Sortierstufen als NIR-VIS-Stufen ausgeführt; die integrierte spektrale Auswertung im sichtbaren Wellenlängenbereich ermöglichte nicht nur eine bessere Abgrenzung nicht spezifikationsgerechter (opaker) PET-Flaschen, sondern auch die Option einer wirtschaftlichen Erzeugung von farbsortierten Qualitäten innerhalb der LVP-Sortierung, die aber in Deutschland wegen der Einführung des Pflichtpfandes im Gegensatz zu z.B. Belgien oder Italien nie umgesetzt wurde. In Deutschland resultierte aus dem schlagartigen Einbruch der PET-Flaschen-Anteile im LVP-Gemisch bei gleichzeitigem stetigem Anwachsen des Aufkommens an PET-Schalen (durch Substitution von PP) die Problematik, dass eine Erzeugung einer PET-Flaschenfraktion in der geforderten Reinheit für Bestandsanlagen nicht mehr möglich war. Als Kompromisslösung wurden vom dualen System die Misch-PET-Sortierspezifikationen mit zulässigen Schalenanteilen von bis zu 50% kreiert (Fraktionsnummern 328-1 bis 328-3) und Kapazitäten zur dezentralen Nachsortierung geschaffen, um durch Abtrennung des Schalenanteils marktgängige Qualitäten zu erzeugen. Die weiteren Bemühungen bis 2017 zielten darauf ab, den Schalenanteil in der PET-Mischfraktion zu reduzieren. Durch diverse Weiterentwicklungen der sensorbasierten Sortierung (höhere Auflösung, schnellere Prozessoren, Vollspektralanalyse) wurde die Voraussetzung für eine selektivere Sortierung von PET-Flaschen geschaffen. PET-Schalen wurden weitestgehend in die Mischkunststoffe überführt. Erst der Aufbau eigenständiger Recyclingkapazitäten für PET-Thermoforms ermöglichte es, spezifische Lösungen für deren Rohstoffversorgung planerisch in die LVP-Sortierung zu implementieren.

Der prozesstechnische Stand der Technik, der sich in der Generation von Sortieranlagen ab Baujahr 2020 wiederfindet, ist in Abbildung 7 veranschaulicht.

Er unterscheidet sich von der Lösung der PET-Sortierung mit Zielfraktion 328-1 in der Vorläufergeneration durch einen zusätzlichen NIR-VIS-Trenner, der im Abweisstrom der PET-Flaschen-Trennstufe positioniert ist. PET-Schalen werden also nicht mehr als Rückstand der PET-Flaschen-Sortierung (indirekt bzw. negativ), sondern wie die PET-Flaschenfraktion positiv sortiert. Dies eröffnet u.a. durch entsprechende Programmanpassungen die bedarfsgerechte Erfüllung hoher Qualitätsanforderungen für beide Sortierprodukte ohne wechselseitige Beeinflussung. Zur Minimierung von

Ausbringverlusten durch die zusätzliche Sortierstufe werden die Abweisströme der Schalen-Trenner ebenfalls in das Konzept der Scavenger-Stufen integriert.

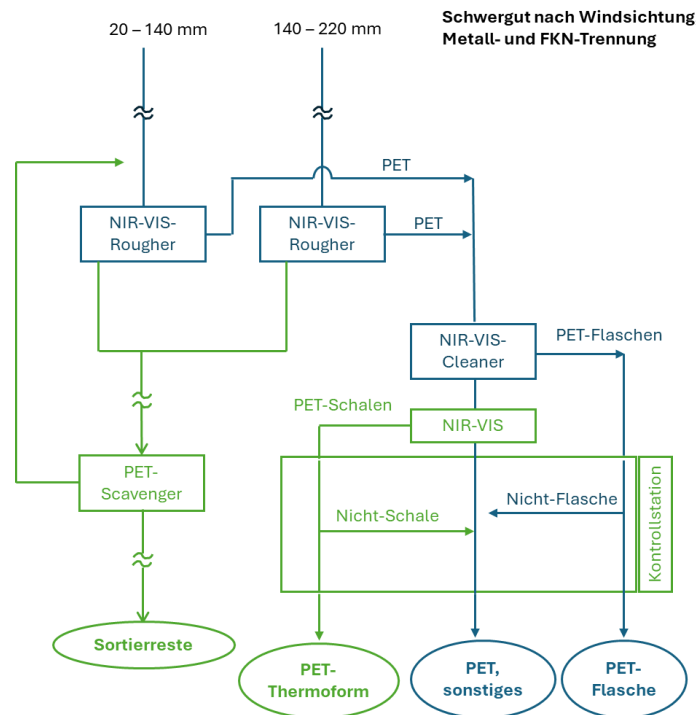


Abbildung 7: PET-Sortierung - Flaschen (in blau) und Zusatz von Thermoforms (in grün) (Quelle CHI/HTP)

Wie erwähnt, ist die in Abbildung 7 skizzierte Prozessführung nicht flächendeckend etabliert. In den meisten Sortieranlagen werden PET-Schalen weiterhin gemeinsam mit sonstigen PET-Artikeln oder Mischkunststoffen geführt. In Deutschland sind nach dem Stand eigener Erhebungen lediglich 4 von 38 LVP-Sortieranlagen mit einer entsprechenden PET-Thermoform-Sortierung ausgestattet, was einer Abdeckung von rund 15 % der installierten Sortierkapazität entspricht. Demgegenüber sind Länder wie die Niederlande oder Belgien, in denen die wesentlichen Kapazitäten durch Neubauten nach 2020 repräsentiert sind, bereits überwiegend mit einer PET-Thermoform-Sortierung nach bester verfügbarer Technik (BVT) ausgerüstet. Im Hinblick auf entsprechende Nachrüstungen in Bestandsanlagen ist vorstehend anzumerken, dass diese grundsätzlich möglich sind, die Umbaukosten je nach Anlagenkonfiguration aber mit einem hohen Aufwand einhergehen, wenn die hierzu erforderlichen Raumbedarfe nicht bereits in den ursprünglichen Planungen als Reserven berücksichtigt wurden.

Die Kosten für die Nachrüstung bestehender Sortieranlagen zur PET-Thermoform-Sortierung hängen maßgeblich von der Konfiguration und dem aktuellen Aufbau der vorhandenen Anlage ab. Wesentliche Kostenfaktoren sind dabei die eingesetzte Maschinenteknik sowie die notwendige Fördertechnik und die Produktkonfektionierung (Pressenzuführung). Insbesondere die Fördertechnik kann – abhängig von den verfügbaren Raumkapazitäten und den baulichen Gegebenheiten – einen erheblichen

Einfluss auf die Gesamtinvestition haben. Konzeptionell ist zusätzlich die Installation weiterer NIR- und VIS-Sensorsysteme erforderlich; ebenso muss, je nach erforderlicher Produktspezifikation, ggf. eine entsprechende manuelle Kontrollstation berücksichtigt werden. Darüber hinaus fallen Kosten für Planung, mechanische und elektrische Installation, Stahlbau beziehungsweise Begehungen, Dokumentation, Transport- und Frachtkosten sowie Inbetriebnahme und Testläufe an. Unter Berücksichtigung aller genannten Faktoren bewegen sich die Investitionskosten erfahrungsgemäß in einer Größenordnung von etwa 900.000 bis 1.300.000 Euro. Für jede Nachrüstung ist eine fundierte Analyse der Gegebenheiten in der jeweiligen Anlage unerlässlich, um den individuellen Aufwand der Nachrüstungen präzise bewerten zu können und den o.g. Kostenrahmen zu spezifizieren.

Im Zuge der technischen Auslegung ist zudem zu prüfen, ob die bestehende Kompressoranlage über ausreichende Reservekapazitäten verfügt. Falls dies nicht gegeben ist, kann eine Erweiterung der Kompressorleistung bzw. die Auswahl der nächstgrößeren Kompressorstufe erforderlich werden. In diesem Zusammenhang sind gegebenenfalls zusätzliche Investitions-, Wartungs- und Infrastrukturkosten zu berücksichtigen.

Eine pauschale Angabe der spezifischen Betriebskosten ist nicht möglich, da diese maßgeblich von der Anlagenkapazität bzw. dem Anlagendurchsatz abhängen. Für eine Sortieranlage mit 100.000 t Jahresdurchsatz lassen sich exemplarisch die Zusatzkosten für die Sortierung einer qualitativ hochwertigen PET-Schalenfraktion auf 3,3 € bis 4,2 € je t LVP abschätzen. Enthalten sind hierin alle fixen (z.B. AfA) und variablen Betriebskosten, nicht aber die Vermarktungskosten für die PET-Schalenfraktion. Die (zusätzlichen) Herstellkosten je t PET-Schalenfraktion unter der Annahme einer Ausbeute von 3,5 % bezogen auf den LVP-Input lassen sich für das Beispiel auf entsprechend ca. 95 € bis 120 € beziffern.

Die Studie „Vergleich innovativer Identifikationsverfahren für Post-Consumer-Leichtverpackungen“ zeigte bereits, dass Sortierkonzepte zur gezielten Identifizierung von PET-Thermoforms technisch verfügbar sind und als beste verfügbare Technik (BVT) gelten [13]. Grundsätzlich basieren alle innovativen automatischen Sortierverfahren für Kunststoffverpackungen auf multisensorischen Detektionssystemen, wobei die NIR-Kamera mit hochauflösenden optischen Scannern kombiniert wird. Zur Beschreibung der einzelnen Technologievarianten wird auf o.g. Vergleichsstudie der Identifikationsverfahren verwiesen. In der Grobklassifizierung kann zwischen Marker- und Bildanalyse-basierten Verfahren unterschieden werden.

Die sensorgestützte Sortierung stellt nach dem Stand der Technik das zentrale Element der LVP-Sortierung dar. Sie basiert überwiegend auf der Kombination aus mechanischer Vereinzelung, sensorischer Erkennung und aktiver Ausschleusung einzelner Objekte. Als Basistechnologie ist die Nahinfrarotspektroskopie (NIR) etabliert, welche die

Identifikation polymerbasierter Materialien anhand ihrer charakteristischen spektralen Signaturen im Wellenlängenbereich > 780 nm ermöglicht und die Grundlage der heutigen Sortierung von Kunststoffen in LVP-Anlagen bildet. Ergänzend werden visuelle Sensoren eingesetzt, um Farbe, Transparenz oder Oberflächenmerkmale zu erfassen. Die physikalische Abtrennung nach der Identifizierung erfolgt in der Regel über angesteuerte Druckluftventile, die sich auf einer Leiste in der Bandübergabe kurz hinter der Detektionseinheit befinden.

Grenzen der NIR-basierten Differenzierung nach Format

Abbildung 8 zeigt einen Vergleich der NIR-Referenzspektren von PET-Flaschen und PET-Schalen. Die Darstellung verdeutlicht, dass sich die spektralen Signaturen beider Verpackungsformate im NIR-Wellenlängenbereich sehr ähnlich sind; charakteristische Absorptionsbanden des PET-Polymers treten fast deckungsgleich und mit nur geringen Intensitätsunterschieden auf.

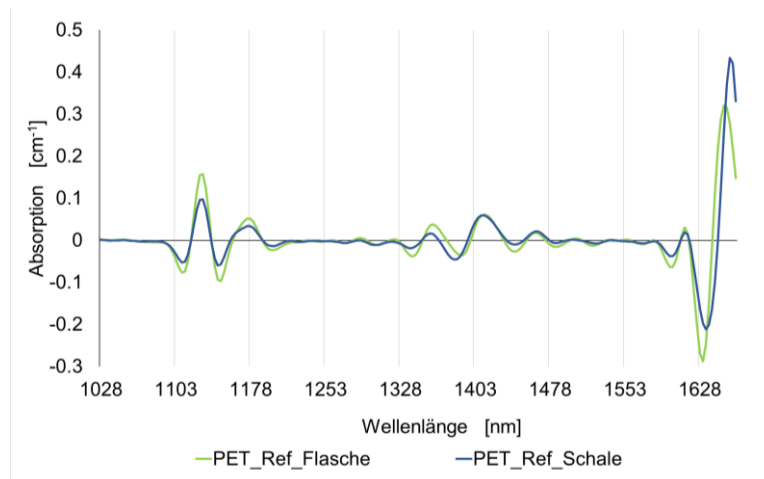


Abbildung 8: Vergleich Referenzspektren - PET-Flasche (grün) und PET-Schalen (blau)

Diese hohe spektrale Ähnlichkeit ist materialbedingt und zeigt, dass die NIR-Spektroskopie eine zuverlässige Identifikation von PET als Kunststoffart erlaubt, jedoch keine sichere Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Formaten desselben Polymers ermöglicht. Die in der Abbildung erkennbaren Unterschiede sind gering und unter Praxisbedingungen – etwa bei verschmutztem, bedrucktem oder deformiertem Post-Consumer-Material – nicht gesichert abgrenzbar.

NIR-Detektion | Transparente PET-Schale mit transparenter PO-basierter Oberfolie – zugeklappt

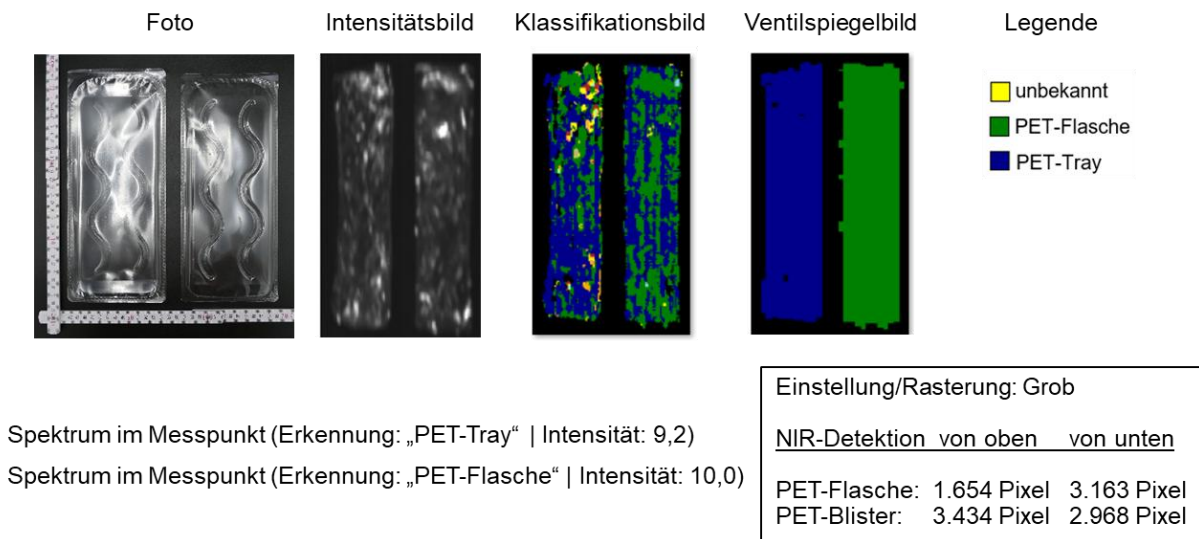


Abbildung 9: Praxisbeispiel für die Grenzen der NIR-basierten Sortierung. Transparentes PET-Tray mit einer PO-basierten Oberfolie im zugeklappten Zustand, aufgenommen von der Ober- und Unterseite

Das in Abbildung 9 gezeigte Beispiel verdeutlicht diese Grenzen der rein NIR-basierten Sortierung. Ein transparentes PET-Tray mit PO-Oberfolie wird je nach betrachteter Seite unterschiedlich klassifiziert: Während eine Seite korrekt als PET-Thermoform erkannt wird, wird die andere teilweise als PET-Flasche fehlklassifiziert. Ursache sind Überlagerungen durch die Oberfolie sowie geometrische und optische Effekte, die das Messspektrum des Basismaterials verzerren. Die Klassifikationsbilder zeigen zudem eine starke Pixel-Heterogenität mit unbekannten oder falsch zugeordneten Bildpunkten.

Da die Objekte auf dem Förderband liegend die NIR-Kamera passieren, beeinflussen Lage und Orientierung das Ergebnis im Einzelfall entscheidend. In der Praxis führt dies häufig insbesondere in den Cleaner-Stufen zu konservativen Einstellungen/Entscheidungen und damit zur Zuordnung zum jeweiligen Abweisstrom der Trennstufe.

Insgesamt wird deutlich, dass die hochwertige sortenreine Sortierung von PET-Schalen nach dem Stand 2026 weniger an der Erkennung von PET scheitert, sondern vielmehr an der fehlenden Trennschärfe zwischen unterschiedlichen PET-Verpackungsformen. Multilayer, Oberfolien, Etiketten, unterschiedliche Wandstärken und variierende Geometrien können instabile Klassifikationen verursachen. Daher gewinnen erweiterte Sortiertechnologien an Bedeutung, die zusätzliche Informationen über das reine Materialspektrum hinaus liefern. Gleichzeitig nimmt auch die Relevanz recyclinggerechter Verpackungsgestaltungen weiter zu, worauf in Kapitel 6 näher eingegangen wird.

Bildbasierte Sensorik und KI-gestützte Objekterkennung

Ein zentraler Ansatz zur Überwindung der Grenzen der NIR-Erkennung ist der Einsatz bildgebender Sensorsysteme mit Objekterkennung. RGB-Kameras erfassen Merkmale wie Farbe, Kontur, Oberfläche und Geometrie in der 2-D-Bildanalyse und ermöglichen so eine differenziertere Auswertung als die im Wesentlichen rein materialbasierte NIR-Klassifikation des Reflexionsspektrums. 3D Lasertriangulation bietet die zusätzliche Option, diese Daten um Höhen- und Volumeninformationen zu ergänzen.

Die Auswertung erfolgt zunehmend über KI-basierte Klassifikationsmodelle, die Verpackungen auf Basis großer Sensor-Datensätze präzise einzelnen Kategorien bis hin zur Unterscheidung von Marken zuordnen kann.

In der Praxis werden solche Verfahren als multisensorische Sortiersysteme eingesetzt: NIR liefert die Materialerkennung, während RGB- und ggf. 3-D-Kamera die Daten für die KI – generierte Detailklassifizierung erfassen.

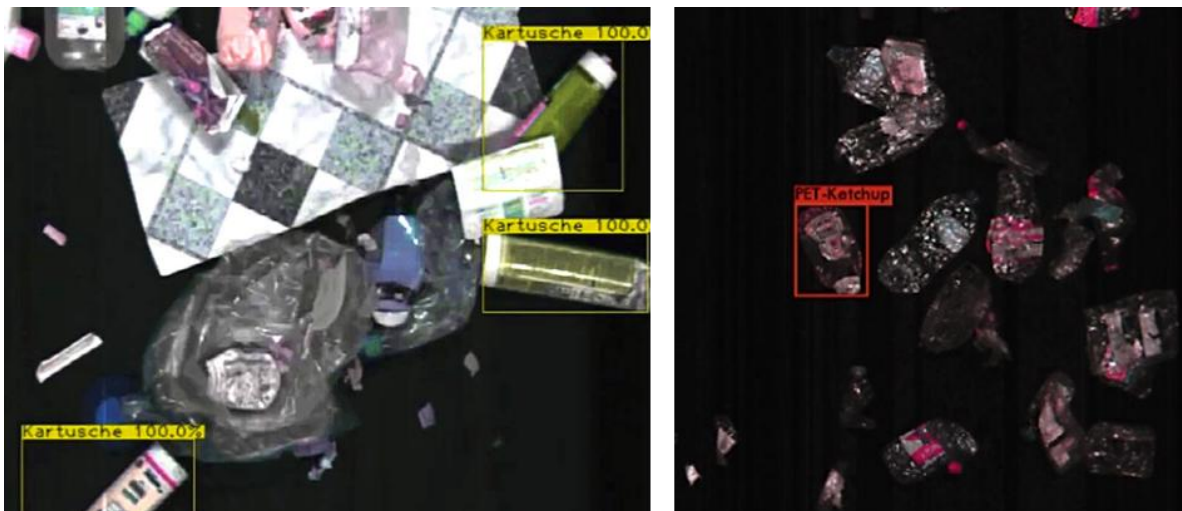


Abbildung 10: Beispielhafte Aufnahmen für AI-gestützte Objekterkennung

Quelle 1: <https://steinertglobal.com/de/sortiersysteme/sensorsortierung/nir-sortiersysteme/unisort-pr/>

Quelle 2: <https://steinertglobal.com/de/cirrec/>

KI-gestützte Objekterkennung wird bereits in einigen Sortieranlagen eingesetzt und entweder als integrierte Funktion in NIR-Sortiermaschinen oder über individuell installierte Sortierroboter realisiert. Anwendungsbeispiele sind unter anderem die Trennung von PET-Schalen und PET-Flaschen. Insgesamt ist rund ein Drittel der gesamten Sortierkapazität mit Objekterkennung ausgestattet. Innerhalb dieser innovativen Sortierkapazität entfallen 29 % der zusätzlich erzeugten Sortierfraktionen auf PET. Darüber hinaus wird die innovative Sortierung von PET von etwa 75 % der Anlagen als potenzielle Nachrüstmaßnahme eingeschätzt. [13]

3.2.2 Spezifikationen

Bei den qualitativen Vorgaben an die Sortierfraktion PET-Schalen ist zwischen Sortierspezifikationen und den Inputspezifikationen einzelner Verwerter zu unterscheiden.

Sortierspezifikationen werden von den PROs festgelegt. Diese bestimmen mehr oder weniger verbindlich, welche Fraktionen erzeugt werden und welche Anforderungen an Reinheiten und bezüglich einzelner Verunreinigungen gelten. Damit setzen sie den Rahmen für den Betrieb von Sortieranlagen. Die individuellen Inputspezifikationen definieren hingegen die konkreten Eingangskriterien einzelner PET-Schalen-Aufbereiter. Sie sind meist enger gefasst, da sie sich an den technischen und ökonomischen Randbedingungen der jeweiligen Anlage und den spezifischen Anforderungen an die vorgesehene Rezyklatanwendung orientieren.

Tabelle 16 zeigt die Anforderungen an PET-Schalen-Sortierfraktionen in verkürzter Form. Neben der Reinheit (hier: PET-Schalen-Anteil) sind der jeweils zulässige PET-Flaschen-Anteil sowie die summarische Obergrenze an nicht spezifikationsgerechten Komponenten gegenübergestellt.

	Spezifikation	Land	PET-Schalen	PET-Flaschen	PET allgemein	Verunreinigungen	Bemerkungen, Quelle
SYSTEMSPEZIFIKATION	DSD Spez. 328-6	Deutschland	≥ 90 %	≤ 5 %	-	≤ 9 %	328-6 bei DSD nicht offiziell gelistet (im Gegensatz zu 328-5)
	DSD Spez. 328-5	Deutschland	≥ 75 %	≤ 20 %	-	≤ 17 %	
	Fost Plus PETT	Belgien	≥ 90 %	≤ 6 %	-	≤ 10 %	Tablettenblisters ≤ 2 %
	Corepla SELE-VPET/C	Italien	-	≤ 15 %	-	≤ 11,5 %	Multilayer-Verpackungen explizit unter Verunreinigungen gelistet
	KIDV	Niederlande	≥ 80 %	≤ 20 %	-	≤ 6 %	
	ARA/Brantner Nr. 499 "PET sonstige Flaschen"	Österreich	akzeptiert	akzeptiert: "Nicht-Getränke-Flaschen, alle Farben, transparent und durchgefärbt"	-	≤ 5 %	Keine Spezifikation speziell für Trays
	Ecoembes PET	Spanien	-	-	≥ 95,5 %	≤ 4,5 %	Keine Spezifikation speziell für Trays
	APA	Portugal	Trays sind bei der allgemeinen PET-Sammlung ausgeschlossen				Keine Spezifikation speziell für Trays
ANLAGEN	Cirrec Eingangsspezifikation	-	≥ 95 %	≤ 5 %	-	-	Quelle: Interview
	Sulayr Eingangsspezifikation	-	≥ 85 %	≤ 15 %	-	< 5,5 %	Quelle: Interview
	Repetco Eingangsspezifikation	-	≥ 85 %	≤ 15 %	≥ 95 %	-	Quelle: Interview

Tabelle 16: Spezifikationen zu „PET, other rigids“ – System- und Anlagenspezifikationen

Die Übersicht zeigt große Unterschiede: Einige PROs definieren bereits spezifische Schalenfraktionen mit Mindestanteilen für PET-Schalen, andere erlauben sie als zulässig in PET-Flaschenfraktionen oder als Komponente von PET-Nicht-Flaschenfraktionen.

Evident ist auch die Diskrepanz von den geforderten Reinheiten der Sortierspezifikationen zu den Qualitäten, die die Recycler voraussetzen.

Die fehlende Harmonisierung der Systemspezifikationen erschwert eine gezielte Sortierung von PET-Schalen und begrenzt die Verfügbarkeit geeigneter Eingangsmaterialien für ein Tray-to-Tray-orientiertes mechanisches Recycling.

Zusammenfassend stellt die Sortierung einen zentralen Engpass im Tray-to-Tray-Recycling von PET-Schalen dar. Nach dem Stand 2026 basiert sie weiterhin überwiegend auf NIR-gestützter Materialerkennung, die für PET-Flaschen etabliert ist, für PET-Thermoforms jedoch an physikalische und systemische Grenzen stößt. Die hohe spektrale Ähnlichkeit von PET-Flaschen und PET-Schalen sowie komplexe Verpackungsaufbauten führen zu instabilen Sortierergebnissen und erschweren die Bereitstellung hochwertiger Schalenfraktionen.

3.3 Mechanisches Recycling

Das mechanische Recycling stellt nach dem Stand der Technik den dominierenden Verwertungsweg für sortierte PET-Schalenfraktionen dar. Im in Abbildung 11 dargestellten Tray-to-Tray-Kreislauf bildet es die zentrale Umsetzungsstufe zwischen der Sortierung von PET-Schalen und der erneuten Anwendung der gewonnenen Rezyklate. In dieser Phase werden die aus der Sortierung bereitgestellten Materialströme entweder in eine stofflich hochwertige Verwertung überführt oder Qualitätsverluste begrenzen eine Nutzung in anspruchsvollen Anwendungen.

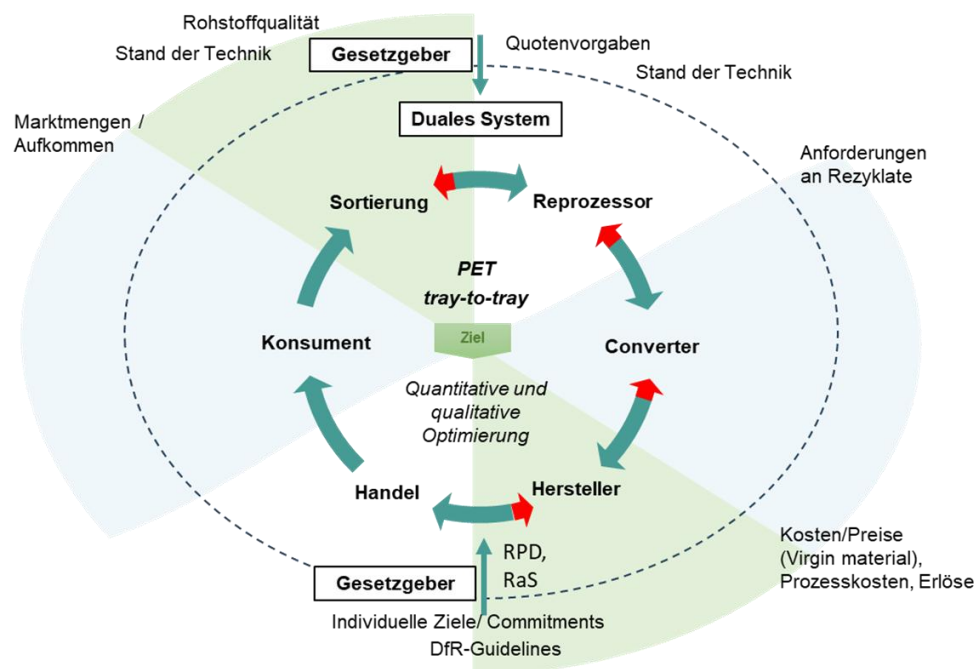


Abbildung 11: Idealtypischer Stoff- und Wirkungszusammenhang eines geschlossenen PET-Schalen-zu-Schalen-Recyclingkreislaufts („Tray-to-Tray“). Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Akteuren, technischen Prozessschritten sowie regulatorischen und ökonomischen Einflüssen

Das mechanische Recycling umfasst alle physikalisch-mechanischen Prozessschritte zur Aufbereitung sortierter PET-Schalenfraktionen, einschließlich Zerkleinerung, Waschprozesse, Trennung von Fremdstoffen sowie der anschließenden Regranulierung. Ziel ist die Herstellung eines Rezyklats, das sowohl die materialtechnischen Anforderungen der Weiterverarbeitung als auch die qualitativen Anforderungen der jeweiligen Anwendung erfüllt. Beide Anforderungen sollen möglichst in einem hohen Maße der PET-Neuware entsprechen, die typischerweise für PET-Schalen verwendet wird. Idealerweise würde die Qualität des Rezyklats der Neuware entsprechen. Die erreichbare Rezyklatqualität hängt dabei maßgeblich von der Reinheit der Eingangsmaterialien sowie vom Anteil an Fremdpolymeren, Verbundstrukturen und funktionalen Additiven ab.

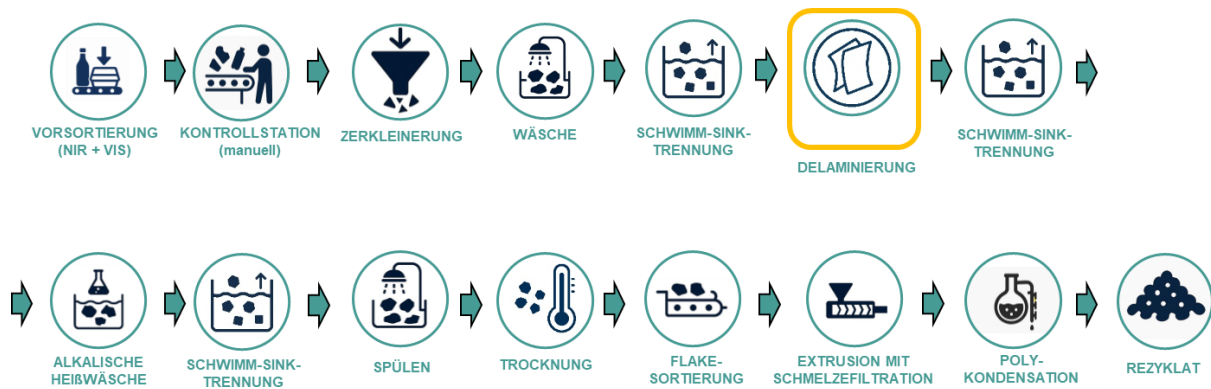


Abbildung 12: Typische Prozessschritte des mechanischen Recyclings von PET-Schalen in einem Tray-to-Tray-Kreislauf nach dem Stand der Technik – von der Vorsortierung sortierter PET-Schalenfraktionen bis zur Herstellung eines PET-Rezyklats in industriellen Aufbereitungsanlagen

Abbildung 12 zeigt typische Prozessschritte des mechanischen Recyclings von PET-Schalen im Kontext eines Tray-to-Tray-Kreislaufs nach dem Stand der Technik. Während grundlegende Verfahrensschritte wie Waschen und Schwimm-Sink-Trennung auch aus dem Flaschenrecycling bekannt sind, erfordert das Recycling von PET-Schalen aufgrund im Vergleich zu PET-Flaschen komplexerer Materialaufbauten (bspw. Mehrschichtsysteme, Oberfolien, Beschichtungen oder funktionale Additive) zusätzliche Aufbereitungsschritte.

Diese Verbundstrukturen beeinflussen die Qualität des Rezyklats maßgeblich und können im konventionellen mechanischen Recycling meist nicht vollständig entfernt werden. Die Delaminierung gewinnt daher als zusätzlicher Schritt beim mechanischen Recycling von PET-Schalen an Bedeutung. Sie trennt mehrschichtige Verpackungen wie PET/PE oder PET/PE/EVOH in ihre Hauptkomponenten, reduziert Fremdpolymeranteile und verbessert so Reinheit und Verarbeitbarkeit von rPET.

Die Notwendigkeit eines Delaminierungsschrittes ergibt sich vor allem aus der hohen Marktbedeutung mehrschichtiger PET-Schalen. Die Recherche zum Aufkommen von PET-Schalen in Deutschland und der EU zeigt einen rückläufigen Marktanteil von Multilayer-Schalen. Dennoch machen diese in Deutschland weiterhin rund ein Drittel des Gesamtaufkommens aus. Diese lassen sich im konventionellen mechanischen Recycling nur eingeschränkt zu sortenreinem PET verarbeiten. Gleichzeitig erhöht jedoch die Integration der Delaminierung die Komplexität der Anlage und stellt zusätzliche Anforderungen an Prozessführung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit.

Zusätzlich zu der Abbildung 12 zeigten die Interviewergebnisse den Einsatz spezieller Technologien in den Recyclinganlagen, darunter SSP- bzw. LSP-Verfahren zur Nachkondensation, zweistufige IR-Wärmer zur effizienten Erwärmung bzw. Trocknung, Liquid-Extrusionssysteme zur direkten Verarbeitung sowie Trennaggregate wie Zick-Zack-Sichter und Hydrozyklone als Alternativen zur Schwimm-Sink-Trennung; ergänzend werden integrierte Aufbereitungslösungen, etwa von EREMA, eingesetzt.

Zur praxisnahen Einordnung des Tray-to-Tray-Recyclings von PET-Schalen wurden in der Studie vier Recyclinganlagen betrachtet: CIRREC (Niederlande), Sulayr (Spanien), REPETCO (Spanien) und Veolia UK (Vereinigtes Königreich). Diese Anlagen repräsentieren unterschiedliche industrielle Ansätze und Entwicklungsstände des PET-Schalen-Recyclings, wie sie in der Übersicht in Tabelle 17 dargestellt sind.

				
Standort	Duiven, Niederlande	Valle del Zalabí (Granada), Spanien	Albacete, Spanien	Battlefield (nahe Shrewsbury), England
Inbetriebnahme	2018 (erste Linie) 2024	2009 2024 (zweites Werk)	März 2023	Anfang 2026 (geplant)
Nennkapazität (Input)	> 60 kt/a	45 – 60 kt/a	100 kt/a	80 kt PET- Verpackungen pro Jahr mit PET-Tray- Anteil
Besonderheiten im Prozess	Friktionale Delaminierung von mehrlagigen PET/PE Materialien	Delaminierung von mehrlagigen PET/PE-Materialien	Delaminierung von mehrlagigen PET/PE Lebensmittel- verpackungen	-
Rezyklate	rPET-Pellets, food- grade	rPET-Flakes (Pellets nur extern)	rPET-Pellets, food- grade und rPE	-

Tabelle 17: Recyclinganlagen mit dem Tray-to-Tray-Recycling von PET-Schalen

CIRREC betreibt seit 2018 am Standort Duiven (Niederlande) eine Anlage zur Verarbeitung von PET-Schalen mit einer Nennkapazität von rund 60.000 t pro Jahr, die rPET-Pellets für hochwertige Anwendungen erzeugt.

Sulayr ist seit 2009 im PET-Schalen-Recycling aktiv und betreibt in Spanien zwei Werke mit einer kombinierten Kapazität von etwa 45.000 bis 60.000 t pro Jahr, die auf mehrschichtige PET-Verpackungen ausgelegt sind und integrierte Delaminierungsprozesse einsetzen, wobei neben rPET auch rLDPE als Nebenprodukt anfällt.

REPETCO betreibt seit 2023 eine Anlage in Albacete (Spanien) mit einer Nennkapazität von rund 100.000 t pro Jahr, die mehrschichtige PET/PE-Lebensmittelverpackungen mittels Delaminierung verarbeitet und rPET-Pellets sowie rPE herstellt.

Ergänzend plant Veolia UK den Aufbau einer Tray-to-Tray-Recyclinganlage nahe Shrewsbury (England) mit einer geplanten Gesamtkapazität von etwa 80.000 t pro Jahr, von der voraussichtlich ein begrenzter Anteil für die Verarbeitung von PET-Schalen vorgesehen ist.

Auf Basis der betrachteten Anlagen lässt sich eine Abschätzung der aktuell verfügbaren Inputkapazitäten für das mechanische Tray-to-Tray-Recycling von PET-Schalen vornehmen. Unter Berücksichtigung der angegebenen Anlagenkapazitäten sowie weiterer vorhandener Kapazitäten ergibt sich für den aktuellen Betrachtungszeitraum (Jahr 2025) eine verfügbare Gesamtkapazität von rund 235.000 bis 250.000 t pro Jahr für das mechanische Tray-to-Tray-Recycling von PET-Schalen (s. Abbildung 13/Abbildung 15). Die Anlage von Veolia UK wird in dieser Abschätzung nicht berücksichtigt, da sie sich derzeit noch im Aufbau befindet und zum betrachteten Zeitpunkt noch nicht in Betrieb ist.

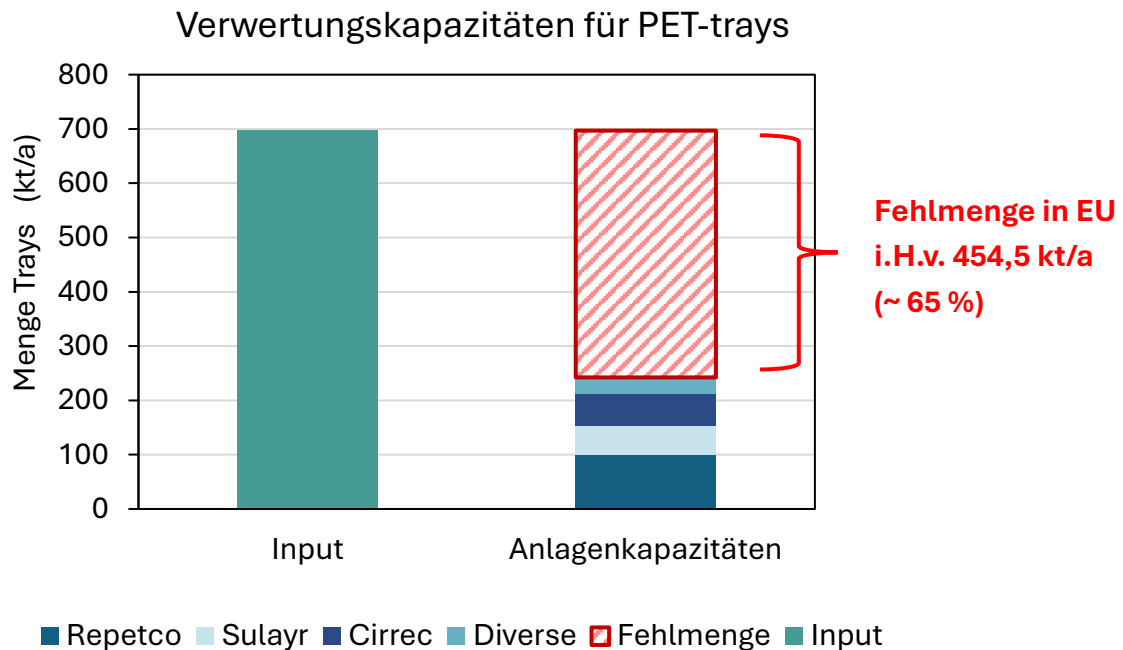


Abbildung 13: Ermittlung der bereits realisierte Verwertungskapazitäten in Europa und der daraus resultierenden europaweiten Fehlmenge

Die von der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung (GVM) durchgeführte Marktrecherche zeigt, dass in Europa im Jahr 2024 insgesamt 823 kt halbstarre PET-Verpackungen angefallen sind. Gemäß der Definition von „in großem Maßstab recycelten Verpackungsabfällen“ (*Recycling at Scale, RaS*) nach Artikel 3 Absatz 39 der PPWR muss sichergestellt werden, dass mindestens 55 % dieser Verpackungen rezykliert werden. Dies entspricht bei isolierter Betrachtung der Verpackungskategorie PET-Thermoforms einer Rezyklatproduktionsmenge von 452 kt PET-Flakes.



Abbildung 14: Ermittlung benötigter Inputkapazität von PET-Schalen

Bei einer durchschnittlichen perspektivischen Ausbeute von ambitionierten 65 % ergibt sich daraus ein erforderlicher Input von 697 kt PET-Trays. Da die derzeitige Gesamtkapazität der PET-Recycler bei 242,5 kt liegt, resultiert eine Kapazitätslücke von (mindestens) 454,5 kt pro Jahr.

Herausforderungen aus Sicht der Recycler

Aus Sicht der Recycler ist das mechanische Recycling von PET-Schalen mit einer Reihe regulatorischer, ökonomischer, infrastruktureller und technologischer Herausforderungen verbunden. Auf regulatorischer Ebene wird insbesondere die Ausgestaltung bestehender EPR-Systeme als unzureichend wahrgenommen, da diese ihren Fokus primär auf PET-Flaschen legen und PET-Schalen bislang nur nachrangig berücksichtigen. Gezielte Anreize für recyclinggerechtes Design von PET-Trays oder für den Einsatz von Rezyklaten fehlen weitgehend. Zudem erschweren unterschiedliche nationale Regelungen innerhalb Europas eine Harmonisierung der Sammel-, Sortier- und Recyclingströme, was die Skalierung des Tray-to-Tray Recyclings begrenzt.

In vielen Fällen ist PET-Neuware weiterhin kostengünstiger verfügbar als hochwertiges Rezyklat, was die Investitionsbereitschaft entlang der Wertschöpfungskette reduziert. Hinzu kommt eine eingeschränkte Marktstabilität für PET-Tray-Rezyklate, da langfristige Abnahmegarantien und verlässliche Absatzmärkte häufig fehlen. Diese Unsicherheit wirkt sich unmittelbar auf Investitionsentscheidungen in Recyclingkapazitäten aus.

Auch auf infrastruktureller Ebene bestehen aus Sicht der Recycler erhebliche Hemmnisse. Es mangelt an spezialisierten Anlagen, die sowohl über angepasste Sortiertechnologien als auch über geeignete Wasch- und Aufbereitungsverfahren für PET-Schalen verfügen. Der Aufbau entsprechender Kapazitäten ist mit hohen Investitionskosten verbunden und erfordert spezifisches Know-how, das bislang nur bei wenigen Akteuren vorhanden ist. Zusätzlich wirkt die fehlende Harmonisierung der Sammel- und Sortiersysteme in Europa als strukturelles Hindernis für einen effizienten und planbaren Anlagenbetrieb.

Technologisch stellt insbesondere die Heterogenität des Post-Consumer-Materials eine zentrale Herausforderung dar. PET-Schalen liegen in unterschiedlichen Ausprägungen

vor, etwa als Mono- oder Multilayer-Verpackungen sowie in variierenden Farb- und Materialkombinationen. Diese Vielfalt erschwert eine konsistente Sortierung und Aufbereitung. Besonders anspruchsvoll ist die Delaminierung mehrschichtiger Strukturen, insbesondere bei Verbunden mit Copolyestern, da diese aufgrund ihrer thermischen und mechanischen Eigenschaften im mechanischen Recycling nur begrenzt beherrschbar sind und sich negativ auf die Rezyklatqualität auswirken können.

Anlagenspezifikationen

Die genannten Herausforderungen ergeben sich aus dem Zusammenspiel mehrerer Faktoren entlang der Wertschöpfungskette und bündeln sich an zentralen Schnittstellen, unter anderem in der Schnittstelle mit der Sortierung. Da sich diese Einflussgrößen maßgeblich in den Anforderungen an das eingesetzte Inputmaterial widerspiegeln, wird im Folgenden näher auf die Anlageneingangsspezifikationen eingegangen.

Im Gegensatz zu den Spezifikationen der PRO's beschreiben Spezifikationen der Verwerter die konkreten Eingangsvoraussetzungen einzelner Recyclinganlagen und sind unmittelbar an die verfahrenstechnischen Möglichkeiten, die Zielprodukte und die wirtschaftlichen Randbedingungen der jeweiligen Anlage gekoppelt. Die in Tabelle 18 dargestellten Anlagenspezifikationen basieren auf Interviews mit den jeweiligen Anlagenbetreibern.

Spezifikation	PET-Schalen	PET-Flaschen	PET allgemein	Verunreinigungen
CIRREC Eingangsspezifikation	≥ 95 %	≤ 5 %	-	-
Sulayr Eingangsspezifikation	≥ 85 %	≤ 15 %	-	< 5,5 %
REPETCO Eingangsspezifikation	≥ 85 %	≤ 15 %	≥ 95 %	-

Tabelle 18: Anlagenspezifikationen

Ergebnisse zeigen, dass Recyclinganlagen im Tray-to-Tray-Recycling in der Regel deutlich höhere Anforderungen an die Zusammensetzung der PET-Schalenfraktion stellen, als dies auf Systemebene der Fall ist (s. Kapitel 2.2.3). Während Systemspezifikationen häufig Mindestanteile von etwa 75 - 90 % PET-Schalen zulassen, fordern betrachtete Recyclinganlagen Eingangsmaterialien mit PET-Schalenanteilen von ≥ 85 % bis ≥ 95 %. Gleichzeitig werden zulässige Anteile an PET-Flaschen und sonstigen Verunreinigungen deutlich stärker begrenzt. Laut den Interviewergebnissen akzeptiert keine der oben genannten Anlagen PET-Flaschen; diese werden bereits in der Vorsortierung ausgeschleust.

Diese strengeren Anforderungen resultieren aus der Notwendigkeit, einen möglichst stabilen und reproduzierbaren Inputstrom sicherzustellen. Insbesondere für hochwertige Anwendungen im Tray-to-Tray-Recycling können sich bereits geringe Anteile von Fehlwürfen oder Fremdpolymeren negativ auf die Rezyklatqualität auswirken. Anlagenspezifikationen dienen daher nicht nur der technischen Absicherung des Recyclingprozesses, sondern auch der Sicherstellung der Produktqualität und der Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs.

Insgesamt machen die Anlagenspezifikationen deutlich, dass die Anforderungen der Aufbereiter häufig über die Vorgaben der Sortiersysteme hinausgehen. Daraus ergibt sich eine strukturelle Herausforderung an der Schnittstelle zwischen Sortierung und Recycling, an der Abweichungen zwischen System- und Anlagenspezifikationen entstehen können.

3.4 Alternative Verfahren (Fraunhofer IBP)

Neben dem mechanischen Recycling als dominantes Verwertungsverfahren für PET-Schalen, soll die vorliegende Studie darüber hinaus chemisch-physikalische sowie thermochemische Recyclingoptionen für PET-Kunststoff systematisch erfassen, ihren Entwicklungsstand beschreiben und nach Technologie-Reifegrad (Technology Readiness Levels, kurz TRL 1 bis 9) klassifizieren. Die betrachteten Recyclingverfahren sind im Einzelnen: Pyrolyse, Hydrierung, selektive Löseverfahren und Depolymerisation. Die Basisrecherche analysiert die jeweiligen Verfahrensprinzipien, Prozessschritte, eingesetzten Materialien und Endprodukte, dokumentiert die TRL-Bewertung anhand definierter Kriterien und führt ein Grobscreening des ökologischen Fußabdrucks (insbesondere des Carbon Footprints) auf Basis sekundärer Datenquellen wie wissenschaftlicher Literatur und Ökobilanzdatenbanken mit Fokus auf chemischem Recycling von PET durch. Sie identifiziert potenzielle Umwelthotspots und fasst die Ergebnisse in einem konsolidierten Bericht zusammen, der als Grundlage für weitere Technologie- und Strategieentscheidungen sowie der Entwicklung von Zukunftsszenarien dient.

3.4.1 Durchführung der Recherche

3.4.1.1 Methoden und Datenquellen

Um die chemischen Recyclingverfahren systematisch analysieren zu können, wurden zunächst Analyse Kriterien festgelegt, nach denen die Verfahren untersucht wurden. Diese decken die für diese Studie wichtigen Aspekte der Recyclingverfahren ab und dienen als Datenbasis für die Anfertigung der Technologiebeschreibung und für die Einordnung der Technologiereife. Für die Recherche wurden Suchkriterien festgelegt und diese sowohl in wissenschaftlichen Datenbanken wie auch nicht-wissenschaftlichen Datenbanken verwendet und Interviews mit Experten der Branche durchgeführt. Die gesammelten Informationen wurden analysiert und für die Erstellung dieses Kapitels aufbereitet.

Zur Recherche in der wissenschaftlichen Literatur wurden wissenschaftliche Datenbanken genutzt. Die Suche wurde im November 2025 primär mit der Datenbank Scopus (Elsevier) durchgeführt sowie ergänzend über Google Scholar. Die verwendeten Suchbegriffe umfassen Kombinationen aus Begriffen für das Material (z.B. „PET“ und „Polyethylene terephthalate“) und den betrachteten Verfahren. Die Verfahrensbezeichnungen wurden gemäß Tabelle 19 verwendet.

Suchbegriffe Verfahren	Zusatzsuchbegriff	Scopus Treffer
Depolymerisation		1170
Hydrolysis	-	2318
	Enzymatic	412
	Alkaline	296
	Acidic	80
Glycolysis		3959
Methanolysis		132
Aminolysis		215
Alcoholysis		171
Solvolyysis		50
Pyrolysis		1098
Debonding		73
Delamination		229
Hydrogenolysis		65
Hydrogenation		163 (viele Treffer medizinischer Kontext)

Tabelle 19: Verwendete Suchbegriffe für Verfahren und Auswertung Anzahl Treffer in wissenschaftlicher Suchmaschine Scopus

Bei den Treffern wurden zunächst der Titel und Abstract gescreent, um die Relevanz der Literatur hinsichtlich des Ziels einzuschätzen. Die als relevant eingeschätzten Publikationen wurden auf die zu Beginn festgelegten Auswertungskriterien analysiert. Die Ergebnisse wurden für die Verfahrensvarianten gesammelt und die Auswertungskriterien herangezogen, um eine Einschätzung der Technologiereife durchzuführen.

Darüber hinaus wurde nicht-wissenschaftliche Literatur analysiert. Hierfür wurden insbesondere für die in der wissenschaftlichen Literatur und in Experteninterviews genannten Verfahren und Akteure eine weiterführende Internetrecherche durchgeführt. Hierfür wurden Suchmaschinen (Google) und wenn verfügbar Website von Unternehmen und weiteren Akteuren in der Branche durchsucht, um weitere Informationen aus Webquellen und grauer Literatur zu sammeln und analysieren.

3.4.2 Erkenntnisse aus Recherche

Seit etwa 2020 ist eine deutliche Zunahme der Veröffentlichungen in der wissenschaftlichen Literatur zum chemischen Recycling von PET zu beobachten. Gleichzeitig decken die wissenschaftlichen Veröffentlichungen eher niedrige Technologie-Reifegrade von typischerweise TRL 3 bis 5 ab. Verfahren mit höheren TRL sind in der wissenschaftlichen Literatur deutlich weniger beschrieben, wodurch sich eine Lücke zwischen praxisnahen Entwicklungen und wissenschaftlicher Dokumentation ergibt. Die zur Verfügung stehenden Informationen variieren in der wissenschaftlichen Literatur stark mit der Technologiereife. Teilweise liegen Verfahrensflussdiagramme sowie Angaben zur Qualität von Input- und Output-Strömen vor, in einigen Fällen sind auch quantitative Umweltinformationen vorhanden. Hinsichtlich Daten zur Nachhaltigkeit sind die öffentlich verfügbaren Informationen häufig eingeschränkt, z.B. unklare oder nicht vergleichbare Systemgrenzen, und damit nur begrenzt nachvollziehbar. Für manche Verfahren liegen detaillierte Umweltinformationen basierend auf Ökobilanzstudien (Life Cycle Assessment) vor, die durch die Verfahrensbetreiber veröffentlicht wurden.

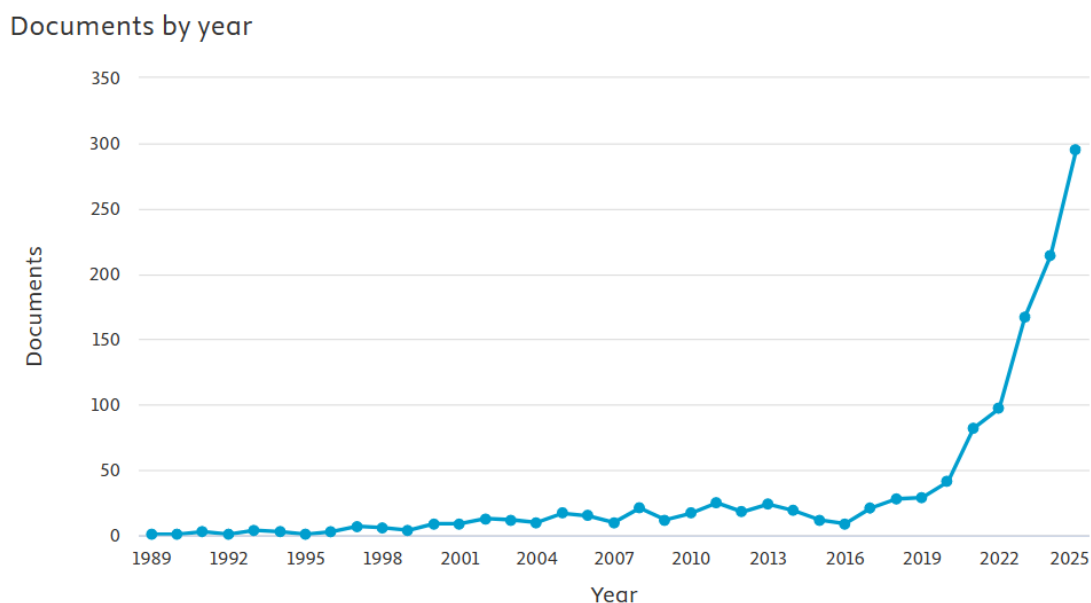


Abbildung 15: Anzahl Treffer bei Scopus mit den Suchbegriffen „PET AND depolymerisation“, Stand Februar 2026

3.4.3 Übersicht Verfahrenskonzepte und Einordnung nach TRL

Eine detaillierte Übersicht der untersuchten alternativen chemischen Verfahrenskonzepte ist aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang 9.1 dieses Berichts zu finden. Sie umfasst eine Beschreibung der Prozesse, Informationen zu Input- und Output-Strömen, sowie Vor- und Nachteile der Verfahren.

Das Konzept der "Technology Readiness Levels (TRL) Definitions" (Referenz EU) beschreibt das TRL-System in neun Stufen, die von der Grundlagenforschung (TRL 1) bis zur vollständigen Systemanpassung und dem kommerziellen Einsatz (TRL 9) reichen. Diese Klassifikation hilft, den Fortschritt und die Kommerzialisierung von Recyclingtechnologien wie der Depolymerisation von PET systematisch zu bewerten. Wichtige Aspekte sind hierbei das Ziel der aktuellen Entwicklungsarbeiten, wie Grundlagenforschung, Machbarkeit und Konzeptentwicklung, Demonstration, Pilotisierung, Qualifizierung und industrielle Nutzung. In Abbildung 16 sind die TRL-Stufen für Verfahren und Produkte durch das Fraunhofer IGB dargestellt [14]. Diese bildet die Grundlage für die Einordnung der Verfahrenskonzepte.

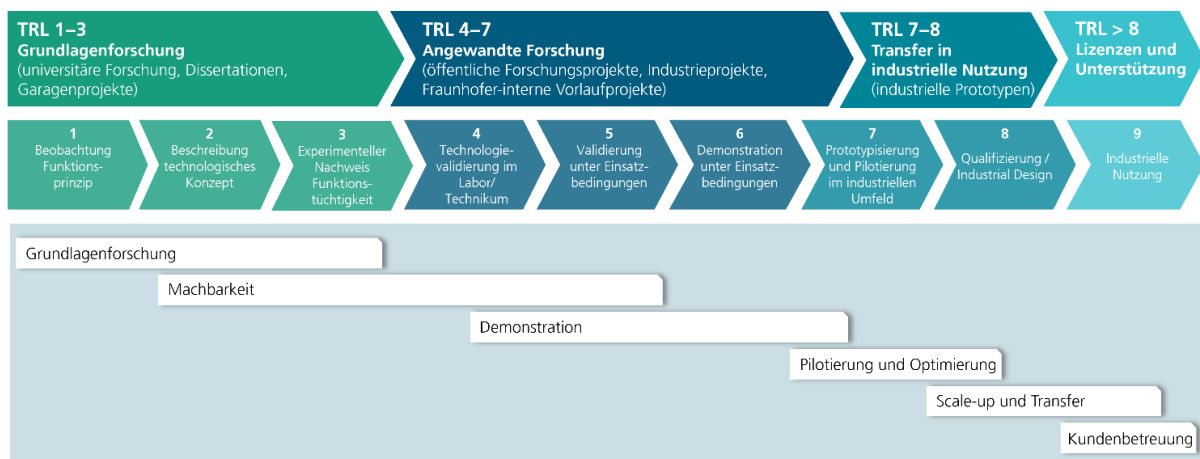


Abbildung 16: Beschreibung der TRL-Stufen © Fraunhofer IGB [12]

Die folgende Tabelle stellt die betrachteten Verfahrenskonzepte für chemisch-physikalischen Recyclingverfahren, ihre Anwendung und relevante Akteure dar und bietet eine Einordnung dieser in die vorgestellten TRL. Eine Übersicht über geplante und in Betrieb genommene Anlagen zum chemischen Recycling von Kunststoffen in Europa wurde durch das Fraunhofer UMSICHT im Oktober 2025 als interaktive Karte veröffentlicht [15].

Verfahrens-konzept	Verfahrensaspekte			Einordnung nach TRL	
	Transfer in industrielle Nutzung	Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	Beispiele für relevante Verfahren und Akteure	Maximales TRL	Einschätzung basierend auf
Pyrolyse	Ja	Industrielle Nutzung	• Carboliq • OMV • Plastic Energy • Arcus Greencycling	9	Verfahrensbeschreibung
Gasifizierung	Nein	Demonstration	-	5	Verfahrensbeschreibung
Hydrierung	Nein	Experimenteller Nachweis	-	3	Verfahrensbeschreibung
Selektive Löseverfahren	Ja	Transfer in industrielle Nutzung	• PureCycle (Procter & Gamble) • Newcycling® (LYB Solvent Recycling GmbH, ehemals APK AG) • Creavsol® (Fraunhofer IVV)	6 bis 8	Anlagen für Polyolefine im Industriemaßstab in Betrieb: TRL 7-8; Demonstration für PET als Zielpolymer: TRL 6 (Angaben Entwickler Creavsol®, Fraunhofer IVV)
Depolymerisation – Hydrolyse	Ja	Prototypisierung, Qualifizierung/ Industrial Design,	• revolPET® (matterr) • MADE (Gr3n, DEMETO) • DePoly	6 bis 7	Industrielle Demonstrations- und Pilotanlagen in Betrieb (revolPET®, MADE) und Planung (DePoly)
Depolymerisation – Enzymatische Hydrolyse	Ja	Transfer in industrielle Nutzung	• Carbios • ESTER Biotech	7 bis 8	Demonstrationsanlage von Carbios seit 2021 in Betrieb, kommerzielle Anlage in Planung
Depolymerisation – Solvolyse	Ja	Qualifizierung/ Industrial Design, Industrielle Nutzung	• Eastman (Methanolyse) • Fraunhofer IFAM (Glykolyse) • Ioniqa (Glykolyse) • Rewind® PET (Glykolyse) • SK Chemicals (Glykolyse)	8 bis 9	Verfahrens- und Anlagenbeschreibungen, Eigenangaben Entwickler
Mechanisches Recycling inkl. Delaminierung/ Debonding	Ja	Industrielle Nutzung	• Diverse Unternehmen	9	Etabliert für Abfallfraktionen hoher Reinheit z.B. PET-Flaschen

Tabelle 20: Einordnung der chemisch-physikalischen Recyclingverfahren für PET nach TRL

3.4.4 Grobscreening ökologischer Fußabdruck

Für die betrachteten Verfahren sind derzeit nur grobe Einschätzungen der Umweltwirkungen möglich, da genaue Prozessdaten für den industriellen Maßstab fehlen. Grundsätzlich liegen zu allen Verfahren Informationen zu ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten vor, wobei die Ökobilanz (LCA) als wichtigste Methode zur Bewertung des ökologischen Fußabdrucks gilt. Für einige Verfahren sind umfassende und gut dokumentierte, externe begutachtete LCA-Studien mit mehreren Wirkungsindikatoren verfügbar, wie beispielsweise die ISO 14040 und 14044 konforme und kritisch geprüfte LCA-Studie des Methanolyse-Verfahrens von Eastman, jedoch mit der Einschränkung des geografischen Bezugs für Nordamerika [16]. Auch für das ChemCycling®-Verfahren zur Pyrolyse der BASF SE ist eine solche normkonforme Ökobilanzstudie mit kritischer externer Prüfung verfügbar [17]. Carbios verweist in ihrem Nachhaltigkeitsbericht für 2024 auf eine ISO 14040 und 14044 konforme und kritisch geprüfte LCA-Studie hin, die jedoch zum Zeitpunkt der Recherche nicht öffentlich verfügbar ist [18]. Häufig werden von Unternehmen für Verfahren in höheren Technologiereifegraden Angaben zur ökologischen Nachhaltigkeit veröffentlicht, beispielsweise auf Websites und in Informationsblättern, häufig beschränken sie sich jedoch auf den Product Carbon Footprint (PCF) und zeichnen sich durch eine geringe, unvollständige und fehlende Dokumentation von Ziel und Untersuchungsrahmen, der betrachteten Prozesse, genutzten Datenquellen und angewandter Methodik aus, so dass sie nur sehr eingeschränkt für eine Bewertung der Verfahren nutzbar sind. In der wissenschaftlichen Literatur sind zu verschiedenen chemischen Recyclingverfahren Ökobilanzstudien mit guter Dokumentation der betrachteten Prozesse und Ökobilanzierung vorhanden [17, 19-30]. Diese unterscheiden sich stark hinsichtlich der Skalierung der betrachteten Verfahren und bilden häufig eine Projektion der Entwicklungsstände von Verfahren in mittleren TRL in der angewandten Forschung ab. In der LCA-Datenbank *Managed LCA Content* von Sphera sind keine aggregierten Datensätze für PET aus chemischem Recycling oder Prozessdatensätze für die Gewinnung von Monomeren aus PET-Abfällen vorhanden, jedoch für die Gewinnung von Pyrolysegas bzw. -öl [31].

Der Großteil der verfügbaren LCAs zeigt sehr deutliche Vorteile von chemisch recyceltem PET gegenüber der Primärproduktion, auch wenn die absoluten Ergebnisse eine deutliche Streuung aufweisen [17, 19-30, 32-34]. Viele wissenschaftliche Studien bewerten frühe Entwicklungsstadien, zudem weisen Verfahren mit niedriger Reife vereinzelt noch höhere Impacts als Primärmaterial auf, wobei durch technologische Weiterentwicklung und Skalierung Verbesserungen zu erwarten sind. Herausforderungen liegen in fehlenden Standardisierungen (Systemgrenzen, Bezugssysteme, Wirkungsabschätzung), inkonsistenten Ergebnissen aufgrund unterschiedlicher Annahmen sowie im Einfluss der Rohstoffqualität und Prozessgestaltung. Zudem ist die Abbildung von Skalierungseffekten im Entwicklungsstand schwierig. Dabei dürfen insbesondere die erforderlichen

Aufreinigungsschritte nicht vernachlässigt werden. Mechanisches Recycling weist zwar aufgrund geringerer Betriebsstoff- und Energiebedarfe meist niedrigere Umweltwirkungen auf [22], ist jedoch durch Materialdegradation und Verunreinigungen limitiert. Insgesamt zeigt sich, dass chemisches Recycling das Potenzial hat, den ökologischen Fußabdruck insbesondere bei PET deutlich zu reduzieren, wenn mechanisches Recycling nicht möglich ist. Wenn kontaminierte oder gemischte Abfallströme anderweitig nicht recycelbar sind, sind gegenüber Verbrennung und Primärproduktion erhebliche Vorteile zu erwarten.

4. Rezyklatanwendungen und Anforderungen

Für kommerzielle (PCR)-Rezyklate aus formstabilen PET-Verpackungen werden folgende Kenngrößen in den technischen Datenblättern und Spezifikationen aufgeführt:

Technische Parameter	Typische Kennwerte
Produktform	Flakes oder Pellets
Herkunft (Sammlung)	Haushaltsabfälle (Post-Consumer), Industrieabfälle
Anwendung, Qualität	z.B. Lebensmittel (Beispiel: „erfüllt EFSA-Kriterien, EU-Direktive 1616/2022“)
Grenzviskosität (IV) [35]	0,60 – 0,80 dl/g
Farbe	Transparent, kristallisiert, eingefärbt, oder L*a*b-Farbraum
Schmelzpunkt und -bereich	240 – 250 °C
Kristallinität	10 – 95 %
Feuchtegehalt	< 1 %
Gehalt an PE bzw. PO	< 100 ppm - < 6.000 ppm
Gehalt an Störstoffen	z.B. PA/EVOH < 50 ppm Fasern < 10 ppm Klebstoff < 350 ppm
Schüttdichte	250 kg/m ³ (Flakes) – 550 kg/m ³ (Pellets)
Partikelgröße bzw. Größenbereich	1 – 10 mm Flakes, 22 mg pro Pellets

Die folgenden Werte der Grenzviskosität (IV) gelten üblicherweise für die unterschiedlichen Anwendungen von A-PET und rPET:

- 0,40 – 0,70 dl/g → für Fasern, Umreifungsbänder
- 0,70 – 1,00 dl/g → für Schalen (Folien/Thermoforming)
- 0,70 – 0,85 dl/g → für Flaschen aus Preforms (Spritzguss/Blasformen)

Wissenschaftliche Thesen zu PET-Schalen und PET-Flaschen:

- Die NIR-Referenzspektren enthalten (zufällig) einen signifikanten Anteil an Fremdpolymeren (z.B. PE von Siegelschichten oder Etikettenmaterialien) [36].
- Thermoform-stämmiges rPET ist im Vergleich zu Flaschen-stämmigem rPET während des Herstellungsprozesses von Folien und Schalen höheren (thermischen und mechanischen) Belastungen ausgesetzt [37,38].
- Nach der Aufbereitung zeigt sich bei Thermoform-stämmigem rPET eine deutliche Verschlechterung bei den mechanischen Eigenschaften [37,38].

- rPET aus Thermoforms und rPET aus Flaschen haben eine ähnliche Kristallinität (Gewichtsanteil der kristallisierten Molekülketten). rPET aus Thermoforms hat aber eine größere Anzahl kleinerer Kristalle. Infolgedessen haben diese kleineren Kristalle einen größeren Einfluss, da sie zu einer „steiferen amorphen“ Phase führen. Trotz ihrer ähnlichen Gesamtkristallinität ist der Einfluss kleinerer Kristalle erheblich – ähnlich wie bei der Größenreduzierung von Nanofüllstoffen, die die Schlagzähigkeit drastisch verbessern [38].
- Durch SSP-Behandlung lässt sich Flaschen-stämmiges PET theoretisch effektiver aufbereiten und verbessern als PET aus Tiefziehfolien. Dadurch steigen der IV und das Molekulargewicht im stärkeren Maße als bei Thermoform-stämmigem PET [38].

Daraus können folgende Unterschiede hinsichtlich der Eigenschaften von PET-Rezyklaten aus den ursprünglichen Anwendungen hergeleitet werden:

Merkmale	PET-Flaschen	PET-Schalen
Kristallinität	niedriger	Tendenziell höher aufgrund stärkerer Orientierung der Moleküle im Folienprozess
Rezyklat-eigenschaften	Höhere mechanische Festigkeit	Tendenziell schlechtere Festigkeit
Wandstärke	Im Bereich des Körpers eher dünn	Am Rand sehr dick, im tiefgezogenen Bereich teilweise deutlich dünner
SSP-Effektivität	IV (intrinsische Viskosität) lässt sich leichter verbessern	IV-Verbesserung durch SSP ist aufwändiger

Die tatsächliche Fähigkeit von Verarbeitern und Industriestandorten, Schwankungen bei Tray-Grade-rPET zu bewältigen, beeinflusst die industrielle Akzeptanz direkt. Dies hängt damit zusammen, dass sich Tray-Grade-rPET aufgrund seiner materialbedingten Eigenschaften nicht in gleicher Weise verarbeiten lässt wie Neu-PET oder Bottle-Grade-rPET. Siegelschichten, Klebstoffe und Barrierematerialien wie PE oder EVOH werden während des Recyclingprozesses fein in der PET-Matrix verteilt. Dies führt zu Trübungen und opaken Materialien sowie zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften des Rezyklats. [36]

Zusätzlich verursacht die thermische Belastung während der Aufbereitung einen Abbau der Polymerketten, was sich in einer reduzierten intrinsischen Viskosität (IV) äußert, analog zu PET aus Flaschen. Außerdem berichten die Schalenrecycler, dass PET-Oberfolien aufgrund ihrer geringen Materialstärke und der damit verbundenen niedrigen intrinsischen Viskosität (IV) zu einer Verschlechterung der Rezyklatqualität führen, da bereits geringe Anteile im PET-Flake-Strom die mechanischen Eigenschaften des Rezyklats beeinträchtigen können. Des Weiteren enthalten auch vermeintliche „Mono-

PET“-Deckelfolien in der Regel mehrschichtige Siegelschichten aus Copolyestern, die bei üblichen PET-Verarbeitungstemperaturen thermisch abbauen und dadurch Vergilbungen bzw. Verfärbungen verursachen. Dies reduziert die Farbqualität, den Marktwert und die Einsatzmöglichkeiten des Rezyklats.

Da die IV ein Maß für das Molekulargewicht und damit für die Festigkeit und Verarbeitbarkeit des Materials ist, unterscheidet sich Tray-Grade-rPET in seinem Verarbeitungsverhalten von Neu-PET oder hochwertigem Bottle-Grade-rPET. Um die Materialqualität wieder zu erhöhen, sind zusätzliche Prozessschritte wie die Solid State Polycondensation (SSP) erforderlich. Dennoch bleiben Schwankungen in Zusammensetzung, Transparenz und Materialeigenschaften bestehen, insbesondere aufgrund unterschiedlicher Tray-Designs und Multimaterialaufbauten. Dadurch steigen die Anforderungen an Verarbeiter und Industriestandorte, die ihre Prozesse an variierende Materialqualitäten anpassen müssen. Die Ergebnisse verdeutlichen deshalb die Bedeutung von Monomaterialdesigns und recyclinggerechter Verpackungsgestaltung für zukünftige Closed-Loop-Tray-to-Tray-Systeme. [36]

5. Analyse der Fraktionen und Marktsituation für Rezyklate

Im Rahmen dieser Studie ist die Frage zu erörtern, ob die Spezifikationen der verschiedenen Fraktionen innerhalb der PET-basierten Verpackungen modifiziert und ggf. zusammengefasst werden können, um die Kosten für die Sortierung zu minimieren. Diskussionswürdig ist die Option für Länder mit Pfandsystemen, zukünftig in der LVP-Sortierung ausschließlich nach dem Kriterium „Lebensmittelkontaktverpackung“ unter Vernachlässigung der Formate (Thermoform oder Flasche) zu differenzieren. Voraussetzung für ein solches Szenario wäre die Kompatibilität der unterschiedlichen PET-Typen untereinander sowohl in der Aufbereitung als auch bezüglich der Rezyklatanwendung.

In der folgenden Tabelle sind die Unterschiede von PET-Rezyklaten aus verschiedenen Anwendungen gegenübergestellt:

Merkmale	Schalen	Flaschen transparent	Tiegel, farbige Artikel
Grenzviskosität IV	0,70 – 0,85	0,70 – 0,85 (tendenziell oberer Bereich)	0,70 – 0,80
Kontamination durch Füllgut	Lebensmittel, Fette	Lebensmittel, Fette, Reinigungsmittel	Kosmetikprodukte (z.B. Cremes, Öle), Seife
Typische Kontaminanten durch Verpackungskomponenten	PE, PP, Klebstoffe, Etiketten, Folien, Additive (CPET)	Klebstoffe, Additive, Barrierschichten	Klebstoffe, Additive, Farbpigmente
Kontaminationsgrad durch Verpackungskomponenten	tendenziell hoch	niedrig	tendenziell hoch
Farbe	Überwiegend transparent	Transparent	<i>Teilweise eingefärbt</i>
Festigkeit, Qualität*	Durchschnittlich (durch SSP reparabel)	Sehr hoch	Hoch

Tabelle 21: Unterschiede von rPET-Rezyklaten aus verschiedenen Anwendungen

Der IV-Wert stellt bei rPET einen entscheidenden Parameter für die Verarbeitbarkeit und die mechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten Produkte dar. Es kann eindeutig festgestellt werden, dass es hinsichtlich der Anwendungen für Schalen, Flaschen und Tiegel eine Überschneidung der Bereiche für den IV gibt, so dass dieser Parameter kein Ausschlusskriterium für Rezyklat aus der Schalenfraktion ist. Hingegen sind bei den anderen Merkmalen wie Kontaminanten, Farbe oder mechanische Festigkeit deutlichere Unterschiede festzustellen, die die Verarbeitung von Gemischen aus Schalen und transparenten Flaschen erschweren können. Aus diesem Grunde macht es Sinn, transparente Flaschen weiterhin als eigenen Recyclingstrom beizubehalten und die PET-

Schalenfraktion unter Einschluss von sonstigen PET-Lebensmittel-Verpackungen als eigenständige Sortierfraktion zu definieren. Als dritte Sorte verbleiben opake Flaschen sowie sonstige PET-rigid-Non-Food – Verpackungen.

Preisentwicklungen rPET gegenüber Neuware [39]:

Der durchschnittliche Preis für rPET-Flakes aus **Schalen** in Europa liegt aktuell (Stand April 2026) bei 875 €/t, gegenüber 1.200 €/t im Juni 2025. Somit hat sich der Preis innerhalb von 10 Monaten um etwa ein Viertel reduziert.

Aktuell liegt der Preis für rPET-Flakes aus **Flaschen** in Europa bei 1.240 €/t und damit um ca. 40% über rPET-Flakes aus Schalen. Im Juni 2025 lag der Preis für rPET-Flakes aus **Flaschen** in Europa noch bei 1.355 €/t und die Differenz zu Schalen bei 13%. Die Preisdifferenz zwischen rPET aus Schalen und rPET aus Flaschen ist vornehmlich qualitätsbedingt. Der höheren Produktionskosten von rPET aus Schalen müssen entsprechend über die Annahmepreise für die Sortierfraktionen kompensiert werden.

Der Preis für rPET-Flakes aus Flaschen lag im April 2026 um etwa 300 €/t unter dem von Neuware. Bis Anfang 2026 war rPET immer deutlich teurer als Neuware. Diese Umkehr lässt sich teilweise durch die angespannte Versorgungssituation im Bereich der chemischen Roh- und Ausgangsstoffe aufgrund der derzeitigen geopolitischen Situation im Nahen Osten (insbesondere der Sperrung der Straße von Hormus) erklären.

Unter der Annahme, dass für PET-Schalen ähnliche PET-Qualitäten bei Neuware eingesetzt werden wie für Flaschen, lag die Differenz von rPET aus Schalen zu Neuware bei ca. 600 €/t. Dagegen lag die Differenz zwischen rPET-Flakes aus Schalen zu Neuware im Juni 2025 bei nur 200 €/t, so dass sich die Differenz innerhalb von 10 Monaten auch hier verdreifacht hat.

Status von Food-Grade-Zulassungen:

Speziell zum Recycling von PET-Schalen gibt es bei der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) aktuell nur eine veröffentlichte Zulassung, die den Prozess bei Cirrec in NL betrifft [40].

Eine generelle Voraussetzung für eine EFSA-Zulassung von rPET für Lebensmittelanwendungen bedingt einen erfolgreich absolvierten sog. „Challenge-Test“. Die Demonstration der Effektivität des gesamten Recyclingprozesses erfolgt dabei durch gezielte Kontamination des Ausgangsmaterials mit Toluol, Chlорbenzol und anderen kritischen Stoffen nach Vorgaben der EFSA und FDA. Das so hergestellte Rezyklat wird nach einer 7-tägigen Lagerung bei 50°C mittels Migrationsuntersuchung analysiert. Dabei wird für jede Substanz die Dekontaminationseffektivität ermittelt. Die Effizienz des Aufbereitungsprozesses muss für jede Substanz über den jeweiligen Grenzwerten liegen.

Neben dieser Vorgabe muss das Eingangsmaterial (sortierte Fraktion) zu mindestens 95% aus Lebensmittelanwendungen stammen.

Der Prozess bei Cirrec entspricht in seinem Aufbau und der Effizienz den EFSA-Vorgaben und beinhaltet folgende Stufen:

- Vorbehandlung mit alkalischer Heißwäsche
- Dekontamination bei hohen Temperaturen unter Vakuum mit einer anerkannten Technologie (z.B. EREMA Basic)
- Extrusion der Flakes zu Granulat mit Schmelzefiltration zur Abtrennung von nicht schmelzendem Fremdmaterial (besonders Papier und Aluminium)

Es ist davon auszugehen, dass alle rPET-Produkte aus Schalen mit Lebensmittelqualität den oben beschriebenen EFSA-Vorgaben entsprechen und mit ähnlichen Prozessstufen produziert werden.

6. Design-for-Recycling für PET-Thermoforms bzw. „PET, other rigids“

Design-for-Recycling (DfR) beschreibt den Ansatz, Verpackungen bereits in der Entwicklungsphase so zu gestalten, dass sie mit den Sortier- und Recyclingprozessen kompatibel sind und eine hochwertige stoffliche Verwertung ermöglichen. Gestaltung und Materialwahl beeinflussen nicht nur die grundsätzliche technische Umsetzbarkeit der Verwertung, sondern auch die Leistungsfähigkeit der bestehenden Sammel-, Sortier- und Recyclingstrukturen. DfR versteht sich somit als ganzheitlicher Ansatz, der die Schnittstellen entlang der Wertschöpfungskette berücksichtigt und die Grundlage für funktionierende und wirtschaftlich tragfähige Recyclingkreisläufe bildet. Insbesondere bei PET-Thermoforms bzw. der Fraktion „PET, other rigids“ ist eine recyclinggerechte Gestaltung entscheidend, da diese Materialien bislang nur eingeschränkt in bestehende Kreisläufe integriert sind.

6.1 Vergleich existierender DfR-Guidelines bzw. Assessments

Anlage 9.3 enthält eine komplette Gegenüberstellung der DfR- Guidelines und Assessments; im nachfolgenden Kapitel werden die relevantesten DfR-Merkmale für PET-Schalen auszugsweise beschrieben.

Bei der Gegenüberstellung der DfR-Guidelines und der Assessments ist zu beachten, dass die zugrunde liegende Methodik der beiden Standard-Varianten nicht vergleichbar ist. Aufgrund ihrer ordinalen Bewertung erfolgen die DfR-Guidelines im Wesentlichen als unmittelbare Bewertung einzelner Verpackungsattribute oder -komponenten, ohne dem Anwender die zugrunde liegenden Hintergründe oder Kriterien offenzulegen. Aufgrund der ordinalen Skalierung lassen sich die verfahrenstechnischen Gesetzmäßigkeiten eines Recyclings nur begrenzt abbilden. Recyclability Assessments vermeiden daher ordinale Bewertungsmaßstäbe und stufen anhand von Kriterien ein, die sich aus der Prozessmodellierung ergeben. Dabei werden analoge quantitative Maßstäbe angewendet, die sich aus den Referenzprozessen unmittelbar ableiten lassen.

In dem folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Attribute einer PET-Schale mit den jeweiligen Einstufungen in verschiedenen Standards in einem kommentierten Vergleich gegenübergestellt. Dabei wird für jedes Attribut der Sachhintergrund kurz erläutert, die Einstufung auf Einheitlichkeit oder Abweichung überprüft und im Falle einer Abweichung analysiert, ob diese sachlich oder methodisch begründbar ist.

Hauptkörper PET/PE

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
PE abtrennbar in regulären PET-Recycling-anlagen – klares PET										-

Die Ausführung der PET-Schale als Multilayer mit einer PE-Siegelschicht setzt eine Delaminierungsoption für PET-Schalen voraus. Diese ist bereits in operativ tätigen Anlagen umgesetzt.

Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments ist in diesem Punkt uneinheitlich und weder sachlich noch methodisch zu begründen.

Kunststoffe der Dichte > 1 g/cm³

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
PET-G / PVC / PS			-							

Hinsichtlich qualitativer Rezyklateigenschaften ist das wichtigste DfR-Kriterium mit dem Schmelzverhalten der Verpackungskomponenten verknüpft. Alle Komponenten/Substanzen, die sich in der Wäsche oder der gravimetrischen Sortierung nicht gesichert abtrennen lassen werden bei den hohen Umschmelztemperaturen im PET-Recycling thermisch zersetzt (pyrolysiert): Klebstoffreste, Farbbindemittel, Kunststoffe (v.a. PVC, PVDC) oder sind aufgrund unterschiedlicher Schmelztemperaturen nicht mischbar (wie PS). Die Folge sind massive Degradationen bzw. Produktausschüsse, die bereits bei Verunreinigungen im ppm-Bereich auftreten.

Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments ist in diesem Punkt einheitlich.

Oberfolien mit Dichten < 1 g/cm³

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
d < 1 g/cm ³ , trennbar im Waschprozess								Abzug	Abzug	-

Beim Recycling von PET-Schalen bzw. Tiefziehverpackungen werden derzeit noch keine Nebenprodukte für das hochwertige Recycling erzeugt.

Daher werden in den Assessments Oberfolien mit der Dichte < 1 g/cm³ in Abzug gebracht, sofern diese im Waschprozess rückstandsfrei (keine Siegelränder, keine Klebstoffanhaftungen) abtrennbar sind.

DfR-Guidelines bestätigen überwiegend die „Kompatibilität“ mit dem Prozess. Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments wirkt in diesem Punkt uneinheitlich, was allerdings nur methodisch begründet ist.

Etiketten

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
faserbasiert mit Faserverlust auf klarem PET, nicht nassfest								Abzug	Abzug	

Papieretiketten oder Haftpapieretiketten (mit oder ohne „Faserverlust“) können durch prozesstechnische Lösungen nach dem Stand der Technik rückstandsfrei abgetrennt werden. Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments ist in diesem Punkt uneinheitlich und weder sachlich noch methodisch zu begründen.

Insbesondere vor dem Hintergrund, dass Papieretiketten im Kontext mit der verwendeten Klebstoffapplikation zu untersuchen sind. Ist der Klebstoff wash-off-fähig, dann ist eine Einstufung des Papieretikettes als „recyclinginkompatibel“ sachlich unbegründet (siehe auch nachstehende Tabelle).

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
Wash-off fähig (80°C)				*			*	Abzug	Abzug	

* 70 °C

Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments wirkt in diesem Punkt uneinheitlich, was allerdings nur methodisch begründet ist.

Direktdruck

	COTREP	RECOUP	APR	RecyClass	CEN	PETCORE	RecyClass (Tool)	CHI	ZSVR	EPBP
Sonstiger Direktdruck										

Die Verarbeitung der PET-Schalen mündet unmittelbar wieder in den geschlossenen Kreislauf (Tray-to-Tray-Recycling) der höchste Qualitätsanforderungen bezüglich des Einsatzes als Lebensmittelkontaktmaterial fordert. Direktbedruckungen werden einheitlich als inkompatibel bzw. unverträglich eingestuft, da durch die Bedruckung und auch durch die hohen Temperaturen im Recyclingprozess Migrationen in das Rezyklat und damit später in das Lebensmittel nicht ausgeschlossen werden können.

Die Einstufung in DfR-Guidelines und Assessments ist in diesem Punkt einheitlich.

6.2 Interview Ergebnisse von den Recyclern

Im Rahmen der Interviews wurden drei PET-Tray-Recycler nach potenziell problematischen Verpackungsattributen befragt, die im Recyclingprozess zu Qualitätsverlusten der Rezyklate führen können. Die dazugehörigen Ergebnisse sind in Tabelle 22 dargestellt.

Beschreibung	unbekannt	bekannt, aber aufgrund geringer Mengenrelevanz bedeutungslos	bekannt, technisch		praktisch irrelevant
			weitgehend gelöst	nicht gelöst	
PET-G-Komponenten	0	1	0	2	0
PET-C-Schalen	0	0	2	1	0
POM-Komponenten	0	0	1	1	0
EVOH / PA-Monolayer-Barrierschichten	0	0	2	0	1
sonstige blended barriers	0	0	1	2	0
Silikonbeschichtungen	0	1	1	1	0
Slip agents	0	1	2	0	0
Clarifier	0	1	2	0	0
AA-Blocker	1	0	1	1	0
PA-Additivierung (PET-A-Copolymer)	1	1	0	1	0
in der alkalischen Heißwäsche nicht lösliche Klebstoffapplikationen	0	1	2	0	0
nicht magnetische Metalle	0	0	2	1	0
Elastomerkomponenten mit einer Dichte > 1 g/cm ³	0	1	1	1	0
Direktdruck außer MHD und Chargennummer	0	1	2	0	0
Bleeding inks	0	0	1	2	0
Silikonkomponenten	0	1	1	1	0
PET/PE-Schalen, coextrudiert	0	0	2	1	0
PET/PE-Schalen, klebekaschiert	0	0	3	0	0
PET/PE-Schalen, verschweißt	0	0	2	1	0
Papierhaftetketten, nassfest ausgerüstet	0	0	1	2	0
Papieretiketten, nicht nassfest ausgerüstet	1	0	1	1	0
Paper wrap	1	0	1	1	0
PVC-Etiketten/ Sleeves	0	0	1	1	1
PS-Etiketten/ Sleeves	0	1	1	1	0
PET-G-Etiketten/ Sleeves	0	1	1	1	0
Sonstige Kunststoffetiketten mit einer Dichte > 1 g/cm ³	0	1	1	1	0
Oberfolien mit einer Dichte > 1 g/cm ³	0	0	2	1	0
Non-floating paper labels	0	0	0	2	1
Peelschichten	1	0	2	0	0

Tabelle 22: Bewertung von Verpackungsattributen durch drei PET-Tray-Recycler. Angaben in Häufigkeiten der

Die Tabelle zeigt, dass PET-G-Komponenten, wie in den oben genannten Richtlinien (s. Kapitel 6.1) beschrieben, die Recyclingqualität beeinträchtigen oder in einigen Fällen den Recyclingprozess stören können. Obwohl EVOH- und PA-Monolayer-Barrierschichten in den Richtlinien überwiegend als nicht kompatible Materialien eingestuft werden, bewerteten zwei von drei Recyclern diese als unproblematisch. Slip-Agents sowie „Clarifier“ wurden von den Recyclern ebenfalls als nicht störende Stoffe klassifiziert. Nach der Marktrecherche von GVM machen die PET-Schalen mit Slip-Agent mit rund 70 % den überwiegenden Anteil der verfügbaren Menge aus und stellen damit ein relevantes Attribut dar.

Klebstoffe, die sich bei der alkalischen Heißwäsche nicht abwaschen lassen, wurden ebenfalls als unproblematische Elemente bezeichnet, obwohl sie in den Richtlinien als Störstoffe eingestuft sind. Zwei von drei Anlagenbetreibern bewerteten Direktbedruckungen und „bleeding inks“ als problematische Verpackungsmerkmale. Einer der Interviewpartner gab an, dass „bleeding inks“ häufiger bei Schalen als bei Flaschen auftreten und den Recyclingprozess aufgrund des erhöhten Aufwands für die Wasseraufbereitung verteuern.

Klebekaschierte PET/PE-Trays wurden von allen drei befragten Recyclern als unkritisch eingestuft, während coextrudierte PET/PE-Strukturen aufgrund möglicher verarbeitungstechnischer Herausforderungen Probleme verursachen können und daher weniger bevorzugt werden. Ebenso wurden die Peelschichten als unproblematisch klassifiziert.

Bei den faserbasierten Etiketten oder Umhüllungen sind die Einstufungen durch Recycler unterschiedlich. Nach Angaben der Recycler werden die Fasern aus Etiketten durch Elutriation entfernt, da es sonst zu Problemen hinsichtlich der visuellen Eigenschaften, der mechanischen Stabilität und der Verarbeitbarkeit der Rezyklate kommen kann.

6.3 Best Case Beispiel(e)

Auf Grundlage der Unterkapitel 6.1 und 6.2 lassen sich PET-Tray-Designs ableiten, die eine effizientere Sortierung und Wiederverwertung von PET-Trays ermöglichen. Diese Designs dienen dem Hersteller als Stütze für DfR und sollen den gesamten Recyclingprozess vereinfachen, Materialverluste reduzieren und die Nachhaltigkeit der Verpackungen verbessern. Die folgenden Abbildungen zeigen zwei unterschiedliche Designvorschläge als Best Case Design.

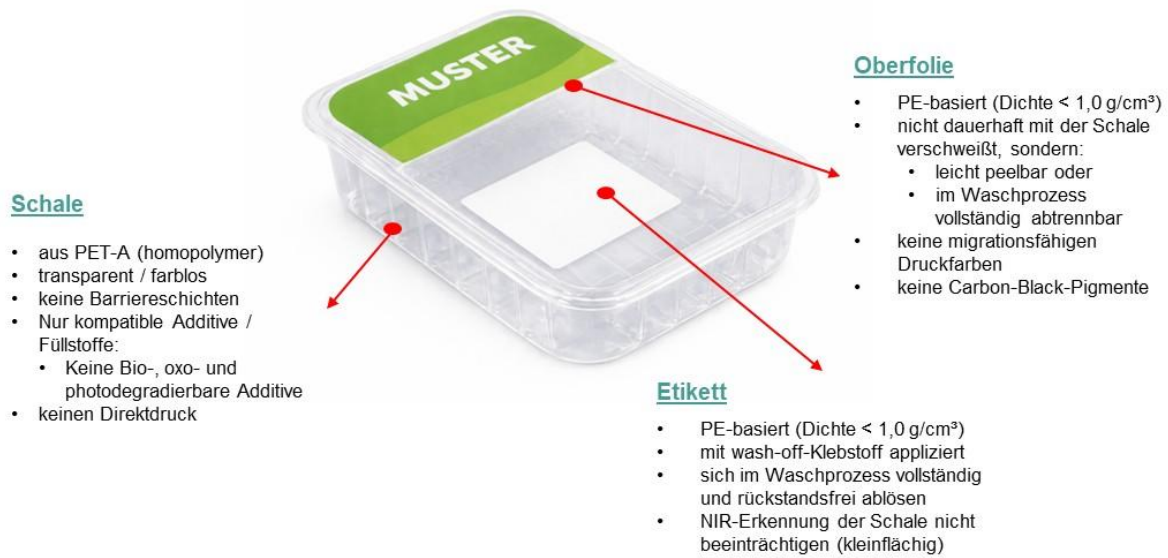


Abbildung 17: Option 1 – PET-Schale mit PE-basierter Oberfolie und Etikett

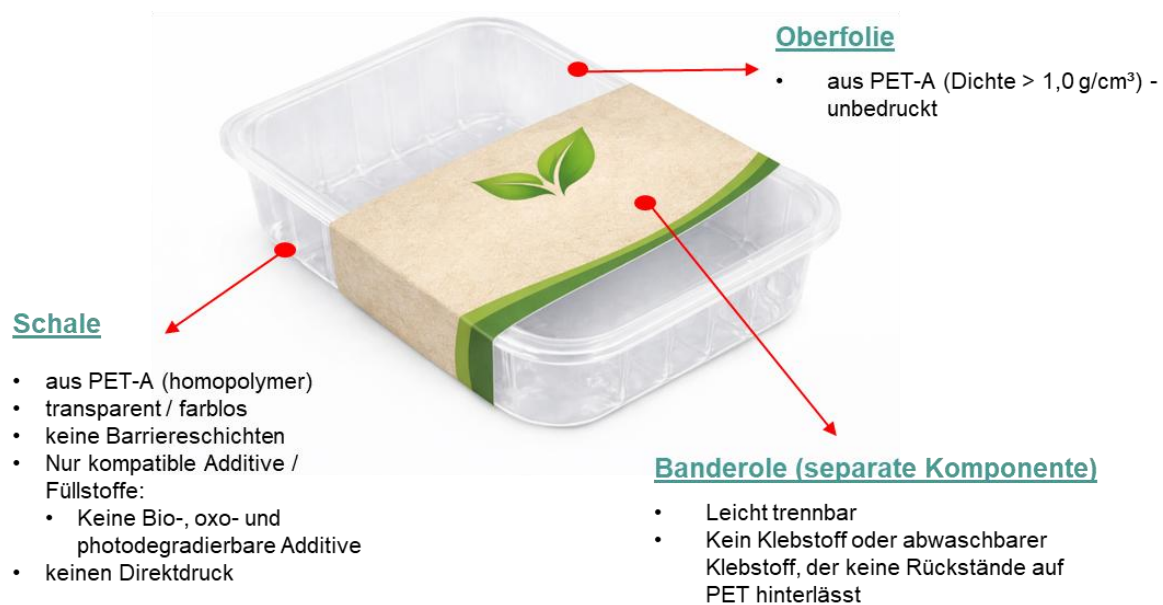


Abbildung 18: Option 2 – PET-Schale mit PET-Oberfolie und Banderole

Abbildung 17 beinhaltet eine transparente PET-Schale mit einer bedruckten PE-basierten Oberfolie und einem bedruckten PE-basierten Rückseitenetikett. Weitere Bedingungen sind aus der Abbildung zu entnehmen. Abbildung 18 stellt den Fall mit einer unbedruckten Folie dar. Hierzu wird eine bedruckte Banderole eingesetzt, die zwingend von dem Verbraucher zur Nutzung des Produktes entfernt wird und somit als separate Komponente gilt. Die restliche Verpackung besteht aus einer transparenten PET-Schale mit einer unbedruckten PET-Oberfolie.

Da die Funktionalität der Verpackung stets gewährleistet bleiben muss, werden insbesondere Barriereigenschaften bereits im Verpackungsdesign berücksichtigt. Best-Case-Designs auf Basis von Monostrukturen stoßen dabei in bestimmten Anwendungen an Grenzen, wenn hohe Anforderungen an Sauerstoff-, Feuchtigkeits- oder Aromabarrieren bestehen. Zwar bieten Delaminierungsansätze für co-extrudierte oder laminierte Mehrschichtschalen grundsätzlich die Möglichkeit einer verbesserten stofflichen Verwertung, jedoch sind diese Prozesse in der Praxis nicht vollständig effizient und mit zusätzlichem Prozessaufwand verbunden. Zudem bleibt die Qualität des Rezyklats aus Mehrschichtschalen erfahrungsgemäß häufig hinter der von Rezyklaten aus Monolayer-Schalen zurück, wodurch Monostrukturen aus Sicht von Prozesseffizienz und Recyclingqualität weiterhin Vorteile aufweisen.

Bei der Auswahl von Oberfolien auf PO- oder PET-Basis bestehen seitens der Schalenrecycler unterschiedliche Einschätzungen: Eine Einschätzung ist, dass die Materialwahl kaum relevant sei, da die Folien ohnehin über Windsichtung abgetrennt werden und geringe Restanteile die Rezyklatqualität nicht maßgeblich beeinflussen. Die Verfasser dieser Studie priorisieren hingegen PO-Deckelfolien, da sie sich aufgrund ihrer geringeren Dichte mittels Schwimm-Sink-Verfahren einfach von PET-Flakes trennen lassen und der zurückgewonnene PO-Anteil rezykliert werden kann. Mono-PET-Deckelfolien verursachen dagegen trotz ihres scheinbar recyclinggerechten Designs praktische Herausforderungen: Sie verschlechtern durch ihre geringe intrinsische Viskosität die Rezyklatqualität, enthalten thermisch instabile Copolyester-Siegelschichten und führen durch notwendige Ausschleusungsschritte zu zusätzlichen Materialverlusten. Zudem erhöht ein heterogener Inputstrom aus PET- und PO-versiegelten Schalen die Anforderungen an die Sortierung und steigert das Risiko von Verunreinigungen, weshalb PO-basierte Lösungen aus Sicht des Recyclings als vorteilhafter bewertet werden.

7. Schwachstellenanalyse - Hemmnisse & Maßnahmen

Auf Basis der Ergebnisse der vorliegenden Studie werden im Folgenden zentrale Schwachstellen entlang der Wertschöpfungskette sowie daraus abgeleitete Hemmnisse und potenzielle Maßnahmen für ausgewählte Akteure systematisch dargestellt, wobei auch relevante Akteure sowie externe Treiber berücksichtigt werden.

Sortiertechnologie	
Status(beschreibung) / Defizite	Technologie vorhanden; (qualitative) Optimierungsmöglichkeiten gegeben → (AI-basierte Sortierung) Defizite: Implementierungsgrad in der Praxis
Bedarf	Upgrade Sortieranlagen
Adressat	- Betreiber der Sortieranlagen - Duale Systeme / PRO's (über Ausgestaltung der Sortierspezifikationen)
Externer Treiber	Ja; Gesetzgeber (Quotenerhöhung) → Implementierung Ökomodulation mit RaS-Kriterien

Schnittstelle Sortierung/Verwertung	
Status(beschreibung) / Defizite	Diskrepanz zwischen Anforderungen Recycler und Sortierspezifikationen der Anlagen
Bedarf	Entwicklung angepasster Sortierspezifikationen (PET-Trays + begrenzter Anteil PET-Flaschen/food-contact)
Adressat	- Duale Systeme / PRO's
Externer Treiber	Nein

Recyclingkapazitäten	
Status(beschreibung) / Defizite	Nicht ausreichend für den Bedarf
Bedarf	Ausbau auf Zielkapazitäten (RaS gemäß vorliegender Studie)
Adressat	- Recyclingindustrie - Folienhersteller
Externer Treiber	Ja; Gesetzgeber (Quotenerhöhung) → Implementierung Ökomodulation mit RaS-Kriterien

Recyclingtechnologie	
Status(beschreibung) / Defizite	Mechanisches Recycling in TRL9 bereits gegeben Defizit: kein Recycling von Beiprodukten/Rejekten
Bedarf	Kein Bedarf an neuer Technologie für PET Erschließung von Recyclingoptionen für integrierte Verpackungskomponenten (Oberfolien, Etiketten) → Optimierung der Recyclingfähigkeit!
Adressat	- Gesamte Wertschöpfungskette ab Recycler
Externer Treiber	Ja; Implementierung Ökomodulation mit RaS-Kriterien

DfR und Recyclingfähigkeit	
Status(beschreibung) / Defizite	Optimierungsbedarf hinsichtlich DfR; Optimierungskriterien bekannt
Bedarf	Europaweit einheitlicher Standard
Adressat	- Hersteller
Externer Treiber	Ja; Gesetzgeber Standardsetzung nach Sachkriterien und Harmonisierung/ Implementierung Ökomodulation

8. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Studie konnten zentrale Schwachstellen entlang der Wertschöpfungskette identifiziert werden. Dazu zählt zunächst ein unzureichender Implementierungsgrad moderner Sortiertechnologien in der Praxis. Dabei werden PET-Schalen nicht mehr als Rückstand der PET-Flaschen-Sortierung (indirekt bzw. negativ), sondern wie die PET-Flaschenfraktion positiv sortiert, um die bedarfsgerechte Erfüllung hoher Qualitätsanforderungen zu gewährleisten. Ein Nachrüsten von Bestandsanlagen ist generell möglich, bedarf aber immer einer technisch-ökonomischen Betrachtung, wenn die erforderlichen Raumbedarfe bei den ursprünglichen Planungen als Reserven noch nicht berücksichtigt wurden. Für die Szenarien eines möglichst umfassenden PET-Schalen-Recyclings bedeutet dies, dass die Nachsortieranlagen mittelfristig unverzichtbar bleiben und als Bindeglied zwischen Sortierung und Tray-to-Tray-Recyclinganlagen fungieren. Der damit verbundene Aufwand für Logistik und Anlagenbetrieb ist in der weiteren Ausarbeitung in den konzeptionellen Planspielen zu berücksichtigen.

Perspektivisch werden erweiterte Sortiertechnologien an Bedeutung gewinnen, die zur Erhöhung der Trennschärfe zur sortenreinen Sortierung von PET-Schalen zusätzliche Informationen über das reine Materialspektrum hinaus liefern. Ein zentraler Ansatz zur Überwindung der Grenzen der herkömmlichen NIR-Erkennung ist der Einsatz bildgebender Sensorsysteme mit Objekterkennung. Die Auswertung erfolgt über eine KI-basierte Detailklassifizierung. Die KI-gestützte Objekterkennung wird bereits in einigen Sortieranlagen eingesetzt (u.a. für die Trennung von PET-Schalen und PET-Flaschen). Für eine erfolgreiche Nutzung der technischen Möglichkeiten KI-gestützter Bildanalyse müssen Sortierspezifikationen mit den Vertragspartnern abgestimmt sein und insbesondere wirtschaftliche Anreize sowie verlässliche Abnahmewege bestehen. Fehlen diese Rahmenbedingungen, entstehen weder Investitionsanreize noch ein Ausbau erforderlicher Sortierkapazitäten.

Die fehlende Harmonisierung der Systemspezifikationen erschwert eine gezielte Sortierung von PET-Schalen und begrenzt damit die Verfügbarkeit geeigneter Eingangsmaterialien für ein angestrebtes „Tray-to-Tray“-Recycling. Unterschiedliche Sortierspezifikationen verdeutlichen die strukturelle Lücke zwischen den Anforderungen der Sortierer und den Bedürfnissen der Recycler. Erweiterte Sortiertechnologien wie bildbasierte Sensorik, KI-gestützte Objekterkennung und 3D-Geometrieerfassung ermöglichen eine verbesserte Differenzierung von PET-Trays und PET-Flaschen und gelten als Stand der besten verfügbaren Technik. Ihre Verbreitung ist jedoch bislang begrenzt und erheblich von wirtschaftlichen und systemischen Rahmenbedingungen abhängig.

Damit zeigt sich, dass die Sortierung von PET-Schalen nicht durch einzelne technologische Maßnahmen gelöst werden kann, sondern ein abgestimmtes Zusammenspiel aus Produktauslegung, Sortierspezifikationen (Systemspezifikationen)

und Marktmechanismen erfordert. Sie bildet somit einen zentralen Übergangspunkt für die weiteren Betrachtungen entlang der Wertschöpfungskette. Im Vergleich zu den Sortierspezifikationen zeigt sich, dass die Annahmespezifikationen der Recyclinganlagen deutlich höhere Anforderungen an die Zusammensetzung der PET-Schalenfraktion stellen, als dies auf Systemebene der Fall ist.

Die Annahmespezifikationen der Recyclingbetriebe sind unmittelbar mit den verfahrenstechnischen Möglichkeiten der individuellen Anlagen verknüpft. Sie dienen allerdings nicht nur der technischen Absicherung des Recyclingprozesses, sondern auch der Sicherstellung der Produktqualität und der Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebes. Die erreichbare Qualität der Rezyklate hängt maßgeblich von der Reinheit der Eingangsmaterialien sowie vom Anteil an Fremdpolymeren, Verbundstrukturen und funktionalen Additiven ab. Während grundlegende Verfahrensschritte wie Waschen und Schwimm-Sink-Trennung auch aus dem Flaschenrecycling bekannt sind, erfordert das Recycling von PET-Schalen aufgrund komplexer Materialaufbauten (bspw. Mehrschichtsysteme, Oberfolien, Beschichtungen oder funktionale Additive) zusätzliche Aufbereitungsschritte, darunter SSP- bzw. LSP-Verfahren zur Nachkondensation, zweistufige IR-Wärmer zur effizienten Erwärmung bzw. Trocknung, Liquid-Extrusionssysteme zur direkten Verarbeitung sowie Trennaggregate wie Zick-Zack-Sichter und Hydrozyklone als Alternativen zur Schwimm-Sink-Trennung; ergänzend werden integrierte Aufbereitungslösungen eingesetzt.

Für die Recycler ist das mechanische PET-Schalenrecycling mit einer Reihe von Herausforderungen verbunden. Auf regulatorischer Ebene wird insbesondere die Ausgestaltung bestehender EPR-Systeme als unzureichend wahrgenommen, da der Fokus primär auf PET-Flaschen und nachrangig auf PET-Schalen gerichtet ist. Gezielte Anreize für recyclinggerechtes Design von PET-Schalen oder den Einsatz von Rezyklaten fehlen weitgehend. Der Aufbau entsprechender Kapazitäten ist mit hohen Investitionskosten verbunden und erfordert spezifisches Know-how, das bislang nur bei wenigen Akteuren vorhanden ist. Zusätzlich wirkt die fehlende Harmonisierung der Sammel- und Sortiersysteme in Europa als strukturelles Hindernis für einen effizienten und planbaren Anlagenbetrieb. Technologisch stellt die Heterogenität des Post-Consumer-Materials eine zentrale Herausforderung dar. Diese Vielfalt erschwert eine konsistente Sortierung und Aufbereitung. Besonders anspruchsvoll ist die Delaminierung mehrschichtiger Strukturen, insbesondere bei Verbunden mit Copolyestern, da diese im mechanischen Recycling nur begrenzt beherrschbar sind und sich negativ auf die Rezyklatqualität auswirken können.

In der Gesamtschau wird deutlich, dass Recycler weniger mit isolierten technischen Problemen konfrontiert sind, sondern mit einem Zusammenspiel systemischer Rahmenbedingungen. Regulatorische Vorgaben, Marktmechanismen, Infrastrukturverfügbarkeit und technologische Grenzen wirken gemeinsam darauf ein, in welchem

Umfang PET-Schalen heute tatsächlich in geschlossenen Tray-to-Tray-Kreisläufen recycelt werden können.

Gleichzeitig gewinnen neue regulatorische Anforderungen, insbesondere im Kontext der PPWR, zunehmend an Bedeutung. Hierbei spielen sowohl die Anforderungen an die Recyclingfähigkeit von Verpackungen als auch Vorgaben zum Mindestrezyklateinsatz eine zentrale Rolle für die zukünftige Marktentwicklung. Die Recyclingfähigkeit wird zukünftig verbindlich über eine Marktzulassung und die Beteiligungsentgelthöhe entscheiden. Damit wird die recyclinggerechte Verpackungsgestaltung zu einer zentralen Vorgabe zur Erreichung der umweltpolitischen Ziele der PPWR. Ein Defizit ist die noch fehlende Harmonisierung im DfR-Bereich. Es bedarf der Ausarbeitung eines europaweit einheitlichen Standards, der sich an Sachkriterien orientiert und den Stand der Technik zugrunde legt.

Auf Grundlage des Aufkommens im Jahr 2024 werden Mengenszenarien und daraus resultierende Mengenbedarfe für Recycling at Scale (RaS) sowie den Rezyklateinsatz im Rahmen der PPWR abgeleitet. Berücksichtigt wird dabei, dass Art.7 der PPWR die regulatorische Grundlage für den Mindestrezyklateinsatz bereits vor den Zielmarken 2030 und 2040 schafft, während Recycling at Scale als zusätzliche Voraussetzung für die Bewertung der Recyclingfähigkeit ab 2035 maßgeblich wird.

Nach der durch GVM durchgeführten Marktrecherche sind im Jahr 2024 in Europa insgesamt 823 kt halbstarre PET-Verpackungen angefallen. Gemäß der Definition von „in großem Maßstab recycelten Verpackungsabfällen“ (*Recycling at Scale, RaS*) nach Artikel 3 Absatz 39 der PPWR muss sichergestellt werden, dass mindestens 55 % einzelner Verpackungskategorien rezykliert werden. Dies entspricht bei isolierter Betrachtung der PET-Thermoforms 452 kt rPET-Flakes.

Bei einer durchschnittlichen Ausbeute von ambitionierten 65 % ergibt sich daraus ein erforderlicher Input von 697 kt PET-Schalen. Da die derzeitige Gesamtkapazität der PET-Recycler bei 242,5 kt liegt, ergibt sich daraus eine Kapazitätslücke von 454,5 kt PET-Schalen pro Jahr.

Diese Abschätzung verdeutlicht, dass die derzeit industriell verfügbare Kapazität trotz einzelner spezialisierter Anlagen begrenzt ist und nur einen Teil des potenziellen Aufkommens an PET-Schalen abdecken kann.

Die entwickelten Mengenszenarien verdeutlichen, dass mit Blick auf die PPWR-Meilensteine bis 2030 und 2040 ein deutlicher Anstieg des Bedarfs an hochwertigem Rezyklat zu erwarten ist. Unter der Annahme, dass Recycling at Scale ab 2035 erreicht wird, ergibt sich ein zunehmender Druck, sowohl die Erfassungs- und Sortierquoten als auch die Qualität der Rezyklate signifikant zu steigern. Tray-to-Tray-Recycling ist daher nicht nur eine mögliche Recyclingoption, sondern eine notwendige Voraussetzung zur Erreichung der PPWR-Ziele, da nur ein werkstoffliches Closed-Loop-Recycling von PET-

Schalen ausreichende Mengen hochwertiger Rezyklate bereitstellen kann, um die zukünftigen Rezyklateinsatzquoten zu erfüllen, den Einsatz von Primärmaterial zu reduzieren und gleichzeitig ein „Recycling at Scale“ für diese Verpackungsgruppe nachzuweisen.

Vor diesem Hintergrund kommt der Ökomodulation auf Basis von Recyclingfähigkeits-, Sortierbarkeits- und Rezyklateinsatzkriterien eine besondere Bedeutung zu. Sie kann als Steuerungsinstrument dazu beitragen, Verpackungsdesigns stärker auf Recyclingfähigkeit auszurichten, die Qualität der Inputströme zu verbessern und systemische Ineffizienzen zu reduzieren. Gleichzeitig werden Anreize für Investitionen in Sortier- und Recyclinginfrastruktur geschaffen. Insgesamt zeigt sich, dass die Etablierung eines funktionierenden PET-Tray-to-Tray-Recyclings weniger eine Frage der grundsätzlichen technischen Machbarkeit ist. Eine Kombination aus regulatorischen Impulsen, ökonomischen Anreizen und technologischen Optimierungen ist dabei entscheidend, um die Kreislaufrückführung von PET-Schalen langfristig zu ermöglichen. Dabei hängt die Auswahl des geeigneten Recyclingverfahrens für PET-Thermoform-Verpackungen wesentlich von der Reinheit des Abfallstroms ab, denn mechanisches Recycling bleibt für sortenreine, hochwertige Ströme die erste Wahl, während chemische Verfahren vor allem kontaminierte oder komplexe Gemische adressieren. Chemisches Recycling ist dabei ein Oberbegriff für verschiedene Technologien mit unterschiedlichsten Zielprodukten und Prozessführungen. PET-Depolymerisation unterscheidet sich klar von thermischen Umwandlungsverfahren wie Pyrolyse und Gasifizierung und umfasst mehrere Untergruppen (Hydrolyse, enzymatische Hydrolyse, Solvolyse), die gezielt Monomere wie Terephthalsäure und Ethylenglykol zurückgewinnen. Pyrolyseanlagen sind zwar bereits kommerziell in Betrieb, jedoch ist PET aufgrund seiner Heteroatome kein optimaler Inputstrom und erzeugt typischerweise Öle statt hochwertiger Monomere. Depolymerisation liefert hier grundsätzlich höherwertige Produkte, allerdings sind die meisten Depolymerisationsanlagen noch nicht kommerziell, befinden sich aber in hohen TRL-Stufen mit klarem Transfer in die Industrie (Demonstrations- und Pilotanlagen). Sowohl Start-ups als auch etablierte Chemiekonzerne wie LyondellBasell, BASF, Eastman und SK Chemicals investieren in die Entwicklung und Anlagen zur Depolymerisation von PET. Hinsichtlich Lebensmittelkontakt sind derzeit nicht alle Verfahren geeignet, sobald jedoch eine Zerlegung bis zu Monomeren oder kleineren Molekülen erfolgt und diese in etablierte Polymerisationspfade zurückgeführt werden (etwa über Pyrolyse oder Gasifizierung mit nachgeschaltetem Cracken/Hydrotreating), kann die Gleichwertigkeit zu Primärmaterial erreicht und eine Zulassung möglich werden. Insgesamt werden die untersuchten Verfahren das mechanische Recycling nicht ersetzen, sondern gezielt ergänzen, da chemisches Recycling ökonomisch und energetisch aufwendiger ist. Zentrale Hürden für die Skalierung sind der niedrige Preis von Primärmaterial, regulatorische Unsicherheiten (insbesondere bei Lebensmittelkontakt) sowie die Integration in bestehende

Wertschöpfungsketten, etwa die Anbindung der gewonnenen Monomere an nahegelegene PET-Polymerisationsanlagen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen sollen im zweiten Teil der Studie in konzeptionellen Planspielen mögliche Zukunftsszenarien unter den Randbedingungen recyclingfähiger Verpackungen (DfR, PPWR 2030 und 2038), Mindestrezyklateinsatzquoten (PPWR 2030 und 2040) sowie Recycling at Scale (RaS, PPWR 2035) entwickelt, formuliert und diskutiert werden.

Die nachfolgende Szenarienentwicklung soll auf den regulatorischen Meilensteinen der PPWR basieren, insbesondere den Anforderungen an Design for Recycling (DfR) bis 2030, dem verpflichtenden Einsatz von Rezyklaten bis 2040 sowie der Skalierung industrieller Recyclingkapazitäten bis 2035 (RaS). Ziel dieses Ausblicks ist es, mögliche Entwicklungspfade der Wertschöpfungskette zu antizipieren, Handlungsbedarfe zu identifizieren und konkrete Maßnahmen für die beteiligten Akteure abzuleiten.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus Phase 1 werden in diesem Abschnitt Basisszenarien und Arbeitshypothesen entwickelt und konsolidiert. Die Analyse der erhobenen Daten zeigt, dass die bestehenden Verpackungsstrukturen in wesentlichen Teilen noch nicht den Anforderungen der PPWR entsprechen. Daraus ergeben sich mehrere plausible Zukunftspfade, von einem inkrementellen Anpassungsszenario über einen technologiegetriebenen Transformationspfad bis hin zu einem regulatorisch forcierten Strukturwandel. Gleichzeitig werden zentrale Forschungslücken identifiziert, insbesondere hinsichtlich der Detektierbarkeit von Verpackungsmaterialien im Sortierprozess, der Qualitätssicherung bei Post-Consumer-Rezyklaten sowie der Übertragbarkeit von Pilotlösungen auf den industriellen Maßstab.

Für jedes Szenario werden die notwendigen technischen und logistischen Kapazitäten entlang des Anforderungsprofils quantifiziert. Dies umfasst Sortier- und Aufbereitungskapazitäten, Qualitätssicherungsinfrastruktur sowie die zeitliche Dimension der Kapazitätsentwicklung im Hinblick auf den Meilenstein „Recycling at Scale“ bis 2035. Die Analyse macht deutlich, dass erhebliche Vorlaufzeiten für Investitionsentscheidungen und Anlagenprojektierung einzuplanen sind.

Die Umsetzung der identifizierten Szenarien setzt spezifische Rahmenbedingungen für alle Akteure der Wertschöpfungskette voraus. Für Verpackungshersteller und Converter bedeutet dies insbesondere die frühzeitige Umstellung auf DfR-konforme Konstruktionen. Systembetreiber und Entsorger sind gefordert, Sortierspezifikationen und -prozesse anzupassen. Markenartikler und Handel stehen vor der Aufgabe, ihre Produktentwicklung mit den Recyclinganforderungen zu synchronisieren. Dabei sind die jeweiligen Projektierungszeiten für Anlagen und Infrastrukturen als kritische Pfade zu berücksichtigen, die eine frühzeitige Entscheidungsfindung zwingend erfordern.

Für jedes Szenario werden Materialbilanzen sowie belastbare Kostenschätzungen erarbeitet. Diese umfassen Investitionskosten für Sortier- und Recyclinganlagen, laufende Betriebskosten, mögliche Erlöse aus Sekundärrohstoffen sowie Kosten der Nicht-Konformität im Falle eines Verfehlens regulatorischer Vorgaben. Die Gegenüberstellung der Szenarien ermöglicht eine fundierte Bewertung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit unterschiedlicher Umsetzungsstrategien.

Aus den Szenarienanalysen werden konkrete Maßnahmenkataloge für die relevanten Handlungsfelder abgeleitet. Diese umfassen erstens Anforderungen an das Design for Recycling (DfR) auf Verpackungsebene, zweitens die Neuordnung von Sortierspezifikationen, insbesondere für die Kategorie 8 im Kontext der PPWR. Drittens werden Empfehlungen zur Vertragsgestaltung zwischen Systembetreibern, Recyclern und Convertern formuliert, die den veränderten Qualitäts- und Mengenanforderungen Rechnung tragen. Abschließend sollen die Investitionsbedarfe für Recycler und Converter szenariospezifisch ausgewiesen werden.

9. Anhang

9.1. Beschreibung der Verfahrenskonzepte

Pyrolyse

Die Pyrolyse von PET-Abfällen ist ein thermochemisches Verfahren unter Ausschluss von Sauerstoff, welches bei hohen Temperaturen polymeres PET in kleinere Moleküle zerlegt. Aufgrund der bereits in PET enthaltenen Sauerstoffmoleküle ist dieses Verfahren aktuell nur für gemischte Kunststoffe geeignet, die einen maximalen Anteil von 20% PET enthalten. Während Pyrolyseanlagen heute überwiegend Polyolefinströme (PE/PP) adressieren, ist die gezielte PET-Pyrolyse bzw. Co-Pyrolyse technisch möglich, erfordert aber eine angepasste Auslegung, da PET sauerstoffhaltige, korrosive Produkte (insb. Terephthalsäure und Benzoessäure) bildet. Im Kontext der EU-Abfallrahmenrichtlinie und des Green Deal gilt die Pyrolyse als chemisches Recycling, sofern die Produkte stofflich in neue Kunststoffe oder Monomere zurückgeführt werden, zudem sind die künftigen Vorgaben der PPWR und die Mass-Balance-Anerkennung für chemisch recycelte Rohstoffe relevant.

Der Prozess läuft sauerstofffrei bzw. in inertem Gas bei etwa 400 bis 700 °C ab und ist endotherm, benötigt also externe Wärme. Aus der Reaktion entstehen überwiegend Pyrolyseöle, Pyrolysegas und Koks, mit typischerweise höheren Teer- und Aromatenanteilen. Diese Produkte erfordern oft eine weitere Aufbereitung und die Anwendung liegt vor allem in der Herstellung von Chemierohstoffen, Kraftstoffvorstufen oder der Monomerrückgewinnung.

Ökobilanziell dominieren der Energiebedarf der Hochtemperaturstufe und entstehende Emissionen die Umweltwirkungen des Recyclings. Eine elektrische Beheizung mit Strom aus regenerativen Quellen oder die Nutzung der Prozessgase zur Eigenwärme verbessert die Bilanz, die Wärmerückgewinnung aus heißen Abgasen und Kondensaten ist Standard. Für gemeinsame Standorte mit Crackern lassen sich Logistik und Upgrading bündeln, was Produktqualität und Abnahme sichert.

In Deutschland konzentrieren sich die industriellen Pyrolyseaktivitäten bislang vor allem auf polyolefinreiche Mischkunststoffe, während eine dedizierte PET-Pyrolyse kommerziell kaum etabliert ist. Betreiber von Anlagen für gemischte Kunststoffabfälle (u. a. Carbolig und Recenso sowie weitere Pilot- und Demo-Projekte) kommunizieren in der Regel PET-Limitierungen oder einen gezielten Ausschluss. Die ChemCycling®-Initiative des Chemieunternehmens BASF setzt beispielweise Pyrolyseöle im Mass-Balance-Ansatz als Rohstoff für Cracker ein, wobei die Feed-Spezifikationen die Verarbeitung von PET meist nur in geringen Anteilen zulassen.

Gasifizierung

Die Gasifizierung von PET-Abfällen ist ein katalytischer Hochdruck-Prozess, der Post-Consumer- oder Post-Industrial-PET in hochwertige Monomere und Derivate überführt und damit als chemisches Recycling im Sinne der EU-Abfallrahmenrichtlinie gilt, sofern die Produkte stofflich wieder in die Polymerherstellung zurückgeführt werden.

Pyrolyse und Gasifizierung unterscheiden sich vor allem in Atmosphäre, Temperatur und Zielprodukten. Pyrolyse zielt auf flüssige und feste Produkte und Gasifizierung auf gasförmiges Synthesegas ab. Die Gasifizierung arbeitet mit begrenzter Oxidation (Luft oder O₂, häufig mit Dampf) bei höheren Temperaturen von ca. 750 bis 1100 °C und ist teilweise autotherm. Zielprodukt ist ein teerarmes Synthesegas aus H₂ und CO (typisch H₂/CO ~1–2), das nach Gasreinigung (Staub, Teer, Säuregase) für Strom oder Wärme, Methanol-, Fischer-Tropsch-Synthese oder nach zusätzlicher Shift/PSA für Wasserstoff genutzt werden kann. Im Vergleich fallen bei der Pyrolyse mehr fester Rückstände an, während die Gasifizierung geringere Aschemengen und eine höhere Kohlenstoffumsetzung (>90 bis 95 %) erreicht. Gasifizierung ist zudem toleranter gegenüber verunreinigten Einsatzstoffen, während Pyrolyse sensibler auf Heteroatome reagiert. Im Gegensatz zur Pyrolyse ist Gasifizierung noch nicht in kommerzieller Anwendung.

Die Gasifizierung von PET wandelt sortierte und vorbehandelte Kunststoffabfälle in ein nutzbares Synthesegas um. Zunächst werden die PET-Fractionen von Störstoffen wie PVC, Metallen und Fremdkunststoffen befreit, zu Flakes zerkleinert, getrocknet und gleichmäßig dem Reaktor zugeführt. Aufgrund üblicher Additive in PET, insbesondere Antimonverbindungen aus der Herstellung, ist mit feinen Partikeln im Prozessgas zu rechnen, die später abgeschieden werden müssen. Als Reaktoren kommen vor allem Wirbelschicht- oder Festbettvergaser zum Einsatz. Bei den Reaktionstemperaturen und unter stöchiometrischer Unterversorgung mit Oxidationsmitteln depolymerisiert PET zunächst thermisch, anschließend laufen die Vergasungsreaktionen ab, die zu einem Synthesegas aus H₂, CO, CO₂ sowie geringen Anteilen an CH₄ und leichten Kohlenwasserstoffen führen.

In Deutschland fügt sich das Verfahren in die Vorgaben des Verpackungsgesetzes (VerpackDG) und der erweiterten Herstellerverantwortung ein und auf EU-Ebene adressiert es die Ziele des Green Deal, der Circular Economy sowie künftige Vorgaben der PPWR. Besonders relevant ist die wachsende Nachfrage nach hochwertigem Rezyklat für PET-Flaschen und technische Polyester, wobei chemisches Recycling als Ergänzung zur mechanischen Aufbereitung farbiger oder additivbelasteter Ströme dienen kann.

Als Rohstoff werden vorzugsweise sortenreine, farblose PET-Flakes aus Pfandflaschenströmen oder der Leichtverpackungssortierung eingesetzt, denn Mischfarben, Fasern und Folien sind grundsätzlich verarbeitbar, erhöhen jedoch den Reinigungs- und Additivabtrag. Die Vorbehandlung umfasst Zerkleinerung, Heißwäsche

mit alkalischen Medien, Spülen, Trocknung sowie die Abtrennung von Metallen und PVC mittels NIR- und Dichtentrennung.

Hydrierung

Bei der Hydrierung (engl. Hydrogenolysis) von PET wird das Polymer in Gegenwart von Wasserstoff über einen heterogenen Katalysator in kleinere, höherwertige Moleküle zerlegt [41]. Im dargestellten Verfahren von Choi et al. erfolgt dies in einer dreiphasigen Suspensionssäule (SBCR) [42]. Sortiertes, getrocknetes PET wird in einem hochsiedenden, wasserstofflösenden Lösungsmittel (z.B. n-Hexadecan) zusammen mit fein dispergierten Katalysatorpartikeln aufgeschlämmt und durch die Suspension wird Wasserstoff bei erhöhtem Druck und 200 – 280 °C eingeleitet. Der Stoffübergang von H₂ in die Flüssigphase und zur Katalysatoroberfläche ist entscheidend und wird stark von der Viskosität bestimmt, die wiederum vom PET-Molekulargewicht und vom Lösungsmittel-zu-PET-Verhältnis abhängt. Katalysatoren fördern die Spaltung der C–O-Bindungen. Nach der Reaktion werden Wasserstoff abgetrennt und recycelt, der Katalysator heiß filtriert und regeneriert, und Lösungsmittel sowie Produkte per Destillation/Kristallisation aufgearbeitet. Besonders geeignet ist Hydrierung für kontaminierte oder gemischte PET-Ströme und hinsichtlich Lebensmittelkontakt wäre eine Zulassung insbesondere dann möglich, wenn bis zu Monomeren zerlegt und anschließend über etablierte Polymerisationspfade zu PET mit Primärmaterial-Qualität verarbeitet wird. Aus Nachhaltigkeitssicht dominieren Wasserstoffherstellung und Energiebereitstellung die während des Recyclings entstehenden Umweltwirkungen. Dieses Verfahren befindet sich noch in niedrigem Entwicklungsstand und eine industrielle Nutzung ist noch nicht verbreitet.

Selektive Löseverfahren

Selektive Löseverfahren zielen darauf ab, Kunststofffraktionen aus Verbunden und gemischten Abfällen durch Lösen des Zielpolymers zu trennen und dabei Störstoffe zu entfernen. Hiermit können beispielsweise Verbünde von PET und Polyolefinen getrennt werden, in dem die Zielfraktion in einer speziellen Lösemittelformulierung selektiv gelöst wird, während die andere Fraktion ungelöst zurückbleibt. Im Gegensatz zur Depolymerisation wird PET dabei nicht in Monomere gespalten, sondern als Polymer gelöst und recycelt. Somit wird es dem werkstofflichen Recycling zugeordnet. Die Lösungsmittelwahl spielt hierbei eine zentrale Rolle. Das Lösemittel muss in der Lage sein, PET effektiv lösen, während andere Materialien wie Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) und Verunreinigungen wie Farbstoffe nicht gelöst werden. Das Lösen von PET wird in einem geeigneten Lösungsmittelgemisch bei kontrollierten Bedingungen (Temperatur

und Druck) durchgeführt, um eine gezielte Lösung dieser Ziel-Kunststofffraktionen zu erreichen.

Nach der Lösung erfolgt eine mechanische oder chemisch-physikalische Abtrennung der Störstoffe. Ungelöste Störstoffe werden beispielsweise durch Filtration oder Zentrifugation entfernt, so dass nur PET und lösliche Verunreinigungen in der Lösung verbleiben. Die Rückgewinnung des PET kann durch Fällung bzw. Verdampfung des Lösungsmittels erreicht werden. Hierfür wird das als Makromolekül gelöste PET durch ein Fällmittel und ggfs. durch Änderungen von Verfahrensparametern wie Temperaturänderungen aus der Lösung zurückgewonnen. Durch die gezielte, selektive Fällung bleiben gelöste Verunreinigungen im Lösemittel zurück. Störstoffe wie z.B. Farbstoffe und Verunreinigungen werden dabei entfernt, wodurch gegenüber mechanischen Recyclingverfahren eine höhere Qualität des Kunststoffs erzielt werden kann. Das eingesetzte Lösemittel wird einer Aufbereitung zugeführt z.B. durch Destillation, um seine Kreislaufführung zu ermöglichen. Das ausgefällte PET kann nun getrocknet werden und als Sekundärrohstoff eingesetzt werden.

Die Stärke des Verfahrens liegt in der Rückgewinnung von PET hoher Reinheit aus Verbundmaterialien und komplexen Gemischen. Wichtige Verfahren für selektive Löseverfahren für Kunststoffrecycling sind beispielsweise das CreaSolv® Verfahren des Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) [43,44] , sowie das PureCycle Verfahren [45] und das Verfahren der LYB Solvent Recycling GmbH (ehemals Newcycling APK AG) [46] , bei denen jedoch Polyolefine als Zielfraktion im Fokus stehen.

Depolymerisation

Depolymerisation bezeichnet chemische Recyclingverfahren, die darauf abzielen, Kunststoffe in ihre Monomere zu spalten. Dieses Recyclingverfahren ermöglicht die Wiedergewinnung von monomeren Bausteinen, welche anschließend zur Herstellung von neuem PET oder anderen Materialien verwendet werden können. Für die Depolymerisation von PET sind die erzielten Monomere je nach eingesetzter Verfahrensvariante und Art des Angriffs auf die Esterbindung des PET in der Regel Terephthalsäure und Ethylenglykol, oder Derivate dieser beiden Monomere.

Das Grundprinzip der Depolymerisation ist die Spaltung des Polymers. Die chemische Struktur von PET wird durch verschiedene Methoden chemisch oder enzymatisch gespalten, um Monomere zu gewinnen, welche in der Regel für eine erneute Polymerisation von PET eingesetzt werden. Auch eine teilweise Depolymerisation von PET in Oligomere und die Nutzung für weitere Produkte über eine erneute PET-Synthese hinaus ist möglich [47], jedoch nicht im Fokus dieser Studie. Nach der Depolymerisation können die zurückgewonnenen Monomere gereinigt und aufbereitet werden, um Verunreinigungen zu entfernen. Dies kann durch verschiedene mechanische und

chemische Prozessschritte wie Filtration, gezielte Lösung, Ausfällen oder Destillation einzelner Fraktionen erfolgen. Durch die somit möglich gewordene Abtrennung von Fremd- und Störstoffen ist es möglich, eine Aufreinigung des Ausgangsmaterials zu erzielen, die durch rein mechanische Recyclingverfahren für PET nicht erreicht werden kann. Durch die erneute Polymerisation der recycelten Monomere kann somit ein Polymer hoher Reinheit hergestellt werden. Dies macht die Verfahrensvariante für kontaminierte und gemischte Abfallströme bedeutsam und zählt auf den Einsatz des Rezyklats für Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen z.B. für Lebensmittelkontakt ein.

Zu den typischen Verfahrensschritten bei der technischen Nutzung dieser Verfahren gehören eine Vorbehandlung des PET durch z.B. mechanisches Zerkleinern, die Spaltreaktion unter Zugabe der Reagenzien und Katalysatoren, sowie die Abtrennung und Aufbereitung der Endprodukte während oder nach der Spaltungsreaktion. Die Spaltung kann bei variierenden Prozessbedingungen, insbesondere bei unterschiedlichen Temperaturen, Drücken und unter Verwendung von Katalysatoren wie Säuren, Basen, Metalloxiden und Biokatalysatoren durchgeführt werden, so dass sich verschiedene Verfahrensvarianten für die Depolymerisation ergeben. Diese Varianten der Depolymerisation können nach verschiedenen Kriterien gegliedert werden, wobei die Begriffe nicht immer klar abgetrennt voneinander abgegrenzt werden. Sie weisen unterschiedliche technische Reifegrade auf und erfordern daher eine separate Beschreibung und Bewertung. Die wichtigsten Verfahrensvarianten werden im Folgenden beschrieben.

Hydrolyse

Das Grundprinzip der Hydrolyse ist die Spaltung der Esterbindung im PET-Polymer durch Reaktion mit Wasser. Hierfür gibt es mehrere Varianten, die sich durch den Einsatz des Katalysators und damit dem Spaltmechanismus beim chemischen Angriff auf die Esterbindung unterscheiden. Durch die jeweilige technische Umsetzung ergeben sich verfahrenstechnische Varianten, die sich durch unterschiedliche benötigte Hilfsstoffe und Prozessbedingungen (Temperatur von 50 bis 400 °C, variierende Drücke) auszeichnen.

Bei der neutralen Hydrolyse erfolgt die Spaltungsreaktion mit reinem Wasser oder Dampf. Sie erfordert hohe Temperaturen und Drücke, weshalb in Verfahrensvarianten der Hydrolyse häufig Katalysatoren eingesetzt werden. Bei der sauren Hydrolyse kommt eine starke Säure als Katalysator zum Einsatz wie beispielsweise Schwefelsäure. Die Reaktion erfolgt in wässriger Phase unter erhöhten Temperaturen von in der Regel über 100 °C, teils auch bei niedrigeren Temperaturen [48]. Die primären Reaktionsprodukte sind Terephthalsäure und Ethylenglykol, wobei je nach Prozess weitere Salze oder Nebenprodukte entstehen können. Bei der alkalischen Hydrolyse wird eine Base wie Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid als Katalysator verwendet. Auch hier erfolgt die

Reaktion in einer wässrigen Phase bei erhöhter Temperatur bzw. Druck. Es entstehen zunächst Natriumsalze der Terephthalsäure sowie Ethylenglykol, die anschließend durch Neutralisation bzw. Umwandlung in die freien Monomere weiterverarbeitet werden. Die saure und die alkalische Variante sind robust dokumentiert und basieren auf etablierten Prozessschritten.

Enzymatische Hydrolyse

Die enzymatische Hydrolyse nutzt spezielle Biokatalysatoren (Enzyme) wie PETase bzw. MHETase zur Spaltung der Esterbindung. Das Enzym PETase katalysiert zunächst die Spaltung von PET zu Mono(2-hydroxyethyl)terephthalsäure (MHET). Anschließend wird mit dem Enzym MHETase das entstandene MHET in die Terephthalsäure und Ethylenglycol gespalten. Der enzymatische Hydrolyseprozess läuft in Bioreaktoren unter milderen Bedingungen (Druck, Temperatur) ab, in dem die Enzymreaktionen unter kontrollierten Bedingungen stattfinden. Die enzymatische Hydrolyse weist große technische Fortschritte innerhalb der letzten Jahre auf. Beispielsweise arbeitet Carbios aktuell am Transfer eines Verfahrens für die enzymatische Hydrolyse von PET vom Pilotmaßstab hin zum industriellen Maßstab [49]. Durch die milderen Prozessbedingungen bei der enzymatischen Hydrolyse (Temperatur oft bei 30 bis 70 °C, Atmosphärendruck) und die hohe Spezifität der Reaktion wird ihr vielmals das ein hohes Potenzial für Nachhaltigkeitsaspekte zugeschrieben.

Solvolyse

Bei der Solvolyse werden Lösemittel eingesetzt, um die Esterbindung des PET zu spalten und Monomere zu gewinnen. Solvolyseverfahren lassen sich grob nach dem verwendeten Lösemittel gliedern in Alkolyse (einwertiger Alkohol), Glykolyse (zweiwertiger Alkohol, typischerweise Ethylenglykol) und Aminolyse. Die Reaktionsschritte, Prozessbedingungen und erzeugten Monomere variieren nach den eingesetzten Reagenzien zum Spalten der Esterbindung. Die Prozessführung unterscheidet sich zusätzlich durch die Anlagenkonfiguration und kann in Schneckenextrudern oder in speziellen Reaktoren durchgeführt werden, was den Durchsatz und die Skalierbarkeit beeinflussten. Die Depolymerisationsrate hängt für bei der Solvolyse ebenfalls von Druck und Temperatur ab, beispielsweise liegen die Prozesstemperaturen bei der Glykolyse typischerweise bei 80 bis 150 °C [48].

Als Alkoholyse wird der Einsatz eines einwertigen Alkoholes (eine Hydroxygruppe), darunter die verbreiteten Methanolyse- oder Ethanolyse-Ansätze oder mehrwertigen Alkohols (mehrere Hydroxygruppen) zur Depolymerisation bezeichnet. Die bei der Methanolyse erzeugten Monomere sind Dimethylterephthalat (DMT) und Ethylenglykol. Für die Methanolyse betreibt Eastman in den USA bereits Anlagen im industriellen

Maßstab [50]. Die Glycolyse bezeichnet eine Variante der Alkoholyse, bei der ein zweiwertiger Alkohol zur Spaltung verwendet wird, typischerweise Ethylenglykol. Das Grundprinzip ist für diese Variante ebenfalls die Spaltung der Esterbindung, allerdings ergeben sich durch den zweiwertigen Alkohol weitere Reaktionspfade und Produktprofile als bei einwertigen Alkoholen. Als Reaktionsprodukte entstehen hierbei die Monomere Bis(2-hydroxyethyl)terephthalat (BHET) und Ethylenglykol (EG) oder Derivate hiervon, z.B. Diethylenglykol (DEG). Als Verfahren für die Glycolyse von PET sind beispielsweise Ionika [51], Rewind® PET [52] und SK Chemicals zu nennen. Die Aminolyse weist gegenüber den oben beschriebenen Solvolyse-Verfahren einen niedrigeren Entwicklungsstand auf und wird hauptsächlich im Kontext von Forschungsarbeiten beschrieben. Bei der Aminolyse werden Ammoniak oder Amine wie beispielsweise Ethanolamin für die Spaltungsreaktion eingesetzt, um Terephthalamide wie N,N'-Bis(2-hydroxyethyl)terephthaldiamid (BHETA) zu erzeugen.

Bei der Depolymerisation spielt die Anbindung der gewonnen Monomere an Anlagen zur Polymerisation von PET eine signifikante Rolle hinsichtlich Logistik und Abnahme. Viele der Verfahren sind für die Verarbeitung mehrerer PET-Fraktion konzipiert und zielen teils neben dem Recycling von PET aus Verpackungen auch die Aufbereitung von Fasern und Textilien ab. Insgesamt eröffnen die Verfahren zur Depolymerisation von PET eine hohe Bandbreite an Varianten, die je nach Zusammensetzung der Abfallströme, Anwendungsfall des Rezyklats und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine Kreislaufführung von PET genutzt werden können.

9.2 Literaturverzeichnis

1. BMUKN (2025): Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz und nukleare Sicherheit: *Aufkommen und Recyclingquoten von Verpackungen in Deutschland 2023*. <https://www.bundesumweltministerium.de/themen/kreislaufwirtschaft/statistiken/verpackungsabfaelle/aufkommen-und-recyclingquoten-von-verpackungen>
2. European Environment Agency (2025) Country profiles on municipal and packaging waste management. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025>
3. European Environment Agency (2025) Country profiles on municipal and packaging waste management. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling/municipal-and-packaging-waste-management-country-profiles-2025>
4. Eurostat: Diverse Datensätze zu Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Verbrauchsindikatoren. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser>
5. Eurostat (2024) Packaging waste statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics
6. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (2025) DB Marktmenge Verpackungen. Datenbank zum Verpackungseinsatz und -verbrauch in Deutschland.
7. PETCORE Europe: PET Report 2022. https://www.petcore-europe.org/images/news/pdf/PET_REPORT_2022_V4_compressed.pdf
8. PETplanet Insider (2024): The CircuTray-UP project – PET tray packaging recycling. <https://petpla.net/2024/07/29/the-circuitray-up-project-pet-tray-packaging-recycling/>
9. Plastics Recyclers Europe (2023): Plastics Recycling Industry Figures 2023. Mapping of Installed Capacities. https://www.plasticsrecyclers.eu/wp-content/uploads/2024/11/Plastics-Recycling-Industry-Figures_2023.pdf
10. Plastics Recyclers Europe (2023): PET Market in Europe: State of Play 2022. https://www.plasticsrecyclers.eu/wp-content/uploads/2023/06/PET_REPORT2022_June2023.pdf
11. Statista: Consumer Markets Datenbank. <https://de.statista.com/outlook/consumer-markets>
12. World Bank: *GDP per capita, PPP (current international data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD*
13. Vergleich innovativer Identifikationsverfahren für Post-Consumer Leichtverpackungen" abrufbar unter https://www.forum-rezyklat.de/fileadmin/user_upload_20230606_FR_FP2_Endbericht_Vorstudie_Re v.1.0.pdf

14. Fraunhofer IGB Institutsprofil. Wir verbinden Biologie und Technik. <https://www.igb.fraunhofer.de/de/ueber-uns/institutsprofil.html>. Zugriffen: 25. Februar 2026
15. Fraunhofer UMSICHT (2025) Interactive Map of Chemical Recycling Facilities and Projects. Mapping Chemical Recycling in Europe: Projects, Capacities and Status. <https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/2025/Chemical-Recycling-Europe-Map.html>. Zugriffen: 25. Februar 2025
16. Granados P, Russ M, Pierce CJ, Waymire R, Brown N (2022) LCA summary report for Eastman methanolysis technology (North America). Executive Summary and Key Takeaways
17. BASF SE, Corporate Sustainability, Sphera Solutions GmbH (2020) Evaluation of pyrolysis with LCA – 3 case studie. According to ISO 14040:2006 and ISO 14044:2006
18. CARBIOS (2025) Sustainability Report 2024. Our Contribution to Plastic and Textile Circularity, Clermont-Ferrand, France
19. Anglou E, Boukouvala F, Stathatou PM (2025) A cradle-to-gate life cycle assessment of mechanochemical recycling of poly(ethylene terephthalate) waste. Chemical Engineering Journal 524(168719). doi:10.1016/j.cej.2025.168719
20. BASF (2023) Life-Cycle Assessments of Chemical Recycling: An overview. Focus on Carbon Footprint, Ludwigshafen am Rhein
21. Ghosh T, Avery G, Bhatt A, Uekert T, Walzberg J, Carpenter A (2023) Towards a circular economy for PET bottle resin using a system dynamics inspired material flow model. Journal of Cleaner Production 383:135208. doi:10.1016/j.jclepro.2022.135208
22. Gracida-Alvarez UR, Xu H, Benavides PT, Wang M, Hawkins TR (2023) Circular Economy Sustainability Analysis Framework for Plastics: Application for Poly(ethylene Terephthalate) (PET). ACS Sustainable Chem. Eng. 11(2):514–524. doi:10.1021/acssuschemeng.2c04626
23. Helmes RJK, Goglio P, Salomoni S, van Es DS, Vural Gursel I, Aramyan L (2022) Environmental Impacts of End-of-Life Options of Biobased and Fossil-Based Polyethylene Terephthalate and High-Density Polyethylene Packaging. Sustainability 14(18):11550. doi:10.3390/su141811550
24. Luo Y, Selvam E, Vlachos DG, Ierapetritou M (2023) Economic and Environmental Benefits of Modular Microwave-Assisted Polyethylene Terephthalate Depolymerization. ACS Sustainable Chem. Eng. 11(10):4209–4218. doi:10.1021/acssuschemeng.2c07203
25. Rincon PM, Renner M, Borchardt L, Biessey P (2025) Process development and prospective life-cycle assessment of the mechanochemical depolymerization of polyethylene terephthalate. Chemical Engineering Journal 509:161411. doi:10.1016/j.cej.2025.161411

26. Shen L, Worrell E, Patel MK (2010) Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 55(1):34–52. doi:10.1016/j.resconrec.2010.06.014
27. Uekert T, DesVeaux JS, Singh A, Nicholson SR, Lamers P, Ghosh T, McGeehan JE, Carpenter AC, Beckham GT (2022) Life cycle assessment of enzymatic poly(ethylene terephthalate) recycling. *Green Chem.* 24(17):6531–6543. doi:10.1039/D2GC02162E
28. Uekert T, Singh A, DesVeaux JS, Ghosh T, Bhatt A, Yadav G, Afzal S, Walzberg J, Knauer KM, Nicholson SR, Beckham GT, Carpenter AC (2023) Technical, Economic, and Environmental Comparison of Closed-Loop Recycling Technologies for Common Plastics. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 11(3):965–978. doi:10.1021/acssuschemeng.2c05497
29. Singh A, Rorrer NA, Nicholson SR, Erickson E, DesVeaux JS, Avelino AF, Lamers P, Bhatt A, Zhang Y, Avery G, Tao L, Pickford AR, Carpenter AC, McGeehan JE, Beckham GT (2021) Techno-economic, life-cycle, and socioeconomic impact analysis of enzymatic recycling of poly(ethylene terephthalate). *Joule* 5(9):2479–2503. doi:10.1016/j.joule.2021.06.015
30. Nabavi-Pelesaraei A, Damgaard A, Bisinella V (Hrsg) (2023) Mini review on life cycle assessment of chemical recycling for polyethylene terephthalate packaging: A background for UPLIFT project
31. Sphera Solutions GmbH (2025) Managed LCA Content Database
32. Meys R, Frick F, Westhues S, Sternberg A, Klankermayer J, Bardow A (2020) Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 162(105010). doi:10.1016/j.resconrec.2020.105010
33. Cornago S, Rovelli D, Brondi C, Crippa M, Morico B, Ballarino A, Dotelli G (2021) Stochastic consequential Life Cycle Assessment of technology substitution in the case of a novel PET chemical recycling technology. *Journal of Cleaner Production* 311(127406). doi:10.1016/j.jclepro.2021.127406
34. Gracida-Alvarez UR, Benavides PT, Lee U, Wang M (2023) Life-cycle analysis of recycling of post-use plastic to plastic via pyrolysis. *Journal of Cleaner Production* 425:138867. doi:10.1016/j.jclepro.2023.138867
35. Kauertz, Detzel: Verwendung und Recycling von PET in Deutschland. Im Auftrag des NABU, IFEU-Heidelberg, Oktober 2017
36. G. Santomasi et al., *Waste Management* 186 (2024) 293–306
37. Mestry et al., *Ind. Eng. Chem. Res.* 2024, 63, 18067–18074
38. Ganapathi, *Polym Int* 2024; 73: 625–630
39. Argus Recycled Polymers, Ausgabe 26-16 (April 2026) und Ausgabe 25-26 (Juni 2025) von Argus Media group
40. EFSA Journal 2023;21 (7):8086

41. Liu J, Yi S, Cheng J, Liu S (2025) Catalytic reductive conversion of polyethylene terephthalate (PET) plastic waste into fuels, valuable chemicals and degradable polymers. *Green Chem.* 27(37):11312–11342. doi:10.1039/D5GC03083H
42. Choi JH, Kim C, Lee JM (2025) Modeling and Optimization of PET Hydrogenolysis in a Slurry Bubble Column Reactor. *Ind. Eng. Chem. Res.* 64(18):9303–9314. doi:10.1021/acs.iecr.4c04608
43. Schlummer M., Fell T., Mäurer A., Altnau G. (2022) Die Rolle der Chemie beim Recycling - Physikalisches und chemisches Kunststoffrecycling im Vergleich. *Kunststoffe* 2022(6):51–54
44. Schlummer M., Neubauer J., Knappich F., Mäurer A., Weig U., Backfisch M., Rinderhofer A. (2022) Recycling von Verbundfolien. *Lösungsmittelbasierte Recyclingverfahren* 2022(1):38–40
45. PureCycle Our process uses an innovative recycling technology. <https://www.purecycle.com/our-process>. Zugegriffen: 25. Februar 2026
46. LyondellBasell (2026) Solvent-based – Newcycling. To address flexible plastic waste (LDPE). <https://www.lyondellbasell.com/globalassets/lyb/our-solutions/technologies/recycling/technology-solvent-based-newcycling-factsheet-lyb.pdf>. Zugegriffen: 25. Februar 2026
47. Fraunhofer IFAM (2026) Transcycling. Chemisches Recycling von PET für den Mittelstand. <https://www.ifam.fraunhofer.de/de/magazin/transcycling.html>. Zugegriffen: 25. Februar 2026
48. Carta D, Cao G, D'Angeli C (2003) Chemical recycling of poly(ethylene terephthalate) (PET) by hydrolysis and glycolysis. *Environ Sci Pollut Res Int* 10(6):390–394. doi:10.1065/espr2001.12.104.8
49. Oda K, Wlodawer A (2024) Development of Enzyme-Based Approaches for Recycling PET on an Industrial Scale. *Biochemistry*. doi:10.1021/acs.biochem.3c00554
50. (2026) Tennessee | Molecular Recycling Facility. Kingsport, Tennessee, site. <https://www.eastman.com/en/sustainability/environmental/circularity/site-locations/tennessee-site>. Zugegriffen: 25. Februar 2026
51. Babić K, Gravendeel M (Hrsg) (2025) IONIQA's PET depolymerisation story: from bottles to Multi-Layer Trays and beyond. Zenodo
52. Axens (2020) Rewind® PET. The Technology to Upcycle any Waste PET into Food Grade PET

	PET Trays, Pots and other rigids								PET Trays, Pots and other rigids			PET bottles						
	D4R-Guidelines								D4R-Assessments	Recyclability-Assessments		D4R-Guidelines						
	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP						
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles					
Date/Version: Link:	March 25th, 2025 https://www.cotrep.fr/en/steps/pots-and-trays/pt-clear-pet/	July 24th, 2024 https://www.cotrep.fr/en/steps/pots-and-trays/pt-coloured-pet/	Version 2024, accessed on 21st August 2025 https://www.recoup.org/research-and-reports/recyclability-by-design-2024-with-bpf/	Last updated on September https://plasticsrecycling.org/apr-design-hub/apr-design-guide/pet-rigid/	January 2025 https://recyclass.eu/guidelines/clear-pet-thermoforming-trays/	Date: 2025-06	Date: 2025-06 :	Date: 2025-06	accessed October 2023 https://recyclass.eu/recyclability/online-tool/	Fassung 6.1 https://www.cyclos-htp.de/publications/r-a-catalogue/	2025 https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/files/Mindeststandard/Mindeststandard_VerpackG_2025.pdf	accessed October Design Guidelines – EPBP - European PET Bottle Platform	accessed October https://www.epbp.org/design-guidelines/products					
Legende:	Full compatibility – ideal	Full compatibility – ideal	COMPATIBLE for recycling for most applications	PREFERRED	FULL COMPATIBILITY	Green / Full compatibility			PREFERRED - NO DEDUCTION	Category MV: valuable material	valuable material	FULL COMPATIBILITY	FULL COMPATIBILITY					
	Tolerated compatibility	Tolerated compatibility																
	Limited compatibility - conditionnal	Limited compatibility - conditionnal	MAY BE SUITABLE for recycling for some applications	Detrimental	LIMITED COMPATIBILITY	Yellow / Limited compatibility			LIMITED COMPATIBLE	Category 1 (CAT 1): (in reprocessing) separable non-valuable materials	separable or conditionally compatible	CONDITIONAL	CONDITIONAL					
										Category 2 (CAT 2): conditionally compatible								
	Not compatible and/or disruptive	Not compatible and/or disruptive	NOT SUITABLE for recycling	Non-Recyclable Needs Testing	NO - LOW COMPATIBILITY	Red / Not compatible			NOT RECYCLABLE	CAT 3: incompatible	Incompatibilities	LOW COMPATIBILITY	LOW COMPATIBILITY					
BODY MATERIAL																		
PET (PET-A, PET-C, PET (non-specific)	PET	PET	-	Intrinsic Viscosity (IV): between 0.72- 0.90 dL/g as determined by ASTM D4603 test method Crystalline Melting Point: 225-255 °C as determined by ASTM D3418-15 test method Monomer Composition: > 90% PTA or DMT reacted with MEG	PET Thickness > 180 µm PET trays with porous enabling liquid retention	PET	PET	A-PET, CPET	PET Thickness >= 180 µm PET trays with porous enabling liquid retention	PET-A PET-A opaque PET-C	PET-A PET-A opaque PET-C	PET	PET					
	PET in association with a PET-based sealing layer	CPET		Intrinsic Viscosity (IV): <0.72 dL/g or > 0.90 dL/g as determined by ASTM D4603 test method Monomer Composition: < 90% PTA or DMT reacted with MEG Crystalline Melting Point <225 °C or > 255 °C, or non-crystallizable	- Other PET multilayers; PETG; C-PET; PET-GAG; Expanded PET Thickness < 180 µm (sorting test)	PET thickness >150 microns; or between 2,01x10-4 and 2,41x10-4(g/cm2) ratio weight/total surface.	PET thickness >150 microns; or between 2,01x10-4 and 2,41x10-4(g/cm2) ratio weight/total surface.	PET thickness >150 microns; or between 2,01x10-4 and 2,41x10-4(g/cm2) ratio weight/total surface.	PET Thickness < 180 µm (sorting test)									
	To date, colored and opaque packaging (e.g. CPET) are not included in the recycling stream. Work is on going to assess the possibility of including them in the medium/long term.					PET thickness below 150 microns; or less than 2,01x10-4(g/cm2) ratio weight/total surface.	PET thickness below 150 microns; or less than 2,01x10-4(g/cm2) ratio weight/total surface.	-										
Recycled PET	-	-	-	-	-	-	-	rPET	Improvement by 1 (+), 2 (++) or 3 (+++) levels by rPET content: More than 90% (+++) Between 50% and 90% (++) Between 15% and 50% (+) Less than 15%	rPET	rPET	-	-					
Bio Based/PEF	-	-	-	-	Polymer resin can be either fossil- or bio-based, virgin or recycled.	-	-	-	-	PEF	PEF; Materials in multilayer Density > 1 g/cm³ - PEF layer	-	-					
Expanded PET	PET with additive loads or expanded	Expanded PET d > 1 (gaz, blowing agent)	-	Foamed PET: > 95% sinks in water per PET-S-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
			-	Foamed PET: > 51% and < 95% sinks in water per PET-S-05	-	-	-	-	-	-	-	-						
		Expanded PET d < 1 (gaz, blowing agent)	-	Foamed PET: < 51% sinks in water per PET-S-05	Other PET multilayers; Expanded PET Thickness < 180 µm (sorting test)	-	-	XPET	-	-	-	-						
PET-G	Copolyester (PETG, PET-GAG, PET hot-fill)	Copolyester (ex. PETG*, PET-GAG, PET hot-fill*) * guideline from test results	-	-	-	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	Included in: Others (PLA, PVC, PS, PETG etc.)	PET-G	PET-G	PETG	PETG					
Other PET	Copolyester (PETG, PET-GAG, PET hot-fill)	Copolyester (ex. PETG*, PET-GAG, PET hot-fill*) * guideline from test results	-	-	Other PET multilayers; PETG; C-PET; PET-GAG; Expanded PET Thickness < 180 µm (sorting test)	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	-	-	-	-	-					
		PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)																
		PET in association with a none plastic material (wood, ceramics ...)																

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
PBT	-	-	-	-	?	PBT	-	PBT	?	PBT layer	PBT; Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PBT layer	PBT (as a bottle material)	PBT (as a bottle material)
PE or PP	PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)	PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)	PE seal Layer	-	PET/PE multilayer with or without barrier not hindering NIR detection of the PET	-	PET/PE* ; PET/PE/EVOH/PE and other PET/polyolefin structures. The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using regular PET recycling lines (see Laminating adhesives)	PET/PE* ; PET/PE/EVOH/PE and other PET/polyolefin structures. The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using regular PET recycling lines (see Laminating adhesives)	PE	PE layer (non-specific) HDPE, MDPE, LDPE, LLDPE, rHDPE, rLDPE, PE-PP- copolymer layer, mPE (Metallocen) layer; Plastomer (PE) layer	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PE-layer	-	-
						-	PET/PE; PET/PE/EVOH/PE and other PET/polyolefin structures. The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using delamination processes (see Laminating adhesives)	PET/PE; PET/PE/EVOH/PE and other PET/polyolefin structures. The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using delamination processes (see Laminating adhesives)	PP	PE-EVA blend layer; PE-X layer; PE Peel layer (non-specific)	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PE-x layer, PE peel-layer (non-specific)		
						-	Non separable PET/PE or PET/polyolefin structures	-		PP layer; PP copolymer layer (non- specific); PP-PE-copolymer layer; PP terpolymer layer; rPP layer;	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PP layer; PP Peel layer (non-specific)		
PLA	PLA PET/PLA	PLA PET/PLA	-	-	PLA	PLA	-	PLA	PLA	Included by: " other polymer layers"	-	PLA	PLA
POM	-	-	-	-	-	-	-	-	Included in: Other polymers (PE, PP, PS, EPS, PVC, Others)	Included by: " other polymer layers"	-	-	-
PVC	PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)	PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)	-	-	PVC	PVC	-	PVC	Included in: Others (PLA, PVC, PS, PETG etc.)	Included by: " other polymer layers"	-	PVC and other halogenated compounds	PVC and other halogenated compounds
PS	included by: "PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)"	included by: "PET in association with other plastic resins (PET/PE, PET/PLA, PET/PVC, etc.)"	-	-	PS	PS	-	PS	Included in: Others (PLA, PVC, PS, PETG etc.)	PS- / rPS-layer	-	PS	PS
Non Plastic Material	PET in association with a none plastic material (paper, wood, ceramic,metal, etc.)	PET in association with a none plastic material (wood, ceramics)	-	-	-	-	-	-	aluminium layer thicker than 5 µm	Aluminium layer* *Examination of design- related material losses	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: Aluminium layer* *Examination of design- related material losses	-	-
Others	-	-	-	-	-	polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...); as defined in PART 1	PET/EVOH/PET; PET/PA/PET	PLA; PVC; PS; PBT; XPET; polyesters not complying with the definition of PET or CPET (e.g. PETG...)	Oxo- and bio-degradable plastics	PA layer, PVDC layer, PVOH layer	Multilayer structure, density < 1 g/cm³* *Examination of design- related material losses	PC	PC
	-	-	-	-							Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PA layer, PVDC-Layer, PVOH layer EVOH layer		
Comments	Mono PET trays with an adhesive deposited on the sealing edge are mono PET trays. *Sorting and regeneration studies are underway on different copolyesters (PETG, PCTA, etc.) to verify their orientation in the sorting center and the impact during regeneration.	-	-	-	Polymer resin can be either fossil- or bio-based, virgin or recycled	-	* PE includes also EVA, EMA, EEA and EBA and PE-g-MAH as a tie layer.	* PE includes also EVA, EMA, EEA and EBA and PE-g-MAH as a tie layer.	-	-	-	-	-

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP		
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles	
BODY SIZE														
Size / Dimension	-	-	-	Large Size Boundary: ≤ 7.5 liters (2 gal) in volume Large Size Boundary: > 7.5 liters (2 gal) in volume Small Size Boundary: > 2 in (5 cm) in any two dimension Small Size Boundary: ≤ 2 in (5 cm) in any two dimensions 2D/-3D Boundary: Smallest uncompressed packaging dimension ≥ minimum dimensions per APR-RES-SORT-05 2D/-3D Boundary:: Smallest uncompressed packaging dimension < minimum dimensions per APR-RES-SORT-05	Items compacted < 5 cm Items compacted < than 2 cm	-	-	-	Size > 5 cm (compacted): The size of the packaging should not prevent the sortability of the packaging. Size = 5 cm (compacted): A sorting test is recommended. Please refer to the RecyClass Sorting Protocol. Size < 2 cm (compacted): Based on the European state of art technologies the packaging will get lost during the sorting steps.	-	-	smaller than 4 cm (when compacted) or larger than 5 liters	smaller than 4 cm (when compacted) or larger than 5 liters	
BODY COLOUR														
Transparent Clear	Transparent clear	-	Clear / uncoloured	clear	Transparent clear	clear	clear	-	Transparent clear	Transparent clear	Transparent clear	Transparent clear	n.a.	
Transparent Light Green	Other transparent colours	Transparent green	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	transparent green	Other transparent colours	-	-	Light and opaque NIR detectable colors	Transparent colours	coloured transparent	coloured transparent	included by: "other transparent colours"	included by: "transparent, light colours"	
Transparent Light Blue	Transparent blue	Blue	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	transparent blue	Other transparent colours	transparent light blue	transparent light blue	-	Transparent colours	coloured transparent	coloured transparent	x	included by: "transparent, light colours"	
Other Transparent Colours	Other transparent colours	All colour except blue and transparent green* * guideline from test results	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	other Transparent Colors	Other transparent colours	-	-	Light and opaque NIR detectable colors	Transparent colours	-	-	included by: "other transparent colours"	included by: "transparent, dark colours"	
Opaque	Opaque	-	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	Opaque	Opaque	-	-	Light and opaque NIR detectable colors	Opaque	"PET-A opaque"	"PET-A, PET-C opaque"	Opaque	Opaque	
Black and Dark Colors	Other transparent colours / Opaque	Not detectable black colour in external layer	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	black/dark colors passing SORT-S-01 black/dark colors not passing SORT-S-01	-	-	-	Light and opaque NIR detectable colors non detectable colors	Carbon black (sorting test)	standard colour pigment carbon black (sooth)	-	-	-	
Metallic	Metallic	Metallic	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	-	Metallic	-	-	Metallic	Metallic	-	-	Metallic	Metallic	
Fluorescence	Fluorescence	Fluorescence	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	-	-	-	-	Fluorescent colors	Fluorescent	-	-	Fluorescence	Fluorescence	
Others	-	All colour with mineral content > 1%* * guideline from test results	NIR detectable colours* Non-NIR detectable colours e.g containing carbon black*	-	-	-	-	Light and opaque NIR detectable colors non detectable colors	-	-	-	-	-	
Comments	To date, colored and opaque packaging (e.g. CPET) are not included in the recycling stream. Work is on going to assess the possibility of including them in the medium/long term.	-	*No additives or processes should result in not intentionally added substances (NIAS) as this would contaminate food grade recycled content	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP		
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles	
BODY BARRIER / COATINGS														
EVOH	EVOH	EVOH	EVOH	-	Barrier material within PE layer (i.e PE/EVOH/PE) or with barrier material blended in PE	EVOH	PET/PE/EVOH/PE The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using regular PET recycling lines (see Laminating adhesives)	EVOH barrier material laminated and incorporated into the polyolefin liner, separable with current washing, friction in recycling lines. This includes PE-g-MAH as tie layer between PE and EVOH. PE includes EVA, EMA, EBA and EEA	For multilayers: Barrier material within PE layer (i.e PE/EVOH/PE) or with barrier material blended in PE	EVOH layer	EVOH layer	EVOH	EVOH multilayer with up to 3 wt% EVOH and no tie layers;	
							PET/PE/EVOH/PE The polyolefin layer shall be separable from the PET layer using delamination processes (see Laminating adhesives)	EVOH barrier material laminated and incorporated into the polyolefin liner, non- separable with current washing, friction in recycling lines.					EVOH multilayer with >3 wt% EVOH or with tie layers	
					EVOH		PET/EVOH/PET		EVOH					
Oxygen Scavengers	included by: "Other barriers and resins (multilayer or blends barrier)"	included by: "Other barriers and resins (multilayer, blends, hydrosoluble barrier)"	included by additives: O2 scavengers	Oxygen Scavengers that pass PET-CG-01 when using aging condition per PET-P-12	PET based oxygen scavenger without yellowing effect	Pet based oxygen barrier or scavenger with no yellowness effect after oven test as described in EN-ISO 15348	-	Pet based oxygen barrier or scavenger	PET based oxygen scavenger with no yellowness effects (EPBP Oven Test)	Oxygen scavenger (PA free)	Oxygen scavenger (PA free)	oxygen scavengers	oxygen scavengers	
					PET based oxygen scavenger with limited yellowing effect	PET based oxygen Barriers or Scavenger with limited yellowness effect after oven test as described in EN-ISO 15348.			PET based oxygen scavenger with limited yellowness effects (EPBP Oven Test)					
				Untested Oxygen Scavengers	Any other oxygen scavenger	Oxygen Scavengers using a different carrier than PET and/or showing a strong yellowness effect after oven test as described in EN-ISO 15348			Any other oxygen scavenger					
PA	PA	PA* * guideline from test results	PA (Nylon)	-	PA	PA	PET/PA/PET	-	PA	PA layer	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PA layer	-	Nylon-MXD6 in a 3- layer structure with up to 6 wt% Nylon- MXD6 and no tie layers	
												Nylon-MXD6 in a 3- layer structure with up to 5 wt% Nylon- MXD6 and no tie layers;	Nylon-MXD6 in a multilayer structure with up to 6 wt% Nylon-MXD6 and tie layers; monolayer Nylon- MXD6 blend	
												Nylon-MXD6 in a 3 layer structure, with > 5 wt% Nylon-MXD6 or with tie layers; Nylon-MXD6 in a 5 layer structure; monolayer Nylon- MXD6 blend;	Nylon-MXD6 in a multilayer structure with > 6 wt% Nylon- MXD6;	
PVDC	included by "Other barriers and resins (multilayer or blends barrier)"	included by "Other barriers and resins (multilayer, blends, hydrosoluble barrier)"	-	-	included by: "Any other barrier"	-	-	PVDC as barrier	included by: "Any other barrier"	PVDC layer	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PVDC layer	-	-	
PVOH	included by "Other barriers and resins (multilayer or blends barrier)"	included by "Other barriers and resins (multilayer, blends, hydrosoluble barrier)"	-	-	included by: "Any other barrier"	-	-	-	included by: "Any other barrier"	PVOH layer	Materials in multilayer Density > 1 g/cm³: PVOH layer	-	-	
Other Barriers and Additives	Other barriers and resins (multilayer or blends barrier)	Other barriers and resins (multilayer, blends, hydrosoluble barrier)	None	Other untested Additives/Barriers	SiOx and AlOx plasma for barrier on lid;	SiOx plasma-coating	Barrier material laminated or incorporated into the polyolefin liner	Nucleating agent for CPET (crystallinity control) Impact modifiers for CPET	Barrier layers within the PET layer or in direct contact to PET layer	SiOx AlOx	SiOx AlOx	SiOx plasma-coating	SiOx plasma-coating carbon plasma- coating PTN alloy	
					Barrier layers within the PET layer or in direct contact to PET layer					Seal-edge coating (wash-off in hot wash, 80 °C	Seal-edge coating (wash-off in hot wash, 80 °C	PGA multilayer ; PTN alloy	PGA multilayer	
				Other Additives/Barriers		Additives intended to induce degradation		Additives intended to induce degradation		Acrylic-based coating	Acrylic-based coating	-	-	
										Seal-edge coating (not washable off in hot wash, 80 °C	Seal-edge coating (not washable off in hot wash, 80 °C			
					Any other barrier					other blended barriers other coatings*	other blended barriers other coatings*			
										**Examination of design- related material losses	**Examination of design- related material losses			

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
BODY ADDITIVES and DENSITY													
PET d > 1	-	Expanded PET d > 1 (gaz, blowing agent)	-	s. expanded PET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PET d < 1	-	Expanded PET d < 1 (gaz, blowing agent)	-	s. expanded PET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AA blockers	AA blockers	AA blockers	AA blockers	-	AA blockers	AA blockers; with limited effect on clarity	AA blockers; with limited effect on clarity	-	AA blockers	AA-blocker	AA-blocker	AA blockers	AA blockers
Antiblocking Masterbatch	-	-	Anti-block	-	Antiblocking masterbatch (max 3%)	Antiblocking masterbatch (without affecting clarity)	Antiblocking masterbatch (without affecting clarity)	Antiblocking masterbatch ≤ 3 %	Antiblocking masterbatch (max 3%)	Anti-block	Anti-block	-	-
					Antiblocking masterbatch (> 3%)	-	-	-	Antiblocking masterbatch (> 3%)			-	-
Antiblocking agents	-	-	Anti-block	-	-	antiblocking agents; with limited effect on clarity	antiblocking agents; with limited effect on clarity	-	Anti-blocking agents	Anti-block	Anti-block	-	-
Anti-fogging agents	-	-	-	-	Anti-fogging agents	anti-fogging (on coating area) with limited effect on clarity	anti-fogging (on coating area) with limited effect on clarity	-	Anti-fogging agents	-	-	-	-
Anti-stat agents	-	-	-	-	Anti-stat agents	-	antistat agents; with limited effect on clarity	-	Anti-stat agents	-	-	-	-
Bio-/oxo- /photodegradables additives	Bio-/oxo-/photodegradables additives	Bio-/oxo-/photodegradables additives	-	Degradable Additives: Renders Package Non- Recyclable	Bio/Oxo/Photodegradable additives	-	Additives intended to induce degradation	Additives intended to induce degradation	Bio/Oxo/Photodegradable additives	Bio-/oxo- /photodegradables additives	Bio-/oxo-/photodegradables additives	bio-/oxo- /photodegradable additives	bio-/oxo- /photodegradable additives
Nanocomposites	Nanocomposites	Nanocomposites	-	-	Nanocomposites	Nanocomposites not allowed by food contact regulation	Nanocomposites not allowed by food contact regulation	Nanocomposites not allowed by food contact regulation	Nanocomposites	Nanocomposites	Nanocomposites	Nanocomposites	Nanocomposites
Optical brightener	Optical brightener	Optical brightener	-	Optical Brighteners	Optical brighteners	optical brighteners; with limited effect on clarity	optical brighteners; with limited effect on clarity	-	Optical brighteners	-	-	Optical brighteners	Optical brighteners
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PA addition	PA addition	-	-
Silicone	Silicone on surface for unstacking	-	Minimal silicone surface coating (de-nest)* *No additives or processes should result in not intentionally added substances (NIAS) as this would contaminate food grade recycled content	-	Silicone surface coating	Silicone surface coating (on coating area);without affecting clarity	Silicone surface coating (on coating area);without affecting clarity	Silicone surface coating (on coating area)	Silicone surface coating	Silicone coating	-	Organosilicon compounds	Organosilicon compounds
Toners	-	-	-	Untested Toners	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Toners	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UV stabilisers	UV stabilisers	UV stabilisers	UV stabilisers	-	UV stabilizers	UV stabilisers; with limited effect on clarity	UV stabilisers with limited effect on clarity	-	UV stabilizers	UV stabilisers	UV stabilisers	UV stabilisers	UV stabilisers
Others	PET with additive loads or expanded	PET with additive loads or expanded	-	Other untested Additives/Barriers	-	-	Additives intended to induce degradation	Nucleating agent for CPET (crystallinity control) Impact modifiers for CPET	Any other PFAs-based additives	Master batch; Color batch; Absorbers (mineral); Lime, chalk; Talc; Titan dioxide Anti-slip additive	Master batch; Color batch; Absorbers (mineral); Lime, chalk; Talc; Titan dioxide Anti-slip additive	-	-
				Other Additives/Barriers				Additives intended to induce degradation			Coloration using carbon black-based pigments (also when used in internal layers)* *Examination of design- related material losses		

COTREP		RECOUP		APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP		
PET clear Pots, trays and other rigids		PET coloured Pots, trays and other rigids		PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
DECORATION LABELS														
PE or PP-Labels	PP, OPP, PE partial	LABEL ON PACK OR CAP: Plastic d <1 (ex. PP, OPP, PE)	PP / OPP Less than 60% coverage on face Labels that are removed in or before the wash step*	-	Labels in PE; PP; OPP (all with density <1 g/cm³)	PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	Labels in PE; PP; OPP (all with density <1 g/cm³)	-	-	PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	
	PP, OPP, PE total	LABEL ON PACK OR CAP: PET on a PET pack which is not transparent green or white/opaque								Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)			
	LABEL ON BODY OR CAP / ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID: Paper, PP, OPP, PE with not water releasable adhesive									Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C			
PET-Labels	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Other plastic d>1 (ex. PET on PET clear packaging, PETg, PS, etc.)	LABEL ON PACK OR CAP: Other plastic d>1 (ex. PVC, PETg, PS, PET on opaque PET pack and transparent green PET)	PET	-	PET-polymer (<50% coverage)	foamed PETG (even with density <1 g/cm³);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PET; PETG; PLA);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PET; PETG)	-	Label / Sealing film: Monolayer film/coextruded multilayer film made of PET (except PET-G), density > 1 g/cm³, unprinted and not lacquered	Label / Seal film: Monolayer film / coextruded multilayer film made of PET (except PET-G), density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered			
										Label / Sealing film: Coextruded multilayer film made of PET (except PET- G)/PE, unprinted and not lacquered	Label / Sealing film: Coextruded multilayer film made of PET (except PET- G)/PE, unprinted and not lacquered	foamed PET (density <0.95g/cm³)	foamed PET (density <0.95g/cm³)	
		LABEL ON MONO OR MULTI LID D<1, WITHOUT METAL: Other plastic d>1 (ex. PVC, PETg, PS, PET)						foamed PETG (even with density <1 g/cm³);		foamed PETG (even with density <1 g/cm³)	Label / Seal film: Multilayer PET film, adhesive-laminated, density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered* *Testing for design-related material losses	Label / Seal film: Multilayer PET film, adhesive- laminated, density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered* *Testing for design-related material losses	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PET; PETG); foamed PETG (even with density <1 g/cm³); PET with washable inks	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG; PLA); foamed PETG (even with density <1 g/cm³); PET with washable inks
PLA-Labels	-	-	-	Polymer Film Label: Film label that contains PLA or PVC	included by: "Plastic labels with density > 1 g/cm³"	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PLA);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PLA);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PLA);	Included by: "Non PO with a density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PLA);	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PLA);	
PS-Labels	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Other plastic d>1 (ex. PET on PET clear packaging, PETg, PS, etc.)	LABEL ON PACK OR CAP: D<1, WITHOUT METAL: Other plastic d>1 (ex. PVC, PETg, PS, PET)	-	-	included by: "Plastic labels with density > 1 g/cm³"	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PET; PETG; PLA);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PS)	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PS)	Included by: "Non PO with a density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	EPS	EPS	
												materials with density >1 g/cm³ (e.g. PS)	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PS)	
PVC-Labels	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": PVC	PVC	PVC	Polymer Film Label: Film label that contains PLA or PVC	included by: "Plastic labels with density > 1 g/cm³"	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PET; PETG; PLA);	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC)	Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC)	Included by: "Non PO with a density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	Included by: "Mono- /multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³"	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds)	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds)	
Fibre-based labels	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Paper partial with a water releasable adhesive	LABEL ON PACK OR CAP: Paper	Paper over 60% coverage on face	Paper Label	BPA-free paper labels without fibreloss during recycling process	BPA-free paper labels* without fiber loss during recycling process	BPA-free paper labels* without fiber loss during recycling process	BPA-free paper labels* without fiber loss during recycling process	BPA-free paper labels without fibreloss	Paper label (not wet- strength / wetstrength equipped)	Paper label (not water- resistant / water-resistant treated)	Paper	Paper	
	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Paper total with a water releasable adhesive	LABEL ON MONO OR MULTI LID D<1, WITHOUT METAL: Paper with a water releasable adhesive												
	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Paper with not water releasable adhesive	LABEL ON MONO OR MULTI LID D<1, WITHOUT METAL: Paper with not water releasable adhesive			Paper labels with fibreloss during recycling process; Paper labels containing BPA; Non floating paper labels	Paper with full coverage, Paper labels with fiber loss (pulpung).	Paper with full coverage, Paper labels with fiber loss (pulpung).	Paper with full coverage Paper labels with fiber loss (pulpung). Non floating paper labels	Paper with fibreloss; Paper containing BPA					

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
Metal Layer Aluminium, metallized, or metallic printed labels	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Multilayer with an alu layer (ex. paper/alu, PP/alu)	LABEL ON PACK OR CAP: Multilayer with an alu layer (ex. paper/alu, PP/alu)	Metallised	Label with metal decoration where surface area ≤ Preferred Surface Area per RES-SORT-03b Labels with metal decoration that are untested OR do not pass SORT-S-03 Labels with metal decoration where surface area > Preferred Surface Area per RES-SORT-03b	included by: "Plastic labels with density > 1 g/cm³"	Metallized materials compromising NIR detection or sink float separation.	Metallized materials compromising NIR detection or sink float separation.	Metallized materials compromising NIR detection or sink float separation.	Non PO with a density > 1 g/cm3	-	-	lightly metallised labels	lightly metallised labels
Others (Labels)	"LABEL ON BODY OR CAP" + "ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID" + "LABEL ON MONO OR MULTI D<1, WITHOUT METAL, LID": Other plastic d>1 (ex. PET on PET clear packaging, PETg, PS, etc.)	LABEL ON PACK OR CAP: Other plastic d>1 (ex. PVC, PETg, PS, PET on opaque PET pack and transparent green PET)	In Mould label	Polymer Film Label: Film label that floats in water	Plastic labels with density > 1 g/cm³	Non-detaching or welded labels;	Non-detaching or welded labels;	Non-detaching or welded labels;	Non PO with a density > 1 g/cm3	Mono-/multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³	Mono-/multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG; PLA); non-detaching or welded labels;	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG; PLA); non-detaching or welded labels;
		Labels that result in detection error	Film label that sinks in water	Mono-/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)						Mono-/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)			
		Labels that cannot be removed		Mono-/multilayer film including printing and coating, density < 1 g/cm³, not completely removable in alkaline hot wash at 80 °C						Mono-/multilayer film including printing and coating, density < 1 g/cm³, not completely removable in alkaline hot wash at 80 °C			
Coverage	An integral label reduces collection efficiency in the sorting center Coverage limit (% surf.) to improve the sorting efficiency: – Volumes > 500 ml: % surf. < 70% – Volumes < 500 ml: % surf. < 50%	LABEL ON PACK OR CAP: An integral label reduces caption efficiency in the sorting center Coverage limit (% surf.) to improve the sorting efficiency: Volumes > 500 mL: % surf. < 70% Volumes < 500 mL: % surf. < 50%	Less than 60% coverage on face	Main Body Volume ≤ 550 mL: ≤ 55% Surface Area Coverage Main Body Volume > 550 mL: ≤ 75% Surface Area Coverage	Labels with a size that does not hinder the recognition of the underlying PET-polymer (<50% coverage)	Labels with less than 70% packaging coverage for packaging over 500 ml, 50% equal and below 500 ml.	Labels with less than 70% packaging coverage for packaging over 500 ml, 50% equal and below 500 ml.	Labels with less than 70% packaging coverage for packaging over 500 ml, 50% equal and below 500 ml.	With a size that does not hinder* the recognition of the underlying PET-polymer (<50% coverage)	-	Large-area labeling (> 50% of the projected surface) with foreign material* *Testing for design-related material losses	-	-
			over 60% coverage on face	Main Body Volume ≤ 550 mL: > 55% Surface Area Coverage Main Body Volume > 550 mL: >75% Surface Area Coverage	Labels with a coverage >50% (sorting test)			Labels with more than 70% packaging coverage for packaging over 500 ml, or more than 50% equal and below 500 ml.	Large labels (>50% covering for <500 ml and >70% covering for >500 ml)*				
Comments	-	-	*No additives or processes should result in not intentionally added substances (NIAS) as this would contaminate food grade recycled content	-	-	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	*Testing the sorting behaviour by following the RecyClass Sorting Protocol is recommended	-	-	-	-

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
DECORATION SLEEVE													
PE or PP Sleeve	Plastics d<1 (ex. PP, OPP, PE) partial	PP, OPP, PE d <1	-	-	-	PO, PE, PP, OPP, all with density <1 g/cm³	PO, PE, PP, OPP, all with density <1 g/cm³	PO, PE, PP, OPP, all with density <1 g/cm³	-	-	-	sleeves with partial bottle coverage in PE; PP; OPP; all with density	sleeves with partial bottle coverage in PE; PP; OPP; all with density
	Plastics d<1 (ex. PP, OPP, PE) total											full sleeves translucent for IR detection in PE; PP; OPP; EPS; foamed PET; LDPET; all with density <0.95 g/cm³	full sleeves translucent for IR detection in PE; PP; OPP; EPS; foamed PET; LDPET; all with density <0.95 g/cm³
PET Sleeve	Other plastics d>1 (ex. PET, PETG, PS, PLA)	PET on a PET pack which is not transparent green or white/opaque	-	-	-	-	-	PET based sleeve with density <1g/cm3	-	-	-	full sleeves translucent for IR detection in PE; PP; OPP; EPS; foamed PET; LDPET; all with density <0.95 g/cm³	full sleeves translucent for IR detection in PE; PP; OPP; EPS; foamed PET; LDPET; all with density <0.95 g/cm³
		Other plastics d>1 (ex. PET on opaque PET pack and transparent green PET, PETG, PS, PLA and PVC)						Materials with density >1g/cm3 (eg. PETG) Foamed PETG (even with density <1g/cm3)				materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG); foamed PETG (even with density <1 g/cm³); PET with washable inks	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG); foamed PETG (even with density <1 g/cm³); PET with washable inks
PS Sleeve	Other plastics d>1 (ex. PET, PETG, PS, PLA)	Other plastics d>1 (ex. PET on opaque PET pack and transparent green PET, PETG, PS, PLA and PVC)	-	-	-	-	-	Materials with density >1g/cm3 (eg PS)	-	-	-	full sleeves translucent for IR detection in EPS with density <0.95 g/cm³	full sleeves translucent for IR detection in EPS with density <0.95 g/cm3
												materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG)	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG)
PVC Sleeve	PVC	PVC	-	-	-	-	-	Materials with density >1g/cm3 (eg PVC)	-	-	-	PVC	PVC
Others (Sleeve)	Plastics d<1 (ex. PP, OPP, PE) partial	Other plastics d<1	-	-	-	Paper wrap attached/glued to the packaging	-	Materials with density >1g/cm3 (eg metal, PVC, PS, PETG) metallized materials.	-	-	-	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG); metallised materials; heavily	materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC and other halogenated compounds; PS; PET; PETG); metallised materials; heavily
	Plastics d<1 (ex. PP, OPP, PE) total	Other plastics d>1 (ex. PET on opaque PET pack and transparent green PET, PETG, PS, PLA and PVC)											
	Other plastics d>1 (ex. PET, PETG, PS, PLA)												
Coverage	An integral sleeve reduces collection efficiency in the sorting center Coverage limit (% surf.) to improve the sorting efficiency: – Volumes > 500 ml: % surf. < 70% – Volumes < 500 ml: % surf. < 50%	An integral sleeve reduces caption efficiency in the sorting center Coverage limit (% surf.) to improve the sorting efficiency: Volumes > 500 mL: % surf. < 70% Volumes < 500 mL: % surf. < 50%	-	-	-	Sleeves with partial coverage (max. 70%) and wraps with full coverage of the packaging	Sleeves with partial coverage (max. 70%) and wraps with full coverage of the packaging	Sleeves with partial coverage (max. 70%) and wraps with full coverage of the packaging	If a plastics packaging contains a label or sleeve made out of another material than plastic, to ensure the package sortability, the maximum covering of the package body should be 50%; otherwise, the non-plastic materials should be removed by consumers to access the product.				
								Full sleeves or wraps					

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
ADHESIVES													
Label Adhesive	LABEL ON BODY OR CAP / ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID: PP, OPP, PE partial with a water releasable adhesive	ADHESIVE (LABEL AND BONDED LID): Water releasable at 60 - 80°C in alkaline conditions and residue-free	Removeable Water releasable in 60 - 80°C	Releasing Adhesive: Used on Polymer Film Label Substrate that floats in water	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) Alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 70°C	Label Adhesive: Alkali/water-releasable adhesive at (60 to 80°C)	Label Adhesive: Alkali/water-releasable adhesive at (60 to 80°C)	Label Adhesive: Adhesive: Alkali/water-releasable adhesive at (60 to 80°C)	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) Completely alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 70°C	Label/absorbent pad/bubble pad: Adhesive application (wash-off capable in cold wash / wash-off capable in hot wash / wash-off capable in alkaline hot wash)	Label / Absorbent insert / Air- cushion insert: Adhesive application (wash- off capable in hot wash, 80°C)	alkali/water releasable at 60-80°C	alkali/water releasable at 60-80°C
	LABEL ON BODY OR CAP / ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID: PP, OPP, PE total with a water releasable adhesive	LABEL ON MONO OR MULTI LID D<1, WITHOUT METAL: Plastic d<1 (ex. PP, OPP, PE) with a water releasable or not adhesive	-	Releasing Adhesive: Used on Polymer Film Label Substrate that sinks in water	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) Partially alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 70°C	-	-	-	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) Partially alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 70°C	Label/absorbent pad/bubble pad: Adhesive application (wash-off capability unknown)	Label / Absorbent insert / Air- cushion insert: Adhesive application (wash- off capability unknown)* *Examination of design- related material losses	alkali/water soluble, non-releasable or releasable above 80°C	alkali/water soluble, non-releasable or releasable above 80°C
	LABEL ON BODY OR CAP / ON NOT PRINTED TRANSPARENT PET LID: Paper, PP, OPP, PE with not water releasable adhesive	ADHESIVE (LABEL AND BONDED LID): Not water releasable at 60 - 80°C in alkaline conditions	Not removable in water	Non-Releasing Adhesive: Used on Polymer Film Label Substrate	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) All other adhesives	-	-	Label Adhesive: Bi-component solventless adhesives	ADHESIVES (FOR LIDS, LABELS, SOAKING PADS...) All other adhesives	Label/absorbent pad/bubble pad: Adhesive application (not wash-off capable in aqueous solution)	Label / Absorbent insert / Air- cushion insert: Adhesive application (not wash-off capable in hot wash, 80°C)		
Laminating adhesives	-	-	-	-	LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** Water-based acrylics	Alkali/water-washable or releasable adhesive* at (60 to 80°C)	Alkali/water-washable or releasable adhesive* at (60 to 80°C)	Alkali/water-washable or releasable adhesive* at (60 to 80°C)	LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** Water-based acrylics	Main component: Adhesive (non-specific) Adhesive (Acrylat based) Adhesive (PU based)	Main Body: adhesive application* *Examination of design- related material losses		
					LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** EVA	Laminating adhesives: Delaminable adhesive*	Laminating adhesives: Delaminable adhesive*	Laminating adhesives: Delaminable adhesive*	LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** EVA				
					LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** Solvent-free laminating adhesives	-	Laminating adhesives: Polyurethane based adhesives. Adhesives that contain BPA.	Laminating adhesives: Polyurethane based adhesives. Adhesives that contain BPA.	LAMINATING ADHESIVES FOR MULTILAYERS** Solvent-free laminating adhesives				
Others	-	-	-	-	-	-	Other adhesives: Alkali/water-washable or releasable adhesive* at (60 to 80°C)	Other adhesives: Alkali/water-washable or releasable adhesive* at (60 to 80°C)	Parts different than lidding films and adhesives: Water or alkali release at 60- 80°C without reactivation	-	-	-	-
							Other adhesives: Delaminable adhesive*	Other adhesives: Delaminable adhesive*	Parts different than lidding films and adhesives: Any other adhesive				
						Other Adhesives: Polyurethane based adhesives. Adhesives that contain BPA.	Other Adhesives: Polyurethane based adhesives. Adhesives that contain BPA.	Other Adhesives: Polyurethane based adhesives. Adhesives that contain BPA.	-				
						Sealing adhesives: Adhesive for sealing purpose locally applied for closure, separable with current washing, friction in recycling lines, i.e. alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 60- 80°C	-	Sealing adhesives: Adhesive for sealing purpose locally applied for closure, separable with current washing, friction in recycling lines, i.e. alkali/water soluble or alkali/water releasable adhesive at 60- 80°C					
Comments	Washable in water at 60-80°C in alkaline conditions Favor a removable adhesive remaining mainly on the label.	Limit the amount of used adhesive	s. Note on individual label materials	-		* Delamination of materials shall be tested according to "Delamination procedure" in prEN 18120-11, Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 11: Recyclability evaluation process for plastic packaging — Protocols for PET Rigid packaging (except bottles)	* Delamination of materials shall be tested according to "Delamination procedure" in prEN 18120-11, Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 11: Recyclability evaluation process for plastic packaging — Protocols for PET Rigid packaging (except bottles)	* Delamination of materials shall be tested according to "Delamination procedure" in prEN 18120-11, Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 11: Recyclability evaluation process for plastic packaging — Protocols for PET Rigid packaging (except bottles)	-	-	-	-	-

COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
DECORATION DIRECT PRINTING and INKS												
Without Printing / None Inks	Without printing	Without printing	None	-	-	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	No direct printing	-	-	-
Laser marked	DIRECT PRINTING ON PACK: Laser marked	DIRECT PRINTING ON PACK: Laser marked	Embossed / laser printing (minimal)	-	Laser marking for production or expiry date Any other laser marking	Laser marked	Laser marked	Laser marking for mandatory information such as production or expiry date	Laser marked	-	-	Laser marked Laser marked
Production date	DIRECT PRINTING ON PACK: Production or expiry date mark	DIRECT PRINTING ON PACK: Production or expiry date mark	Minimal direct printing, e.g. production or expiry date	-	Production or expiry date directly applied on tray	-	-	-	Production or expiry date	-	-	Production or expiry date Production or expiry date
Toxic or hazardous inks / EuPIA /NIAS	INK (ON LABEL, LID, CAP, SLEEVE): EuPIA Best prattice	EuPIA good prattice	EuPIA good manufacturing practices (for non food applications)	-	Retentive inks compliant with EuPIA Exclusion Policy applied on removable parts (lids & labels)	Inks and coatings compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products. *	Inks and coatings compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products. *	Inks and coatings compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products. *	-	-	-	non-toxic; follow EUPIA Guidelines
					PVC co- and terpolymer binders; any other chlorinated binders Inks non-compliant with EuPIA Exclusion Policy	Inks and coatings NOT compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products.	Inks and coatings NOT compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products.	Inks and coatings NOT compliant with EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products.				Toxic or hazardous inks Toxic or hazardous inks
Washability	INK (ON LABEL, LID, CAP, SLEEVE): Not washable in water at 60-80°C in alkaline conditions (eg. Ink between 2 material layers or on the surface below a varnish layer)	DIRECT PRINTING ON PACK: Direct printing – not washable ink at 60-80°C, on PET packaging other than transparent green and opaque white	-	Label Inks: Hot Caustic Resistant Ink used on Film Label Substrate that floats in water	-	Inks*, lacquers*, varnishes* or coatings*, all of them shall be washable.	Inks*, lacquers*, varnishes* or coatings*, all of them shall be washable.	Inks*, lacquers*, varnishes* or coatings*, all of them shall be washable.	-	-	-	Washable inks Washable inks
	INK (ON LABEL, LID, CAP, SLEEVE) Washable (ex. surface printing)	DIRECT PRINTING ON PACK: Direct printing – washable ink at 60- 80°C		Label Inks: Wash off Inks used on Film Label Substrate that sinks in. Direct Print Inks: Hot Caustic Resistant Ink								
Bleeding inks	Avoid high bleeding inks	Avoid high bleeding inks	Inks that bleed and dye wash-solution	-	Bleeding inks	Bleeding inks	Bleeding inks	Bleeding inks	-	-	-	inks that bleed inks that bleed
Metallic inks	Metallic inks	Metallized ink	-	-	-	-	-	-	-	-	Large-area (> 50% of the projected surface) applied metallic pigments (coating, lacquer, or embossing) *Testing for design-related material loss	Metallic inks Metallic inks
Other direct printing	DIRECT PRINTING ON PACK: Any other direct printing	DIRECT PRINTING ON PACK: Direct printing on PET packaging transparent green or opaque white	Minimal direct printing, e.g. production or expiry date Printing inks that do not lead to NIAS after the washing process	-	Any direct printing on PET thermoform	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	Preferred on lid if flexible or removable closure or label	Any other direct printing	Main component: Direct printing with non- PVC-based binder Main component: Direct printing with PVC- based binder	Main Body: Direct printing (except for production code, best-before date, and UFI code)	Any other direct printing
			Extensive colour printing with printing inks that result in NIAS			Direct printing on the main body containing date coding and batch number	Direct printing on the main body containing date coding and batch number	Direct print in the main body				
						Printing that inhibit NIR sorting by type of inks and surface coverage	Printing that inhibit NIR sorting by type of inks and surface coverage	Print that inhibit NIR sorting by type of inks and surface coverage				
Others Inks	-	-	-	-	-	Stay-on inks in reusable packaging for mandatory information at minimized size	Stay-on inks in reusable packaging for mandatory information at minimized size	Stay-on inks in reusable packaging for mandatory information at minimized size	-	-	> 50% fully black printed (including background color) using carbon black–based pigments* *Testing for design-related material loss	-
						Inks that inhibit NIR sorting with a surface coverage higher than 50%.	Inks that inhibit NIR sorting with a surface coverage higher than 50%.	Inks that inhibit NIR sorting with a surface coverage higher than 50%.				
						Inks with PVC based binders.	Inks with PVC based binders.	Inks with PVC based binders.				
						Inks containing BPA.	Inks containing BPA.	Inks containing BPA.				
Comments	INK (ON LABEL, LID, CAP, SLEEVE): Avoid high bleeding inks and inks containing chlorine (Cl) or nitrogen (N).	-	-	-	-	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	*It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.	Printing covering larger than 50% of the surface and/or use of dark colours: Testing the sorting behaviour by following the RecyClass Sorting Protocol is recommended	-	-	-

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
CLOSURE SYSTEMS CAPS / RIGIDS													
PET	CAP NOT SEALED/BONDED: Not printed transparent PET CAP SEALED/BONDED: Not printed transparent PET; peelable and/or with water releasable adhesive CAP SEALED/BONDED: - Not printed transparent PET; not peelable and with not water releasable adhesive - PET in association with a PET-based sealing layer ; not printed Colored, opaque or printed PET Copolyester (ex. PETG, PET-GAG, PET hot-fill)	CAP NOT SEALED/BONDED: PET, transparent or blue or transparent green, not printed CAP NOT SEALED/BONDED: - PET, transparent or blue or transparent green, printed - PET, all color except blue or transparent green, printed or not CAP SEALED/BONDED: PET, printed or not, peelable and/or with water releasable adhesive PET with mineral > 1%, printed or not	-	-	-	Closure/openings - rigid: PET - that fulfil all requirements of "Green/Full compatibility" of the main body Closure/openings - rigid: PET - that fulfil at least one requirement of "Yellow/Limited compatability" of the main body Closure/openings - rigid: PET - that fulfil at least one requirement of "Red/Not compatible" of the main body	Closure/openings - rigid: Unprinted transparent PET matching main body of the packaging unit design criteria - Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PETG)	Closure/openings - rigid: Unprinted transparent PET matching main body of the packaging unit design criteria - Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PETG)	-	-	-	-	
PE or PP	CAP NOT SEALED/BONDED: PP, PE and other plastics d<1 CAP SEALED/BONDED: PE or PP or other plastic d<1 ; peelable and/or with water releasable adhesive	CAP NOT SEALED/BONDED: PE or PP CAP SEALED/BONDED: PE or PP or other plastic d>1 ; peelable and/or with a water releasable adhesive	-	Polyolefin Closure: All components of closure float in water per PET-S-05 Polyolefin Closure: Any component of closure sinks in water per PET-S-05	-	Closure/openings - rigid: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	Closure/openings - rigid: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	Closure/openings - rigid: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	-	-	-	CLOSURE SYSTEMS: PE; PP; together all with density <1 g/cm³ CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ (e.g. highly filled PE; metals)	CLOSURE SYSTEMS: PE; PP; together all with density <1 g/cm132 CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ (e.g. highly filled PE; metals)
Metal	Metal	Metal	-	Metal Closure: Categorized as APR Design Preferred or Detrimental to Recycling per SORT-S-03 Metal Closure: Untested or categorized Renders Package Non- Recyclable per SORT-S-03	-	-	-	-	-	-	-	CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ (e.g. highly filled PE; metals)	CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ (e.g. highly filled PE; metals)
PVC	PVC	included by: "Other plastics d>1 (alone or in blend)"	-	Non-polyolefin Closure: Made with or contains PVC Non-polyolefin Closure: Sink in water after granulation per PET-S-05	-	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA);	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA);	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC)	-	-	-	-	-
Others	CAP NOT SEALED/BONDED: PP, PE and other plastics d<1 CAP SEALED/BONDED: PE or PP or other plastic d<1; peelable and/or with water releasable adhesive Others plastics mono or multi d>1 Wood	CAP NOT SEALED/BONDED: Other plastics d<1 CAP SEALED/BONDED: PE or PP or other plastic d>1 ; peelable and/or with a water releasable adhesive Other plastics d>1 (alone or in blend) Wood	-	Other closure	-	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA)	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA)	Closure/openings - rigid: Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA)	-	-	-	CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ non-detaching or welded closures	CLOSURE SYSTEMS: materials with density >1 g/cm³ non-detaching or welded closures
Comments	-	-	No mention of caps	-	No mention of caps	-	-	-	No mention of caps	-	-	-	-

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP		
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles	
CLOSURE SYSTEMS LIDS / FLEXIBLE														
PET (Lids)	HEAT SEAL LID: Not printed transparent PET lid, peelable BONDED LID: Not printed transparent PET lid, peelable and/or with a water releasable adhesive	HEAT-SEALED LID: Printed lid, peelable BONDED LID: Printed or not PET lid, peelable and/or with a water releasable adhesive	LIDDING FILM: Easily removed by end user or easily removed early in the recycling process; or; as main polymer (PET)	-	Unprinted PET or BOPET films Foamed PET	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted BOPET films and laminates*	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted BOPET films and laminates*	Closure/openings - flexible: Unprinted PET or BOPET films	PET or BOPET films with no glue residuals (Glue Removal Test & Oven Test); Foamed PET	Label / Sealing film: Monolayer film/coextruded multilayer film made of PET (except PET-G), density > 1 g/cm³, unprinted and not lacquered Label / Sealing film: Coextruded multilayer film made of PET (except PET- G)/PE, unprinted and not lacquered Label / Seal film: Multilayer PET film, adhesive-laminated, density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered* *Testing for design-related material losses	Label / Seal film: Monolayer film / coextruded multilayer film made of PET (except PET-G), density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered Label / Sealing film: Coextruded multilayer film made of PET (except PET- G)/PE, unprinted and not lacquered Label / Seal film: Multilayer PET film, adhesive- laminated, density > 1 g/cm³, unprinted and unlacquered* *Testing for design-related material losses	-	-	
Paper (Lids)	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d<1, without metal (ex. plastic, plastic/paper) ; peelable BONDED LID: Mono or multi lid d<1, without metal ; peelable and/or with a water releasable adhesive (ex. plastic, plastic/paper)	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d<1, without metal; peelable (ex. plastic, plastic/paper) BONDED LID: Mono or multi lid d<1, without metal ; peelable and/or with a water releasable adhesive (ex. plastic, plastic/paper)	-	Liner/-Safety Seal containing Paper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Metal/Aluminium (Lids)	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d<1 with metal (ex. plastic/alu, metallization) BONDED LID: Mono or multi lid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization) HEAT SEAL LID: Aluminium lid (peelable or not) BONDED LID: Aluminium lid (peelable or no, water releasable or not adhesive)	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization) BONDED LID: Mono or multi lid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization) HEAT-SEALED LID: Aluminium lid (peelable or not) BONDED LID: Aluminium lid (peelable or not, water releasable or not adhesive)	-	Liner/-Safety Seal containing Metal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
d < 1	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d<1, without metal (ex. plastic, plastic/paper); peelable BONDED LID: Mono or multi lid d<1, without metal ; peelable and/or with a water releasable adhesive (ex. plastic, plastic/paper)	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d<1, without metal; peelable (ex. plastic, plastic/paper) BONDED LID: Mono or multi lid d<1, without metal ; peelable and/or with a water releasable adhesive (ex. plastic, plastic/paper)	-	Polyolefin Liner/-Safety Seal: Floats in water per PET-S-05 Polyolefin Liner/-Safety Seal: Sinks in water per PET-S-05	Floating plastics with density < 1 g/cm³ and easily removal from the tray and without glue residuals	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polyolefins with density < 1 g/cm3	Floating combination of plastics with density < 1 g/cm³ (EPBP Sink/Float Test) with no glue residuals (EPBP Glue Removal Test & EPBP Oven Test)	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, (removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C)	-	-	
	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d<1, not peelable BONDED LID: Mono or multi lid d<1, not peelable ; not peelable and with a not water releasable adhesive	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d<1, not peelable BONDED LID: Mono or multi lid d<1, not peelable and with a not water releasable adhesive	-	-	-	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polymers* with density < 1 g/cm3	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polymers* with density < 1 g/cm3	Closure/openings - flexible: Printed or unprinted floating combination of polymers* with density < 1 g/cm3	-	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C	-	-	
	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d<1 with metal (ex. plastic/alu, metallization) BONDED LID: Mono or multi iid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization)	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization) BONDED LID: Mono or multi iid d<1, with metal (ex. plastic/alu, metallization)	-	-	-	-	-	-	-	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C	Label / Sealing film: Mono/multilayer film incl. print and lacquer, density < 1 g/cm³, not removable without residue in alkaline hot wash, 80 °C	-	-	

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
Others	-	-	LIDDING FILM: Easily removed by end user or easily removed early in the recycling process	Removable Closure Liner or Safety Seal	-	Liners: none	-	Liners: PE; PE+EVA; EVA; EMA; PP; TPO; EPE and EPP all with density <1g/cm³	-	-	Seal film: Additives in PET-A/PET-C: AA-Blocker Anti-Block Nanocomposite Oxygen Scavenger (PA free) UV stabilisators	-	-
			LIDDING FILM: Removed later in the recycling process (washing process)	Non-Polyolefin Liner/- Safety Seal: Sinks in water per PET-S-05				Liners: Floatable Silicon (density <1g/cm3)					
	HEAT SEAL LID: Mono or multi lid d>1 (except not printed transparent PET, peelable) BONDED LID: Mono or multi lid d>1 (except not printed transparent PET, peelable)	HEAT-SEALED LID: Mono or multi lid d>1 (except peelable PET) BONDED LID: Mono or multi lid d>1 (except peelable PET and/or with a water releasable adhesive)	-	Non-Polyolefin Liner/- Safety Seal: Made with or contains PVC	Any other film	-	Closure/openings - flexible: Closure/openings with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA)	Liners: Materials with density >1gr/cm3 (eg. PVC, silicon, metals) silicone (even with density <1g/cm3). Foamed PET. Any other floatable or non-floatable Materials with density >1 g/cm³ (e.g. PVC; PS; PETG; PLA)	Any other sinking film with density > 1 g/cm3 (Sink/Float- Test)	Label / Seal film: Mono-/multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³	Label / Seal film: Mono-/multilayer film including printing and coating, density > 1 g/cm³ Seal film: Additives in PET-A/PET-C: PA addition; other blended barriers	-	-
Barrier /Coatings (Lid)	-	-	-	-	SiOx and AlOx plasma for barrier on lid	SiOx, AluOx plasma or < 10 wt% EVOH if used together with 2wt% compatibilizer in addition to the tie layer (PE-g-MAH)	SiOx, AluOx plasma or < 10 wt% EVOH if used together with 2wt% compatibilizer in addition to the tie layer (PE-g-MAH)	-	-	Sealing film (density < 1 g/cm³): Coatings AlOx SiOx EVOH coating Seal film: acryl based coating; other coatings	Seal film: AlOx SiOx Seal film: acryl based coating; other coatings	-	-
Comments	HEAT SEAL LID: Promote a sealable layer remaining mainly on the lid Favor a polyester-based sealable layer. Further studies should be carried out on sealable layer and their potentiels impacts on the quality of rPET, especially for food contact application	HEAT SEAL LID: Promote a sealable layer remaining mainly on the lid Further studies should be carried out on sealable layer and their potentiel impacts on the quality of rPET, especially for food contact application Given the lack of a dedicated line, lidded PET trays are currently not recyclable in France	-	-	-	* PE includes also EVA, EMA, EEA and EBA and PE-g-MAH as a tie layer	* PE includes also EVA, EMA, EEA and EBA and PE-g-MAH as a tie layer	* PE includes also EVA, EMA, EEA and EBA and PE-g-MAH as a tie layer	-	-	-	-	-
	BONDED LID: Favor an adhesive that is removable during washing and/or remains mainly on the lid. Further studies should be carried out on adhesives and their potentiels impacts on the quality of rPET, especially for food	BONDED LID: Promote a sealable layer remaining mainly on the lid Further studies should be carried out on sealable layer and their potentiels impacts on the quality of rPET, especially for food contact											
	SKIN: Limited information available to date. Specific study needs to be carried out.	SKIN: Limited information available to date. Specific study needs to be carried out.											
	FLOWPACK, STRETCHABLE FILM: See flexible packaging guidelines because they are not mechanically bonded (no adhesive, not welded together, etc.) and their separation is necessary when consuming the product.	FLOWPACK, STRETCHABLE FILM: See flexible packaging guidelines because they are not mechanically bonded (no adhesive, not welded together, etc.) and their separation is necessary when consuming the product											

	COTREP		RECOUP	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP		
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles	
OTHER ATTACHMENTS														
Absorbent pad/insert	Absorbent pad d<1 (e.g. fruit PE) ; not sealed/bonded or with a water releasable adhesive	-	s. below inserts in general	-	Soaker pads & bubble pads easily removable by hands	Porous enabling liquid retention as substitution of soaker pad	Porous enabling liquid retention as substitution of soaker pad	Porous enabling liquid retention as substitution of soaker pad	Soaker pads & bubble pads easily removable by hands	Absorbent PE, density < 1 g/cm³ PP, density < 1 g/cm³ XPS, density < 1 g/cm³ Cellulose	Absorbent insert / Air- cushion insert: Cellulose PE, density < 1 g/cm³ PP, density < 1 g/cm³ XPS, density < 1 g/cm³ Absorbent material	-	-	
	Absorbent pad d>1 (ex. PE/Cellulose)				Soaker pads not hindering recognition of the underlying PET polymer by covering less than 50% of the back of the tray (sorting test mandatory above 50% coverage)	Inserts in HDPE / LDPE / PP, Soaker pads*, bubble pads and paper & carboard* - all shall be completely removable	Inserts in HDPE / LDPE / PP, Soaker pads*, bubble pads and paper & carboard* - all shall be completely removable	Inserts in HDPE / LDPE / PP, Soaker pads*, bubble pads and paper & carboard* - all shall be completely removable and leave no glue traces	Soaker pads not hindering recognition of the underlying PET polymer by covering less than 50% of the back of the tray (sorting test mandatory above 50% coverage)					
	Other absorbent pads				Black soaker pads (sorting test)	Glued soaker pads or non-compliant soaker pads	Glued soaker pads or non-compliant soaker pads	Glued soaker pads or non-compliant soaker pads	Black soaker pads (sorting test)					
					Soaker pads & bubble pads not easily removable by hands or leaving residue glue				Soaker pads & bubble pads not easily removable by hands or leaving residue glued					
Metal/Aluminiumn (other Attachments)	Metal	Aluminium element	INSERTS: Metallic	-	Metals	Components made of metals	Components made of metals	Components made of metals	Metal components	-	-	materials with density >1 g/cm³ (e.g. metal, RFID tags); non-detaching or welded components	-	
						Tamper evidence components: metallized materials	Tamper evidence components: metallized materials	Tamper evidence components: metallized materials						
PA (other Attachments)	-	-	INSERTS: PA (Nylon)	-	PA	Components made of PA (Nylon)	Components made of PA (Nylon)	Components made of PA (Nylon)	PA (Nylon)	-	-	-	-	
Paper/Cardboard (other Attachments)	Cardboard unglued for blister	Blotting paper d<1 with or without water releasable adhesive	INSERTS: Paper	Paper Attachments	Paper & cardboard not loosing fibres	Paper & cardboard* - all shall be completely removable	Paper & cardboard* - all shall be completely removable	Paper & cardboard* - all shall be completely removable	Paper and cardboard not loosing fibres inserts					
		Blotting paper d<1 with a line of not water releasable adhesive												
		Adhesive free cardboard for blister												
	Cardboard glued for blister	Blotting paper d>1 Glued cardboard for blister			Paper & cardboard loosing fibres			Paper and cardboard loosing fibres inserts						
PC (other Attachments)	-	-	INSERTS: PC	-	PC/PMMA	Components made of PC	Components made of PC	Components made of PC	PC/PMMA	-	-	-	-	
PE or PP (other attachments)	included by: "Element d<1 ; not sealed/bonded or with a water releasable adhesive"	included by: "Element d<1 not bonded or with a water releasable adhesive"	INSERTS: HDPE / LDPE	-	Inserts in HDPE / LDPE / PP like Soaker pads, bubble pads (all inserts should be completely removable, leave no traces and have a density of <1 g/cm³)	Tamper evidence components: PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	Tamper evidence components: PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	Tamper evidence components: PE; PP; OPP; all with density <1 g/cm³	Inserts in HDPE; LDPE; PP removable without traces and density < 1 g/cm³	-	-	-	-	
						Seals/valves: PE; PE+EVA; PP; TPO; all with density <1g/cm³; TPS all with density <0.95g/cm3	Base cup, handles or other components made of PE or PP which are separated by grinding and float/sink - all with density <1 g/cm³	Base cup, handles or other components made of PE or PP which are separated by grinding and float/sink all with density <1 g/cm³;						
						Inserts in HDPE / LDPE / PP - all shall be completely removable	Inserts in HDPE / LDPE / PP - all shall be completely removable	Inserts in HDPE / LDPE / PP - all shall be completely removable						
PET (other attachments)	Not printed transparent PET ; not sealed/bonded or with a water releasable adhesive	PETG, PS, PLA elements	INSERTS: PET	-	-	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PETG); Foamed PETG (even with density <1 g/cm³)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PETG); Foamed PETG (even with density <1 g/cm³)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PETG); Foamed PETG (even with density <1 g/cm³)	-	-	-	unpigmented PET	PET	
	Not printed transparent PET ; bonded or with a not water releasable adhesive					PET - that fulfil all requirements of “Green/Full compatibility” of the main body	PET - that fulfil all requirements of “Green/Full compatibility” of the main body	PET - that fulfil all requirements of “Green/Full compatibility” of the main body						
	Colored or printed PET					Transparent clear or light blue PET attachments.	Transparent clear or light blue PET attachments.							
	Copolyester (PETG, PET-GAG, PET hot-fill)					PET - that fulfil at least one requirement of “Yellow/Limited compatibility” of the main body	PET - that fulfil at least one requirement of “Yellow/Limited compatibility” of the main body	PET - that fulfil at least one requirement of “Yellow/Limited compatibility” of the main body						
		PET - that fulfil at least one requirement of “Red/Not compatible” of the main body				PET - that fulfil at least one requirement of “Red/Not compatible” of the main body	PET - that fulfil at least one requirement of “Red/Not compatible” of the main body	coloured PET						
PMMA (Acrylic) (other attachments)	-	-	INSERTS: PMMA (Acrylic)	-	PC/PMMA	Components made of PMMA	Components made of PMMA	Components made of PMMA	PC/PMMA	-	-	-	-	

	COTREP		RECoup	APR	RecyClass	CEN/TC 261 FprEN 18120 5:2024 Packaging — Design for recycling of plastic packaging — Part 5: Guideline for PET rigid packaging (except bottles)			RecyClass (Tool)	CHI Requirements and assessment catalogue	ZSVR Minimum standard (aus dem Deutschen übersetzt)	EPBP	
	PET clear Pots, trays and other rigids	PET coloured Pots, trays and other rigids	PET Trays	PET rigid	Transparent Clear PET Thermoforms	Table 1 — Design Guidelines for Clear Monolayer Monomaterial PET rigid packaging (except bottles)	Table 2 — Design Guidelines for Clear Multilayer PET rigid packaging (except bottles)	Table 3 — Design Guidelines for Color rigid PET packaging (except bottles)	PET tray stream transparent monolayer (clear PET thermoforming trays)	Path 5b: PET trays	Thermoforms made of PET- A, PET-C – rigid (transparent, clear/colored, opaque) Reference application: Thermoforms (contact- sensitive)	Transparent clear / light blue PET bottles	Transparent coloured PET bottles
PS (other attachments)	-	PS	INSERTS: PS, EPS	-	PS, EPS	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PS);	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PS);	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PS);	PS; EPS	-	-	-	-
PU (other attachments)	-	-	INSERTS: PU	-	PU	Components made of PS / EPS Components made of PU	Components made of PS / EPS Components made of PU	Components made of PS / EPS Components made of PU	PU	-	-	-	-
PVC (other attachments)	PVC	PVC	INSERTS: PVC	-	PVC	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PVC)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PVC)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g PVC)	PVC components	-	-	-	-
RFID	RFID	RFID	-	RFID Attachments	-	-	-	-	-	-	-	materials with density >1 g/cm³ (e.g. metal, RFID tags)	materials with density >1 g/cm³ (e.g. metal, RFID tags)
Silicone (other Attachments)	-	-	-	-	-	Seals/valves: Floatable Silicon* (density <1g/cm3)	Seals/valves: Floatable Silicon (density <1g/cm3)	Seals/valves: Floatable Silicon (density <1g/cm3)	-	-	-	-	-
Thermoset plastics (other attachments)	Thermoset plastics	Thermoset plastics	INSERTS: Thermoset plastics	-	Thermoset plastics	Seals/valves: Non floatable Silicon Components made of thermoset plastics	- Components made of thermoset plastics	Seals/valves: Non floatable Silicon Components made of thermoset plastics	Thermoset plastics	-	-	-	-
Other	Element d<1 ; not sealed/bonded or with a water releasable adhesive	Element d<1 not bonded or with a water releasable adhesive	INSERTS: Must be fully removable without leaving a trace* *No additives or processes should result in not intentionally added substances (NIAS) as this would contaminate food grade recycled content	-	-	No other components preferred.	No other components preferred.	No other components preferred.	-	-	-	base cup, handles or other components which are separated by grinding and float/sink - all with density <1 g/cm³;	base cup, handles or other components which are separated by grinding and float/sink - all with density <1 g/cm³;
						Seals/valves. PE; PE+EVA; PP; TPO; all with density <1g/cm³; TPS all with density <0.95g/cm3	-	-					
		Welded or bonded elements with a not water releasable adhesive				Materials with density >1 g/cm³ (e.g metal; PVC; PS; PETG)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g metal; PVC; PS; PETG)	Tamper evidence components: Materials with density >1 g/cm³ (e.g metal; PVC; PS; PETG)				materials with density >1 g/cm³ (e.g. metal, RFID tags); non-detaching or welded components;	-
Comments	Washable in water at 60-80°C in alkaline conditions Favor a detachable adhesive remaining mainly on the associated element (absorbent pad or other element). Project to be studied : Absorbent pad. Guidelines are likely to evolve.	-	-	-	-	* It is required to accomplish EuPIA Exclusion Policy for Printing Inks and Related Products and not contain hazardous substances that can harm recycling as expressed in red column.							
OTHERS													
PRODUCT RESIDUES	-	-	-	-	A if the index is < 5%; B if the index is < 10%	-			Index < 5	-	-	-	-
					C if the index is < 15%	-			Index > 10: downgraded by 1 class				
					Index is >= 15 %	-			Index > 10: downgraded by 2 classes				
Other design parameters	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Structure: Different types of plastic on the front and back sides* *Testing for design-related material loss	Structure: Different types of plastic on the front and back sides* *Testing for design-related material loss	-	-
PFAS	-	-		-	-	-	-	-	-	PFAS coating ≥ threshold according to article 5, paragraph 5 PPWR	PFAS content in food-contact packaging ≥ limit value according to Article 5(5) of the PPWR	-	-