

Anleitung Design für Recycling



Grundlagen

Die Optimierungsaufgabe

Recycling ist ein Schlüsselement aller Strategien zur Erreichung einer Kreislaufwirtschaft. Insbesondere für kurzlebige Produkte – wie Kunststoffverpackungen – stellt Recycling einen wichtigen Schritt zur Reduktion des Bedarfes an Primärmaterialien, zur Vermeidung der mit der Erzeugung von Primärmaterial verbundenen Umweltwirkungen (u. a. CO₂-Emissionen) sowie zur Reduzierung von Abfallmengen durch die Schließung von Materialkreisläufen dar.

Anforderungen

Recyclinggerechte Rahmenbedingungen

Die Optimierung des Verpackungsdesigns hinsichtlich der Eignung für ein Recycling liefert nur die gewünschten (Umwelt-)Effekte, wenn die Verpackung schließlich auch den geeigneten Recyclingprozessen zugeführt wird.

Daher sind die folgenden Voraussetzungen für die betroffene Marktregion zu prüfen:

- Existiert ein funktionierendes Abfallsammelsystem in der Marktregion?
- Werden (Kunststoff-)Verpackungsabfälle in der Region einer Abfallfraktion zugeführt, die für ein späteres Recycling gesammelt und sortiert wird?

Wenn die erste der beiden Fragen verneint werden muss, ist zu prüfen, ob ein funktionierendes eigenes Rücknahmesystem umsetzbar sein kann. Ansonsten wäre eine Vermarktung von Kunststoffverpackungen in dieser Region unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte zu überdenken:

In einigen Regionen mit mangelhafter Abfallsammlung existieren gut funktionierende (informelle) „Waste Picker Communities“ (Müllsucher/-sammler). Wenn die Verpackung den Kunststoffabfällen entspricht, die dort aufgrund ihres ökonomischen Wertes gezielt gesammelt werden (bspw. HDPE-Verpackungen), kann angenommen werden, dass entsprechende Verpackungen gesammelt und einem Recycling zugeführt werden und nicht in der Umwelt verbleiben. In Regionen, in denen sich eine Abfallinfrastruktur im Aufbau befindet, kann ein einfaches Verpackungsdesign eine mit den vorhandenen Technologien kompatible Lösung darstellen und gleichzeitig bei energetischer Verwertung ohne eventuelle schädliche Emissionen verwendet werden.



Aktuelle Situation

Ziel/Vision

Aus ökologischer Perspektive lässt sich feststellen, dass *Recycling von Kunststoffverpackungen als erfolgreich angesehen werden kann, wenn die Mehrheit des Materials in ein Sekundärmaterial umgewandelt wird, das für die Produktion neuer Produkte eingesetzt wird.*

Entsprechend ist Recyclingfähigkeit keine statische technische Eigenschaft von Verpackungen, sondern ist eng mit der bestehenden Sammel-, Sortier- und Recyclingtechnik verbunden.

Um die Recyclingfähigkeit von Verpackungen sicherzustellen, ist es notwendig, entweder über ein fundiertes Wissen bzgl. Sammel-, Sortier- und Recyclingtechnologien zu verfügen und den Markt für Sekundärmaterialien in der betroffenen Region zu kennen oder geeignete (regionsspezifische) Recycling-Tools und Leitfäden heranzuziehen.

Optimierungsansätze

Unabhängig von der Notwendigkeit, die regionale Infrastruktur und die regionalen Bedingungen zu berücksichtigen, sollten die folgenden Aspekte in jedem Fall beim „Design für ein hochwertiges Recycling“ berücksichtigt werden, da sie einen erheblichen Einfluss auf die Recyclingfähigkeit der Verpackungen haben können:

Optimierungen auf Systemebene

Implementierung eines verpackungsspezifischen Rücknahmesystems: Ein getrenntes Sammel-/Rücknahmesystem für eine bestimmte Verpackungsart entweder auf Unternehmensebene oder auf Ebene eines Verpackungsektors, das zu einer ausreichenden Sammelmenge an sortengleichen Verpackungen führt, macht es möglich, sehr spezifische Recycling-Technologien zu verwenden. Dies führt in der Regel zu einer relevant höheren Recyclingrate sowie insbesondere auch zu einer deutlich besser definierten Qualität und damit einer besseren Absatzmöglichkeit der Recyclingmaterialien.

Der europäische Weg, PET-Getränkeflaschen über Pfandsysteme usw. zu sammeln und zu recyceln, ist ein Beispiel für ein gut funktionierendes Kreislaufsystem der Verpackungsmaterialien.

Optimierungen auf Verpackungsebene

Kunststoffverpackungen als solche erkennbar machen: Um ein Recycling zu ermöglichen, ist es entscheidend, dass die Kunststoffverpackungen vom Verbraucher korrekt entsorgt werden. Dafür muss der Verbraucher in der Lage sein, Kunststoffverpackungen als solche zu erkennen. Wenn

Kunststoffverpackungen vom Verbraucher nicht ohne Weiteres von anderen Verpackungen anderer Materialien zu unterscheiden sind, können sie in den falschen Abfallstrom geraten.

Ein Beispiel sind Kunststoffbecher mit einer Papierhaptik, die bei einer „irrtümlichen“ Entsorgung mit dem Altpapier für das Kunststoffrecycling verloren gehen.

Vermeiden Sie Materialkombinationen, die eine ordnungsgemäße Sortierung erschweren:

Kombinationen aus Kunststoff und anderen Materialtypen (Papier, Pappe, Metall ...) sollten vermieden werden, insbesondere wenn diese nicht leicht vom Verbraucher oder beim Sortieren oder Zerkleinern getrennt werden können. Wenn zwei Verpackungsbestandteile nicht getrennt werden können und diese Komponenten beim Sortieren korrekt identifiziert werden (wie Kunststoff + Papier / Karton, Metall ...), ist die gesamte Verpackung möglicherweise nicht recycelbar. Füllstoffe, die die Dichte des Polymermaterials verändern, können ebenfalls das richtige Sortieren / Recyclen behindern.

Auswahl der Polymere: Die Auswahl eines der folgenden (aus den meisten Verpackungsarten) einfach zu recycelnden Polymere erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass das Verpackungsmaterial in den meisten Regionen wiederverwertbar („recycling-ready“) ist: PE-HD, PE-LD, PP und – für Getränkeflaschen – PET. Für andere Polymere muss eine spezifischere Bewertung hinsichtlich der Art und Funktion der Verpackung und der etablierten Sekundärmaterialströme in der jeweiligen Region vorgenommen werden.

Minimierung der Anzahl der Polymere: Die Minimierung der Anzahl der für die Verpackung verwendeten Polymere erhöht die Recyclingfähigkeit. Wenn funktional möglich, sollte nur ein einziger Polymertyp für die gesamte Verpackung verwendet werden. Ist dies nicht möglich:

- Verringern Sie die Anzahl der verschiedenen Polymere so weit, wie es geht.
- Stellen Sie sicher, dass verschiedene Polymertypen leicht getrennt werden können.
 - Wenn Kombinationen verschiedener Polymere unvermeidbar sind, versuchen Sie Materialien unterschiedlicher Dichte zu verwenden, um die Trennung zu erleichtern.
 - Stellen Sie sicher, dass Komponenten leicht getrennt werden können, z. B. dass durch Schreddern eine Trennung verschiedenartiger Polymermaterialien erfolgt.
- Wenn PET-Recycling für die spezifische Verpackungsart wahrscheinlich ist, verwenden Sie keine Kombinationen verschiedener PET-Typen (PET-G und PET-A), da diese beim Recycling nicht kompatibel sind.
- Vermeiden Sie die Verwendung von Kompositen aus inkompatiblen Polymeren (recyclingfähige Ausnahmen sind PP / PE-Komposite mit EVOH- oder PVDC-Barriere).

Minimierung der Einfärbung von Kunststoffverpackungen: Unpigmentierte Polymere sind als Rezyklat wertvoller als pigmentierte, d. h., soweit möglich sollten nicht eingefärbte Kunststoffe verwendet werden. (Carbon Black-)Schwarzfärbung ist vollständig zu vermeiden, da entweder keine korrekte Sortierung erfolgen kann oder die Rezyklate zu sehr eingeschränkten Niedrigpreis-anwendungen verarbeitet werden.

Minimierung der Kontamination des Sekundärmaterials: Die Verschleppung von funktionellen Additiven, Leimen, Druckfarben und Beschichtungen kann zu Problemen bei der Wiederverwendung der Sekundärmaterialien führen. Daher sollte eine solche Verschleppung vermieden werden, beispielsweise durch Unterstützung der Abtrennbarkeit von Druckfarben und Tinten bzw. der bedruckten Bestandteile während des Recyclings (Zerkleinerung, Friktionswäsche, Filtration usw.).

Vermeiden Sie sehr kleinteilige Verpackungen: Wenn es mit der Funktion der Verpackung vereinbar ist, sollte ein zu kleinteiliges Design vermieden werden. Verpackungsfragmente < 2 cm werden typischerweise aussortiert und nicht recycelt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass eine Verpackung „überdimensioniert“ werden sollte.

Ermöglichen Sie eine vollständige Entleerung der Verpackung: In den Verpackungen verbleibende Restfüllmengen können die Sammlung und Sortierung behindern und sie führen im Recyclingprozess zu störenden Verunreinigungen. Daher sollte die Verpackung so gestaltet sein, dass sie vollständig entleert werden kann.

Grenzen der Optimierung der Recyclingfähigkeit

Umsetzung der funktionalen Kernanforderungen

Im Rahmen der „Design für Recycling“-Optimierung ist darauf zu achten, dass von allen modifizierten oder neu entwickelten Verpackungsvarianten die funktionalen Kernanforderungen (Schutz des Packgutes, Information, Marketing und Logistik) auf dem zuvor für das Verpackungsprojekt definierten Niveau erfüllt werden.

Abweichend von dieser Grundprämisse kann es sinnvoll sein zu prüfen, ob eine oder mehrere der Kernanforderungen abgeändert werden können, wenn die Versuche zur Optimierung der Recyclingfähigkeit der Verpackung unter den gegebenen Randbedingungen nicht zu einem befriedigenden Ergebnis führen. Solche Überprüfungen und ggf. Abänderungen von Kernanforderungen müssen aber in einem geordneten Prozess erfolgen, da die Kernanforderungen regelmäßig auch in anderen ggf. parallel laufenden Optimierungsprozessen des gesamten Verpackungsprojektes, z. B. im Bereich der logistischen Optimierung, eine Rolle spielen.

Keine Beeinträchtigung der Ressourceneffizienz

Wenn die Optimierung der Verpackung für das Recycling nur durch Verwendung relevanter Mengen zusätzlichen Materials möglich ist (z. B. weil beispielsweise nur so notwendige Barriere-Funktionen sichergestellt werden), kann dies umweltseitig zu nicht beabsichtigten Effekten führen. In solchen Fällen ist deshalb eine kritische Überprüfung der Optimierung angezeigt. Dafür können die folgenden Fragen gestellt werden:

- Welcher Aufwand ist für die recyclinggerecht optimierte Verpackung erforderlich?
- Wie viel (ökologischer Nutzen) wird durch das Recycling erreicht?
- Welcher Aufwand ist im Vergleich für eine maximal (material-)reduzierte Verpackung nötig?

In einer ersten vereinfachten Prüfung kann der kumulierte Energiebedarf (KEA) der recyclinggerecht optimierten Verpackung abzüglich des KEAs des Sekundärmaterials, das durch das Recycling gewonnen wird, mit dem KEA einer Verpackung mit minimiertem Materialverbrauch verglichen werden. Dabei ist eine realistische Recyclingrate zu verwenden (bspw. 60–70 %).

Auch in Situationen, in denen nicht sichergestellt werden kann, dass die in Verkehr gebrachten Kunststoffverpackungen komplett einem Recycling zugeführt werden, sollte unter dem Aspekt des Ressourcenschutzes – zusätzlich zum Design für ein hochwertiges Recycling – auch das Eco Design-Strategieelement „Design für eine optimierte Ressourcennutzung“ mit abgeprüft werden.

Unterstützung der energetischen Nutzung von Restfraktionen

In Abhängigkeit von der Effizienz der in der jeweiligen Liefer-/Entsorgungsregion installierten Sortier- und Recyclinginfrastruktur kann es auch bei einer an sich gut recyclingfähigen Verpackung zu relevanten Anteilen an Sortier- und Recyclingresten kommen. Im Interesse der Ressourcenschonung sollten die Verpackungen deshalb so gestaltet werden, dass ein möglichst hoher Anteil des in ihnen gebundenen Energieeinsatzes bei einer thermischen Nutzung solcher Restfraktionen zurückgewonnen werden kann. Dafür sollte der Energieaufwand aus der Herstellung des Verpackungsmaterials nach Möglichkeit nicht zu weit oberhalb des Heizwertes dieser Materialien liegen, der bei der thermischen Nutzung der entscheidende Faktor ist.

Es sollte deshalb z. B. vermieden werden, Materialien einzusetzen, die bei der thermischen Nutzung keinen Beitrag leisten oder diese sogar stören. Dies gilt z. B. für metallische Kaschierschichten.

Vorgehensweise

Um im Rahmen eines Eco Design-Projektes eine Prüfung einer Verpackungsvariante auf die Optimierung hinsichtlich eines hochwertigen Recyclings durchzuführen, sind in Umsetzung des vorstehend Beschriebenen **vier Prüfschritte** durchzuführen:

- 1) Die **Prüfung der grundlegenden Rahmenbedingungen** der „End-of-life“-Situation der Verpackung in den verschiedenen Nutzungsregionen
- 2) Die **Prüfung der Recyclingfähigkeit** mit Referenz auf die bestehenden Sortier- und Recyclingstrukturen
- 3) Die **Prüfung der energetischen Nutzbarkeit** von Sortier- und Recyclingresten
- 4) Die **Prüfung der Reduzierung stofflicher Risiken bei missbräuchlicher Entsorgung**

Schritt 1: Prüfung der grundlegenden Rahmenbedingungen

Eingangs ist zu prüfen, ob es in der/den vorgesehenen Lieferregion(en) überhaupt ein funktionierendes Abfallerfassungssystem gibt. Eine („geordnete“) Abfallerfassung ist Voraussetzung für ein anschließendes Recycling. Als orientierender Hinweis für eine „funktionierende“ Abfallentsorgung kann z. B. herangezogen werden, dass mehr als 90 % der Haushaltsabfälle geordnet erfasst werden. Für ein effektives Recycling ist es darüber hinaus wichtig, ob ein überwiegender Anteil der als Abfall erfassten Verpackungen in separate Fraktionen für das Recycling sortiert wird.

Müssen die skizzierten Fragen für die (einzelnen) Lieferregionen verneint werden, so sollte intensiv geprüft werden, ob eigene Sammel- und Sortierstrukturen aufgebaut werden können. Solche können ggf. gemeinsam mit weiteren Marktakteuren realisiert und möglicherweise durch weitere Anreize (wie z. B. Pfandlösungen) in ihrer Wirksamkeit gesteigert werden.

Verpackungen, die auch mit einfachen Techniken gut rezykliert werden können („recycling-ready“), setzen darüber hinaus für regionale Akteure wichtige Impulse, entsprechende Recyclingstrukturen aufzubauen. Dabei ist es wichtig, dass es für möglichst alle Materialien der Verpackung (Polymere) funktionierende Verwertungs-/Vermarktungsströme gibt.

Nachfolgend werden die Prüffragen der entsprechenden Checkliste dargestellt:

Frage	Anleitung	Ergebnis
Gibt es ein funktionierendes Abfallerfassungssystem in der Region?	Bei JA : Fortfahren. Bei NEIN : Entscheidung, in die Region zu liefern, prüfen. Aufbau eines eigenen Sammelsystems prüfen (bspw. eigenes Pfandsystem). Ggf. begründen und fortfahren.	[ausfüllen]
Werden aus gesammelten Verpackungsabfällen Kunststoffe in separate Fraktionen für das Recycling sortiert?	Bei JA : Fortfahren. Bei NEIN : Aufbau eines eigenen Sortier-/Sammelsystems prüfen. Prüfen, ob mit einer „recycling-ready“ gestalteten Verpackung (<i>d. h. konsequente Anwendung des Schrittes 2</i>) ein Impuls für den Aufbau von Sortier- und Verwertungsprozessen in der Lieferregion gegeben werden kann. In Abhängigkeit von den regionalen Entsorgungsstrukturen sollte die Verpackung auch für die Energienutzung (<i>d. h. Anwendung Schritt 3</i>) bzw. für wenig entwickelte Entsorgungsformen besonders schadstoffarm gestaltet werden (<i>d. h. Anwendung Schritt 4</i>).	[ausfüllen]
Gibt es einen etablierten Verwertungsstrom für das Haupt-Kunststoffmaterial?	Bei JA : Fortfahren (Schritt 2). Bei NEIN : Wahl eines anderen Haupt-Kunststoffmaterials, für das in der Lieferregion ein Verwertungsstrom besteht. Dann fortfahren (Schritt 2).	[ausfüllen]

Im Ergebnis dieser Prüfschritte wurden die in den verschiedenen Lieferregionen vorzufindenden Abfall-Entsorgungssituationen und bestehende Ansätze zur möglicherweise notwendigen Verbesserung der Situation geprüft und ggf. umgesetzt.

Schritt 2: Prüfung der Recyclingfähigkeit

Nachdem im Schritt 1 eine Prüfung der grundlegenden Rahmenbedingungen in Bezug auf die Sammel-, Sortier- und Recyclinginfrastruktur erfolgte, zielt der Schritt 2 darauf ab, durch eine entsprechende Gestaltung der Verpackung die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Sortierung und ein hochwertiges Recycling zu schaffen.

Zum einen ist dabei auf eine geeignete Gestaltung (inkl. Kennzeichnung) der Verpackungsoberfläche zu achten. Dies ist insbesondere die Voraussetzung für eine korrekte Entsorgung durch den Verbraucher, aber auch für die „richtige“ Sortierung in Sortieranlagen relevant. Automatisierte Sortiertechniken detektieren hier die Oberfläche der Verpackungen, sodass z. B. eine Papier-Außenlage (bzw. ein Papier-Sleeve) zu einer Fehlsortierung führen kann.

Zum anderen sind mit Blick auf den eigentlichen Recyclingprozess:

- die verwendeten Materialien (also die Art der Polymere und der Nicht-Kunststoffbestandteile),
- nicht oder schwer trennbare Materialkombinationen (z. B. Verbundmaterialien),
- mögliche Störungen des Recyclingprozesses bzw. der resultierenden Recyclingmaterialien (z. B. durch Einfärbungen, Druckfarbenanhaftungen oder Klebe- und Fremdmaterialreste) sowie
- vermeidbare Fragmentierungen in Kleinstteile

zu prüfen und im Rahmen entsprechender Optimierungen recyclinggerecht zu verändern.

Diese Prüfung der Recyclingfähigkeit und eine entsprechende weitere Optimierung sollten sinnvollerweise anhand von Tools oder Checklisten erfolgen, die die existierenden Sortier- und Recyclingstrukturen in der jeweiligen Entsorgungsregion berücksichtigen, oder mit Unterstützung von Experten, die mit diesen Rahmenbedingungen vertraut sind.

Die einschlägigen Prüffragen der Checkliste zur Prüfung der Recyclingfähigkeit der Verpackung selbst sind nachfolgend dargestellt.

Frage	Anleitung	Ergebnis
Wurden die Lesbarkeit und Verständlichkeit von Entsorgungshinweisen auf der Verpackung verbessert?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Ist die Oberfläche der Verpackung so gestaltet, dass der Konsument/Endnutzer sie als Kunststoff identifizieren kann?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurde (falls erforderlich) die Oberfläche der Verpackung angepasst, um eine Sortierung in die Kunststofffraktion zu ermöglichen?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Können andere Polymere verwendet werden, um die Rezyklierbarkeit zu erhöhen?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Kann die Anzahl verschiedener Polymere (mit Berücksichtigung der vorherigen Frage) reduziert werden?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurden Materialkombinationen, die nicht kompatibel mit einem Recycling sind, vermieden?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurde die (Ein-)Färbung der Verpackung reduziert?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurden Verunreinigungen des Recyclingmaterialstromes mit Druckfarben, Klebe- und Fremdmaterialresten reduziert?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurde eine evtl. kleinteilige Gestaltung der Verpackung vermieden?	Bei JA : Anpassungen dokumentieren und fortfahren. Bei NEIN : Begründung.	[ausfüllen]
Wurde die Recyclingfähigkeit der Verpackung erfolgreich als gegeben geprüft?	Bei JA : Die Verpackung ist „recycling-ready“ gestaltet. Bei NEIN : Ggf. Anpassungen der Kernanforderungen bzw. Gestaltungsspielräume prüfen und Rekursion. Sonst VP nicht „recycling-ready“.	[ausfüllen]

Im Ergebnis dieses Prüfschrittes stehen eine oder mehrere (auch) in Bezug auf ihre Recyclingfähigkeit geprüfte und ggf. modifizierte Verpackungslösungen => „recycling-ready“.

Schritt 3: Prüfung der energetischen Nutzbarkeit

Im abschließenden Schritt wird geprüft, ob eine effiziente energetische Nutzung z. B. von Sortier- und Recyclingresten erfolgen kann und ob Risiken einer missbräuchlichen und unsachgemäßen Entsorgung mit geprüft und nach Möglichkeit vermieden wurden. Letzteres ist insbesondere für Liefer- und Entsorgungsregionen mit unvollkommenen Entsorgungsstrukturen relevant.

Zur orientierenden Prüfung der Effizienz einer geordneten thermischen Nutzung (z. B. in einem Müll-Kraftwerk) eignet sich insbesondere die Relation zwischen den bei der Gewinnung und Herstellung der Verpackungsmaterialien aufgewendeten Energien – ausgedrückt als „kumulierter Energieaufwand“ (KEA) – und dem bei der energetischen Nutzung relevanten Parameter des Heizwertes – ausgedrückt als „unterer Heizwert“ (Hu). Beide Werte können im Normalfall von den Vor-Lieferanten verfügbar gemacht werden. Sie sind meist aber auch in den Material-Informationen von Ökobilanzierungs-Datenbanken enthalten.

Die entsprechenden Prüffragen sind in nachfolgender Checkliste dargestellt.

Frage	Anleitung	Ergebnis
Wurde das Heizwert-/KEA-Verhältnis der VP geprüft?	Bei Heizwert/KEA > 50 %: Die Verpackung kann bei Nutzung in entsprechenden Anlagen einen relevanten Beitrag zur Energierückgewinnung leisten. Bei Heizwert/KEA < 50 %: Fortfahren mit nächster Frage.	[ausfüllen]
Kann der Anteil von Materialien mit schlechtem Heizwert-KEA-Verhältnis reduziert werden?	Bei JA : Durchführung des Neudesigns und erneute Prüfung des Heizwert-/KEA-Verhältnisses. Bei NEIN : VP leistet keinen wirklich relevanten Beitrag zur Energierückgewinnung.	[ausfüllen]
Ist die Verpackung frei von weiteren Inhaltsstoffen, die bei einer nicht-geordneten Entsorgung (insbesondere bei einer Nutzung im Hausbrand) zu Umwelt- und Gesundheitsproblemen führen können?	Bei JA : VP ist „problemstoffarm“. Bei NEIN : Keine Lieferung in Regionen mit „kritischen“ Entsorgungsstrukturen oder gezielte Veränderung der Zusammensetzung/Rezeptur der Verpackungsmaterialien.	[ausfüllen]

Im Ergebnis dieses Prüfschrittes stehen eine oder ggf. mehrere (auch) in Bezug auf ihre energetische Nutzbarkeit geprüfte und ggf. modifizierte Verpackungslösungen.