STATIC

Sustainability Tracking and Optimization Tool In Commodity Components

Von der Einweg- zur Mehrwegverpackung



Eine methodische Anleitung zur ökologischen Bewertung und Entscheidungsfindung

Farina Bredt, Joana Fedato, Leonie Werth

Wuppertal, Juni 2026

Einleitung

Das vorliegende Whitepaper stellt die Rolle von Verpackungen im Kontext ökologischer Nachhaltigkeit dar und erläutert grundlegende Konzepte wie Ökobilanzen und Nachhaltigkeitsstrategien. Darauf aufbauend werden wesentliche Einsparpotenziale und Gestaltungsspielräume in der Verpackungsentwicklung beschrieben insbesondere im Hinblick auf alternative Materialien und Mehrwegansätze. Insbesondere stellt das Paper Eigenschaften, Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren für die Einführung von Mehrwegsystemen systematisch dar. Im praktischen Teil analysiert das Dokument am Beispiel der Johnson Electric Germany GmbH & Co. KG die Ausgangssituation eines bestehenden Einwegverpackungssystems und zeigt exemplarisch auf, wie alternative Mehrwegszenarien konzipiert, ökologische Wirkungen bilanziert und Break-Even-Punkte ermittelt werden können.



Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Das Projekt wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE/JTF-Programm NRW 2021-2027) im dazugehörige Förderaufruf „Regio. NRW – Transformation“ gefördert und vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW kofinanziert.

1 Nachhaltigkeitsbewertung und Ressourcennutzung



Bewertung von Nachhaltigkeit – die Ökobilanz

Um die ökologische Nachhaltigkeit zu bewerten, kann eine Ökobilanz erstellt werden, auch Lebenszyklusanalyse bzw. Life-Cycle Assessment (LCA) genannt. Sie ist eine Methode zur Quantifizierung des Ressourceneinsatzes und der ökologischen Umweltwirkungen von Prozessen, Produkten oder Dienstleistungen. Dabei werden in jedem Lebensabschnitt eines Produktes die Stoff- und Energieflüsse genau analysiert und bewertet. Den betrachteten Abschnitt des Lebenswegs eines Produktes (siehe Abb. 1). Das Vorgehen ist u.a. in der ISO14040 und 14044 einheitlich definiert.[1]

[1] DIN Deutsches Insitut für Normung e.V., 2006; Standardization & ISO Inernational Organization for Standardization, 1997

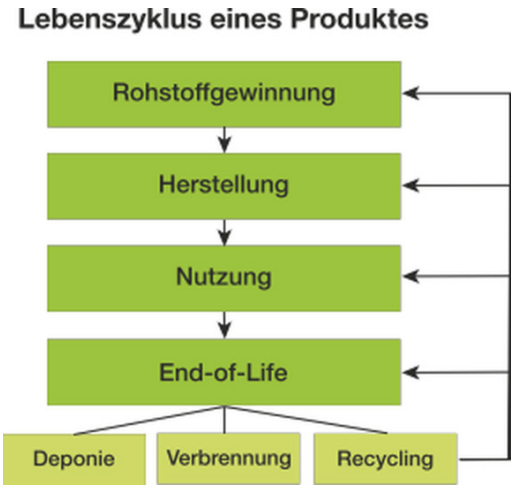


Abbildung 1: Lebenszyklus eines Produktes; Eigene Darstellung, in Anlehnung an: (IfBB, 2023)

Grundlegend sind alle Ökobilanzen in vier Aspekte und Arbeitsschritte unterteilt:

1. Zunächst wird das Ziel der Untersuchung definiert (Goal) und festgelegt auf welchen Untersuchungsrahmen sich die Analyse beziehen (Scope).

2. Im Life Cycle Inventory (LCI) wird die Sachbilanz erstellt, d.h. es werden alle Daten über die betrachteten Stoff- und Energieströme gesammelt, z.B.: Welche Energieträger werden verwendet? Welche Rohstoffe fallen wo in welcher Höhe an?
3. Anschließend werden die Umweltauswirkungen der erfassten Stoff- und Energieflüsse im LCIA (Life Cycle Impact Assessment) ermittelt. Um z.B. das Treibhausgaspotenzial (GWP) zu bewerten, werden alle Treibhausgase des Produktsystems betrachtet, mithilfe definierter Umrechnungsfaktoren in CO_2-Äquivalente (CO_2eq) umgerechnet und ermöglichen so die Einschätzung und Quantifizierung des GWP. Auf ähnliche Weise können auch weitere Wirkungskategorien wie Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial oder Ozonabbaupotenzial analysiert werden. Dies ist die Phase der Ökobilanz, die dem Erkennen und der Beurteilung der Größe und Bedeutung von potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems dient.
4. In der Auswertung wird Bezug zum anfänglichen Ziel hergestellt, Auffälligkeiten beleuchtet, die ermittelten Ergebnisse vorgestellt und z.B. im Verhältnis zur Produktfunktion eingeordnet. Je nach Produktart können unterschiedliche Lebenszyklusphasen für die

ökologischen oder sozialökonomischen Wirkungspotenziale ausschlaggebend sein.[2]

Eine LCA bezieht sich auf die ökologischen Auswirkungen eines Produktsystems und kann diese quantifizieren und vergleichbar machen. Sie ist nicht ausreichend dafür ein Produkt insgesamt als „nachhaltiger oder weniger nachhaltig“ zu bewerten, da sie sich immer auf den vorab definierten Betrachtungsrahmen bezieht und die Umweltwirkungskategorien sich gegenseitig beeinflussen. So kann beispielsweise Produkt A ein höheres GWP aufweisen als Produkt B, gleichzeitig aber einen geringeren Wasserverbrauch besitzen. Das biobasierte Material von Produkt C macht es unabhängiger von fossilen Rohstoffen, trägt aber zur Versauerung des Bodens bei. Welches Produkt als „nachhaltiger“ interpretiert wird, hängt u.a. von der Fokussierung des Unternehmens ab. Diese Ambivalenzen in den Ausprägungen der Wirkungskategorien und den Folgen für die Umwelt sollten bei der Kommunikation unbedingt berücksichtig werden.

[2] Kaynak, Piri, & Das, 2025

2 Nachhaltigkeit im Verpackungskontext



Verpackungen spielen eine zentrale Rolle entlang der gesamten Wertschöpfungskette und bieten zugleich großes Potenzial zur Reduktion von Umweltwirkungen, beispielsweise beim Einsatz alternativer Materialien oder der Entwicklung und Implementierung von Mehrwegsystemen. Beide Ansätze können dazu beitragen, Ressourcen effizienter zu nutzen, Abfälle zu vermeiden und die ökologische Gesamtbilanz von Verpackungslösungen zu verbessern.

2.1 Verwendung alternativer Materialien

Bei vielen Produkten stellt die Rohstofferzeugung den Hauptteil der Emissionen und Umweltauswirkungen dar.[3] Eine mögliche Einflussnahme auf die Nachhaltigkeit einer Verpackung ist also die Auswahl des Materials. Betrachtet man übliche Kunststoffverpackungen gibt es übergeordnet zwei Gruppen: fossile Kunststoffe und biobasierte Kunststoffe. Beide Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich Rohstoffgewinnung, Materialeigenschaften und Recyclingfähigkeit, was zu unterschiedlichen Umweltwirkungen führt.

Die Auswirkungen auf die Umwelt bei fossilen Kunststoffarten wird maßgeblich durch die Rohstoffherkunft und deren Gewinnung be-

[3] Sala, 2019

stimmt.[4] Bedingt durch den Einsatz fossiler Brennstoffe sowie prozessbedingte Freisetzungen, entstehen bei der Produktion hohe CO_2-Emissionen. Darüber hinaus befinden sich aufgrund des fossilen Ursprungs große Mengen an Kohlenstoff im Material selbst. Biobasierte Kunststoffe sind bezogen auf das Treibhausgaspotenzial und dem fossilen Ressourcenverbrauch als nachhaltiger einzustufen als die fossilen Alternativen. Jedoch haben sie durch den höheren Flächenbedarf tendenziell negative Auswirkungen auf Landnutzung, Eutrophierung, Versauerung und Wasserverbrauch. Der größte Anteil der Umweltauswirkungen bei biosbasierten Kunststoffen fällt in der Phase der Rohstoffgewinnung und Erzeugung der Zwischenprodukte an. Vergleichsweise hat die Weiterverarbeitung zum Endprodukt einen geringen Einfluss.[5]

Welches Material als „nachhaltiger“ anzusehen ist, hängt folglich von der von der betrachteten Wirkungskategorie und somit von den individuellen Unternehmenszielen ab. So würde ein Unternehmen, das seinen Wasserfußabdruck verbessern möchte, andere Materialien wählen als eines, das sich mit der Reduzierung von Treibhausgasen beschäftigt.

[4] IfBB, 2023
[5] IfBB, 2023

2.2 Mehrwegsysteme für Verpackungen

Die Verwendung von Mehrwegverpackungen stellt einen weiteren Ansatz für eine optimierte Ressourcennutzung dar. Bei einem Einwegsystem werden Verpackungen einmal in ihrem Lebenszyklus befüllt, entleert und anschließend stofflich oder energetisch verwertet. In einem Mehrwegsystem hingegen erfolgt eine vielfache Wiederverwendung und erneute Befüllung derselben Verpackung.[6] Bei der Einführung eines Mehrwegsystems ist es ratsam, über einen Zusammenschluss mit anderen Unternehmen nachzudenken, um branchenweite Mehrwegsysteme zu ermöglichen. Die Potenziale von unternehmensinternen Systemen treffen auch auf offizielle Mehrwegsysteme (wie z.B. die EURO-Palette) zu. Gleichzeitig kann ein größer angelegtes Mehrwegsystem effizienter und weniger anfällig sein.

Anforderungen an die Machbarkeit eines Mehrwegsystems

Um ein Mehrwegsystem erfolgreich in der Praxis zu implementieren, sind vorab technische, logistische und ökonomische Faktoren zu prüfen. Bezüglich der **technischen Machbarkeit** ist zu prüfen, welche Eigenschaften/ Anforderungen (z.B. bzgl. der Stabilität oder des

[6] Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister, n.a.

Materials) die verwendete Verpackung besitzen muss und ob aus Gründen der Langlebigkeit Anpassungen im Design vorgenommen werden sollten.

Die **logistische Machbarkeit** befasst sich mit der Systemorganisation rund um die Rückholprozesse. Die Rückgabestruktur definiert die Art und den Ort der Rückgabe – zum Beispiel eigene Sammelstellen oder der Einbezug von Dritten. Außerdem werden Transportwege, nötige Prozesse wie Reinigung, Prüfung und Befüllung sowie potenzielle Einflüsse von Umlaufzahlen[7], Rückhohlquoten[8] und Ausschussanteilen[9] begutachtet.[10] Angelehnt hieran ist auch eine **ökonomische Bewertung** durchzuführen. Sie befasst sich mit Investitions- und Betriebskosten des Mehrwegsystems und potenziellen Kostenvorteilen durch Materialeinsparungen.

---

[7] Die Umlaufzahl beschreibt, wie oft die Mehrwegverpackung bereits wiederbefüllt genutzt wurde bzw. dazu fähig ist.

[8] Die Rückholquote stellt dar, wie viele der in Umlauf gebrachten Mehrwegverpackungen tatsächlich wieder zum Entsender zurückkommen unabhängig, ob diese noch verwendbar sind oder nicht.

[9] Der Ausschuss beschreibt jene Verpackungen, die durch den Inverkehrbringer nicht erneut verwendet werden können. Entweder aufgrund technischer oder optischer Mängel oder weil sie nicht mehr Bestandteil der Rückholquote sind, d.h. aufgrund von Bruch oder Schwund nicht rückgeführt werden.

[10] DR Deutsche Recycling Service GmbH, 2025; PricewaterhouseCoopers AG WPG, 2011

Damit ein solches System in seiner Entwicklung sowie der internen und externen Nutzung funktionieren kann, ist es wichtig relevante **Stakeholder einzubeziehen**.

Für die erfolgreiche praktische Umsetzung sollte bereits in der Planungsphase die Expertise betroffener Personen, wie zum Beispiel Mitarbeitende in der Produktion, eingebunden werden. Für die spätere Nutzung des Mehrwegsystems ist es notwendig eine hohe Akzeptanz zu erzeugen, damit das Rückgabesystem entsprechend genutzt werden kann. Neben einer **klaren Kommunikation** der Rückgabeoptionen haben **Pfand- und Anreizsysteme** einen positiven Einfluss auf die Rücklaufquote.

Ökologische Potenziale eines Mehrwegsystems

Ist die generelle Machbarkeit eines Mehrwegsystems gegeben, gilt es die potenziellen ökologischen Vorzüge zu analysieren. Mehrwegsystems bieten die Möglichkeit die Menge an anfallenden und zu entsorgenden Verpackungen zur reduzieren. Auf den gesamten Lebensweg und die erhöhte Verwendungszahl bezogen, können Mehrwegsysteme eine Einsparung des Materials mit sich bringen, sind aber nicht zwangsläufig und in allen Wirkungskategorien nachhaltiger als Einweglösungen. Die ökologischen Auswirkungen sind daher immer

individuell zu bewerten und mit dem konventionellen Einwegsystem zu vergleichen.

Einen **prägnanten Einfluss** auf die ökologische Nachhaltigkeit eines Mehrwegsystems haben:[11,12]

- die Wiedereinsatzquote: Umlaufzahlen mit Bruchquoten (d.h. wie häufig eine Verpackung technisch genutzt werden kann) und Rückholquoten (d.h. wie viele Verpackungen tatsächlich zurückgegeben werden),
- die Emissionsintensität der Aufbereitung und des zusätzlichen Transportes,
- die Gewichtsunterschiede, Materialwahl und Herstellungsprozesse der Mehrweg- und Einwegvariante.

Bei der Bewertung der ökologischen Vorteilhaftigkeit von beispielhaft modellierten oder exemplarischen Mehrwegsystemen liegt eine zentrale Herausforderung in der Unsicherheit bzw. mangelnden Verfügbarkeit von Daten, da die oben genannten Einflussgrößen oft nicht bekannt sind und je nach Anwendungsfall variieren können.

[11] Fraunhofer IBP, Fraunhofer UMSICHT, 2022
[12] Mevissen, 1996

Daher kann keine allgemeingültige Aussage darüber getroffen werden, ab welcher Anzahl von Umlaufzyklen Mehrwegverpackungen gegenüber Einwegverpackungen ökologisch vorteilhaft sind. Ein allgemeiner Grundsatz für die ökologische Bewertung eines Mehrwegsystems lässt sich dennoch wie folgt formulieren:

> *Wenn die Vorteile im Recycling und durch die Reduzierung von Abfall größer sind als die Emissionen bzw. Auswirkungen des Rückprozesses, ist das Mehrwegsystem ökologisch nachhaltiger als ein Einwegsystem. Werden diese positiven und negativen Auswirkungen nicht aufgewogen oder wird die hierfür notwendige Wiedereinsatzquote nicht erreicht, ist aus ökologischer Perspektive das Einwegsystem vorzuziehen.*

Darüber hinaus ist wie bei allen Nachhaltigkeitsbewertungen zu berücksichtigen, welche Nachhaltigkeitsziele das Unternehmen verfolgt.

3 Analyse von Einweg-verpackungen gegenüber einem Mehrwegsystem



Um ökologische Modellierungen vornehmen zu können, müssen zunächst die Eigenschaften einer Einwegverpackung, d.h. deren Gewicht, Materialart, Produktionsweg usw., bekannt sein. Erst dann lassen sich die Umweltauswirkungen berechnen und Einsparmöglichkeiten identifizieren. Damit praxistaugliche Veränderungsvorschläge entwickelt werden können, ist es außerdem nötig die Rahmenbedingungen für die Produktgestaltung zu kennen, d.h. die Eigenschaften, die die Verpackung mindestens erfüllen muss. Sind diese definiert, kann ein potenzielles Mehrwegsystem skizziert und dessen Umweltwirkungen ermittelt werden. Anschließend ist es möglich den Break-Even-Punkt[13] zwischen den Verpackungsvarianten zu berechnen und entsprechend Empfehlungen zu formulieren.

Status Quo-Analyse

Im ersten Schritt wird der Nutzungskontext der aktuell eingesetzten Verpackungsvarianten erfasst. Dabei werden Aspekte wie die konkrete Ausgestaltung der Verpackung, ihre Bestandteile sowie die

[13] Bei der Berechnung des BEP zwischen zwei Verpackungsvarianten, die Mehrweg und Einweg gegenüberstellen, geht es darum herauszufinden, wann sich welche Verpackung aus – im betrachteten Fall - ökologischer Sicht lohnt. Der BEP ist erreicht, sobald die Umweltauswirkungen/Emissionen der Mehrwegverpackung niedriger sind als die der Einwegverpackung.

verwendeten Materialien und deren Mengen berücksichtigt. Ebenso wird untersucht, wie die Verpackung genutzt wird, ob sie für unterschiedliche Produkte einsetzbar ist und in welchen Fällen ein Austausch – etwa nach Transport- oder Weiterverarbeitungsschritten – erforderlich ist.

Darüber hinaus wird der gesamte Lebensweg der Verpackung betrachtet, von der Herstellung über die Transportwege bis hin zur Nutzung und Verwertung. In diesem Zusammenhang werden auch die eingesetzten Produktionsverfahren sowie die dabei genutzten Energie- und Ressourcenströme berücksichtigt, wobei alle getroffenen Annahmen transparent benannt und begründet werden. Zur Quantifizierung der Umweltwirkungen müssen geeignete Datenquellen herangezogen werden (z.B. anerkannte LCA-Datenbanken oder Methoden und Datensätze aus dem Product Environmental Footprint). Alle verwendeten Datenquellen werden transparent dokumentiert und hinsichtlich ihrer Qualität und Repräsentativität bewertet.

Ein weiterer zentraler Bestandteil der Analyse sind die Rahmenbedingungen, unter denen die Verpackung eingesetzt wird. Hierbei werden sowohl gesetzliche als auch wirtschaftliche, technische und individuelle Anforderungen berücksichtigt. Es wird festgelegt, auf welcher Ebene mögliche Optimierungsmaßnahmen ansetzen sollen, beispiels-

weise auf Systemebene, im Produktdesign oder innerhalb der Logistik. Zudem werden bestehende Einschränkungen (z.B. finanzielle) und Potenziale analysiert, etwa im Hinblick auf den Einsatz alternativer oder recycelter Materialien.

Abschließend wird die konkrete Fragestellung der Analyse festgelegt. Dabei wird definiert, welchem Zweck die Ergebnisse dienen sollen, etwa dem Vergleich mit alternativen Verpackungslösungen, der Identifikation von Einsparpotenzialen oder der Durchführung einer Hotspot-Analyse. Diese Zielsetzung bildet die Grundlage für die anschließende Bewertung und Interpretation der Ergebnisse.

Berechnung des Break Even Point

Im ersten Schritt wird das Mehrwegsystem unter Einhaltung der zuvor definierten Rahmenbedingungen beschrieben. Dies umfasst die Erhebung des Nutzungskontextes, einschließlich der eingesetzten Materialien und Mengen, der Lieferketten sowie der Produktionsprozesse mit dem jeweiligen Energie- und Ressourceneinsatz. Das Vorgehen orientiert sich dabei grundsätzlich an der Analyse der Einwegverpackung, ist jedoch mit einem höheren Anteil an Annahmen und externer Recherche verbunden. Für eine realitätsnahe Kalkulation sind insbesondere folgende Angaben von zentraler Bedeutung: Das Mate-

rialgewicht der Mehrwegverpackung, die mögliche Umlaufzahl – also wie oft die Verpackung materialtechnisch im Kreislauf geführt werden kann – sowie die erwartbare Rückholquote, die angibt, welcher Anteil der ausgelieferten Verpackungen tatsächlich in den Kreislauf zurückgeführt wird. Diese Parameter beeinflussen maßgeblich die ökologische Gesamtbilanz des Mehrwegsystems und sind daher sorgfältig zu erheben oder zu schätzen.

Vergleich der Gesamtemissionen[14]

Bei der Einwegverpackung steigen die Emissionen mit jeder Nutzung um den gleichen Betrag, da für jede weitere Nutzung eine neue Verpackung produziert werden muss. Bei der Mehrwegverpackung erhöhen sich die Emissionen für jede weitere Nutzung ebenfalls um eine konstante Höhe, nämlich die Emissionen des Rückholprozesses, der eine weitere Nutzung der Verpackung ermöglicht – Rücktransport, Reinigung oder Aufbereitung und erneuter Transport zum Kunden. Die Produktions- und Entsorgungsemissionen fallen im Gegensatz zur Einwegverpackung nur einmal an, da die Verpackung mehrfach verwendet werden kann. In der Regel sind die Anfangsemissionen zur Produktion einer stabileren Mehrwegverpackung aufgrund des

[14] CORPLEX, 2022; Yadav, Silvenius, Katajajuuri, & Leinonen, 2024

schwereren Gewichtes höher. Sind die Gesamtemissionen der Einwegverpackung über den Lebenszyklus höher als die Emissionen für den Rückholprozess der Mehrwegverpackung, ist nach einer gewissen Anzahl von Nutzungen die Mehrwegverpackung effizienter.

Einordnung der Ergebnisse

Die ermittelten Ergebnisse sind abschließend in einen größeren Kontext einzuordnen und kritisch zu reflektieren. Dabei wird bewertet, ob und unter welchen Bedingungen der Einsatz des Mehrwegsystems aus ökologischer Sicht empfehlenswert ist. Neben dem rechnerisch ermittelten Break Even Point sind hierbei auch die getroffenen Annahmen und deren Einfluss auf die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen – etwa hinsichtlich der angesetzten Umlaufzahl oder der Rückholquote. Eine Sensitivitätsanalyse kann dabei helfen, die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen und aufzuzeigen, wie stark sich Veränderungen einzelner Parameter auf den Break Even Point auswirken. Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass die ökologische Bewertung stets im Zusammenspiel mit wirtschaftlichen, logistischen und regulatorischen Rahmenbedingungen betrachtet werden muss. Ein ökologisch vorteilhaftes Mehrwegsystem ist nur dann praxisrelevant, wenn es auch unter realen Bedingungen umsetzbar und wirtschaftlich tragfähig ist.

4 Praxisbeispiel



Das in diesem Paper verwendete Praxisbeispiel basiert auf der Einwegblisterverpackung eines Herstellers von Mikroschaltern. Die betrachtete Verpackung dient dem Schutz der Bauteile während des Transports vom Produktionsstandort in Polen zum Kunden in Deutschland und wird nach der Entnahme der Mikroschalter als Einwegverpackung entsorgt.

Status Quo-Analyse

Die aktuell eingesetzte Verpackungsvariante ist eine Blisterverpackung aus PET. Pro Schale können optimal 40 bis 50 Mikroschalter untergebracht werden, wobei die Schalter vertikal bzw. längs in der Schale positioniert werden. Die Schalenabmessungen sind in Millimeter festgelegt und an die geometrischen Anforderungen der Mikroschalter angepasst. Die Verpackung wird eingesetzt, um Mikroschalter vom Produktionsstandort in Polen zum Kunde in Deutschland zu transportieren. Sie dient ausschließlich dem Schutz während des Transports und der Lagerung und wird nach der Entnahme der Bauteile beim Kunden entsorgt. Da die Verpackung nicht für den Einsatz mit unterschiedlichen Produktvarianten oder für Rücktransporte konzipiert ist, handelt es sich um eine klassische Einwegverpackung ohne Mehrwegfunktion.

Der Produktlebenszyklus der eingesetzten Einwegverpackung umfasst die Phasen Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Herstellung der Verpackung, Transport entlang der Lieferkette sowie die abschließende Entsorgung. Es wurden verschiedene Annahmen über die Herkunft des Material und die Transportwege getroffen.

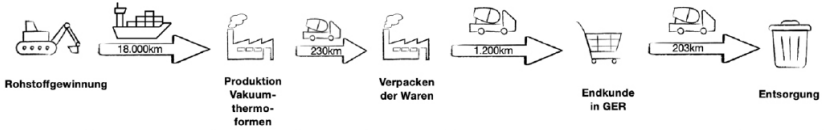


Abbildung 2: Produktlebenszyklus der eingesetzten Einwegverpackung

An die Verpackung werden folgende Materialanforderungen gestellt: Sie muss feuchtigkeitsbeständig sein, um die Mikroschalter während Transport und Lagerung vor Wasser und Feuchtigkeit zu schützen sowie staubdicht, um das Eindringen von Partikeln in die Schalter und eine damit verbundene Beeinträchtigung der Funktion zu verhindern. Darüber hinaus wird eine allgemeine Langlebigkeit vorausgesetzt, ohne dass diese seitens des Unternehmens bisher weiter spezifiziert wurde. Aus regulatorischer Sicht müssen alle eingesetzten Materialien den Anforderungen der RoHS-Richtlinie entsprechen. Konkret darf die Gesamtkonzentration der vier relevanten Schwermetalle einen definierten Grenzwert in ppm nicht überschreiten.

Das Unternehmen strebt eine Verbesserung seiner ökologischen Nachhaltigkeitsbilanz im Bereich Verpackung an und möchte vorhandene Einsparpotenziale identifizieren. Im Mittelpunkt der Analyse steht daher die Frage, ob durch den Wechsel von der aktuellen Einwegblisterverpackung zu einem Mehrwegsystem und/oder durch den Einsatz alternativer bzw. recycelter Materialien eine signifikante Reduktion der Umweltwirkungen – insbesondere des Treibhauspotenzials (GWP) in CO_2-Äquivalenten – erzielt werden kann.

Da größere Designanpassungen ausgeschlossen sind, konzentriert sich die Analyse auf systemische Optimierungsansätze: die Einführung eines Rückführungskreislaufs für die Verpackung sowie die Substitution des Ausgangsmaterials. Die Ergebnisse sollen als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen dienen und aufzeigen, unter welchen Bedingungen ein Mehrwegsystem ökologisch vorteilhaft wäre.

Berechnung des Break Even Point

Für die Analyse des Mehrwegsystems wird eine Verpackungsvariante zugrunde gelegt, die funktional der bestehenden Blisterverpackung entspricht, jedoch für mehrfache Verwendung ausgelegt ist. Das Gewicht der Mehrwegverpackung wird mit 141,22 g PET

angenommen und orientiert sich an Angaben aus der Fachliteratur, die Mehrwegverpackungen aufgrund erhöhter Stabilitäts- und Langlebigkeitsanforderungen ein Gewicht von etwa 460 % des Einwegäquivalents zuschreibt.[15] Der Aufbereitungsprozess umfasst nach jedem Nutzungszyklus eine Qualitätssichtung sowie eine Reinigung der Verpackungen zur Entfernung von Staub und Feuchtigkeit – beides Anforderungen, die sich unmittelbar aus den zuvor definierten Materialanforderungen (Feuchtigkeitsbeständigkeit, Staubdichtheit) ableiten. Die Kalkulation der hierfür anfallenden Energie- und Emissionswerte basiert auf einschlägiger wissenschaftlicher Literatur.[16] Hinsichtlich des Herkunftslands des Materials, Thermoformverfahren, Transportstrecken und Entsorgungsweg (thermische Verwertung) gelten dieselben Annahmen wie für die Einwegverpackung. Zur Berechnung der Klimawirkung in Abhängigkeit von der Rückholquote wurde eine spezifische Formel entwickelt. Diese berücksichtigt nicht nur die Emissionen des regulären Mehrwegbetriebs, sondern auch die zusätzlichen Emissionen, die durch den Ausschuss nicht zurückgeführter Verpackungen entstehen einschließlich der dann erforderlichen Neuproduktionen zum Ausgleich der Verluste. Je nach konkretem Anwendungsfall können Anpassungen dieser Formel notwendig sein.

[15] Yadav, Silvenius, Katajajuuri, & Leinonen, 2024

[16] Yadav, Silvenius, Katajajuuri, & Leinonen, 2024; Martin, Bunsen, & Ciroth, 2028

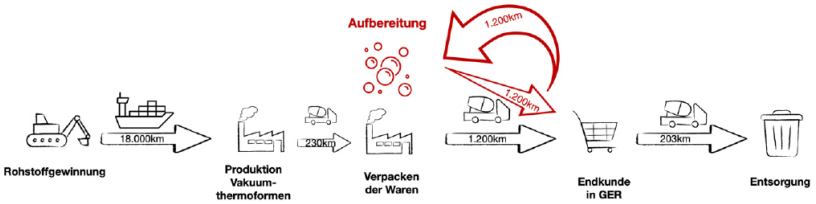


Abbildung 3: Produktlebenszyklus des Mehrwegverpackungssystems

Bei einer einmaligen Verwendung – also ohne Wiederverwendungszyklen – fallen pro Mehrwegverpackung 0,709 kg CO_2eq an.

Bei zwei Verwendungen, das heißt einem Wiederverwendungszyklus, steigen die kumulierten Gesamtemissionen auf 0,755 kg CO_2eq pro Verpackung. Die Differenz von 0,046 kg CO_2eq entspricht den Emissionen eines vollständigen Rückholprozesses, bestehend aus Reinigung, Aufbereitung und Rücktransport. Dieser Wert erhöht die Gesamtemissionen mit jedem weiteren Umlaufzyklus um denselben Betrag, da die Struktur des Rückholprozesses bei konstanter Rückholquote gleich bleibt.

Gegenüberstellung der Umweltwirkungen: Mehrweg- vs. Einwegsystem

Der direkte Systemvergleich verdeutlicht, dass die kumulierten Emissionen der Mehrwegverpackung bis einschließlich der sechsten Nutzung über denjenigen der Einwegverpackung liegen – bezogen auf jeweils dieselbe Nutzungsanzahl. Der BEP liegt damit bei 7 Nutzungen, was 6 Rotationszyklen der Mehrwegverpackung entspricht.

kg CO_2eq pro Verpackung		
Anzahl Nutzungen	**Einwegverpackung**	**Mehrwegverpackung mit 100% Rückholquote**
1	0,155	0,709
2	0,310	0,755
3	0,465	0,801
4	0,620	0,847
5	0,775	0,893
6	0,930	0,939
7	1,085	0,985

Abbildung 4: Gesamt THG-Emissionen pro Verwendung und nach Verpackungsart

Einfluss der Rückholquote auf den BEP

Die Rückholquote hat einen erheblichen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit des Mehrwegsystems. Eine Reduktion der Rückholquote auf 90 % verschiebt den BEP deutlich: Im betrachteten Beispiel wird er erst nach 14 Nutzungen erreicht.

Sinkt die Rückholquote unter einen Wert von 83 %, ist kein BEP mehr erreichbar; das Mehrwegsystem bleibt in diesem Szenario über den gesamten Betrachtungszeitraum ökologisch nachteilig gegenüber der Einwegverpackung.

Einfluss des Verpackungsgewichts auf den BEP

Als weitere Sensitivitätsbetrachtung wurde ein reduziertes Verpackungsgewicht von 70,61 g PET analysiert – entsprechend einem Gewichtsfaktor von ca. 230 % gegenüber der Einwegverpackung statt der zuvor angenommenen 460 %. Bei dieser leichteren Ausführung verbessert sich die Ökobilanz des Mehrwegsystems erheblich: Der BEP wird bereits nach 3 Nutzungen erreicht, was lediglich 2 Rotationszyklen entspricht. Die geringere Materialmenge in der Herstellungsphase reduziert die initiale Emissionslast der Mehrwegverpackung so deutlich, dass der Vorteil gegenüber der Einwegvariante wesentlich früher eintritt.

Einordnung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Mehrwegsystem unter geeigneten Rahmenbedingungen eine ökologisch vorteilhafte Alternative zur Einwegverpackung darstellen kann, jedoch keineswegs automatisch bedingt. Der berechnete Break-Even-Point von 7 Nutzungen bei einer Rückholquote von 100 % mag auf den ersten Blick erreichbar erscheinen, setzt jedoch voraus, dass die Verpackung konsequent zurückgeführt, aufbereitet und erneut eingesetzt wird.

Die ökologische Sinnhaftigkeit eines Mehrwegsystems ist somit maßgeblich durch die Rückholquote, die Beständigkeit der Verpackung, die Aufbereitungsintensität und das Gewicht der Mehrwegverpackung bestimmt. Diese Parameter stehen in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis und müssen im konkreten Anwendungsfall gemeinsam betrachtet und optimiert werden. Die durchgeführte Analyse stellt eine Einzelfallbetrachtung dar und kann in einem anderen Produktsystem – mit abweichenden Transportwegen, Materialien, Nutzungsintensitäten oder Rückführungsstrukturen – zu deutlich abweichenden Ergebnissen führen. Sie bietet dennoch eine fundierte methodische Grundlage, die auf vergleichbare Systeme übertragen und entsprechend angepasst werden kann.

5 Handlungsempfehlungen und weiterführende Potenziale des Mehrwegsystems



Ob und ab wann ein Mehrwegsystem ökologisch ratsam ist, hängt nicht allein von den im Rahmen der Berechnung betrachteten Kernparametern ab, sondern auch von den spezifischen Rahmenbedingungen des jeweiligen Unternehmens und Produktsystems. Neben den bereits diskutierten Faktoren – Rückholquote, Verpackungsgewicht und Aufbereitungsintensität – können folgende Aspekte aktiv gestaltet oder passiv berücksichtigt werden, um die ökologische Vorteilhaftigkeit eines Mehrwegsystems zu verbessern:

Eine gezielte Gewichtsreduktion der Mehrwegverpackung auf das technisch notwendige Minimum senkt die Produktionsemissionen und verschiebt den Break-Even-Point zugunsten des Mehrwegsystems. Gleichzeitig sollte die gewählte Materialstärke so bemessen sein, dass eine möglichst hohe Anzahl an Nutzungszyklen realisierbar ist. Darüber hinaus bietet sich eine partielle Einführung des Mehrwegsystems an, etwa begrenzt auf besonders geeignete Produktsegmente oder Kundengruppen – beispielsweise dort, wo keine aufwändige Reinigung notwendig ist, die Kunden eine aktive Rücksendung befürworten oder die Abnehmer geografisch nah, bekannt und zuverlässig sind. Die Rückholquote selbst lässt sich durch geeignete Anreizmechanismen erhöhen, etwa durch die Einführung eines Pfandsystems oder die Gewährung von Rabatten bei Rückgabe. Unternehmen mit

einem vorwiegend regionalen oder nationalen Kundenstamm profitieren strukturell stärker von einem Mehrwegsystem, da kürzere Rücktransportwege die zusätzlichen Transportemissionen minimieren. Eine Kooperation mit anderen Niederlassungen oder Partnerunternehmen kann dabei helfen, Rücktransporte zu bündeln und Leerfahrten zu vermeiden. Schließlich erhöht eine möglichst universell einsetzbare Mehrwegverpackung, die nicht nur für ein Produkt, sondern für verschiedene Bauteile oder Produktlinien genutzt werden kann, die Auslastung des Behälterpools und reduziert den logistischen Aufwand bei standortübergreifenden Anwendungen erheblich.

Auch wenn ein Mehrwegsystem nicht zwingend ökologisch überlegen ist, sprechen weitere Argumente für seine Einführung: Ökonomisch bietet es langfristige Kostenstabilität durch geringere Abhängigkeit von volatilen Rohstoffmärkten sowie eine bessere Planbarkeit der Lieferkette durch zirkulierende Behälterpools. In Bezug auf Qualität und Prozesse ermöglichen Mehrwegverpackungen eine stärkere Kontrolle über Produktschutzstandards, bieten größeren Schutz gegen Transportschäden und lassen sich in digitalisierte Logistikprozesse – etwa durch RFID-Kennzeichnung – integrieren. Strategisch positioniert sich ein Unternehmen mit einem Mehrwegsystem proaktiv gegenüber künftigen Verpackungsauflagen und stärkt seine Ausrichtung an den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft.

Fazit

Mehrwegsysteme stellen keine universelle Lösung dar, sondern entfalten ihren ökologischen Mehrwert nur unter spezifischen, systemisch abgestimmten Voraussetzungen. Ihre Wirksamkeit als Instrument zur Reduktion verpackungsbedingter Emissionen und zur Förderung einer zirkulären Unternehmensausrichtung ist maßgeblich an eine sorgfältige Systemgestaltung, eine zuverlässige Rückführungslogistik sowie eine kontinuierliche Optimierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette geknüpft. Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass die Entscheidung für ein Mehrwegsystem nicht isoliert, sondern stets im Kontext der spezifischen Produkt-, Kunden- und Logistikstruktur getroffen werden sollte und dass der größte Hebel nicht allein im Verpackungsdesign, sondern ebenso in der konsequenten Gestaltung der vor- und nachgelagerten Prozesse liegt.