



zh
aw

White Paper

REUSE Systeme für
Lebensmittelverpackungen

Einleitung und Motivation

Der Verbrauch von Verpackungsmaterialien im Lebensmittelbereich nimmt infolge veränderter Konsumgewohnheiten, wachsender Convenience-Angebote sowie zunehmender Ausser-Haus-Verpflegung kontinuierlich zu. Im Rahmen der Abfallhierarchie hat die Vermeidung und Reduktion von Verpackungsabfällen höchste Priorität, gefolgt von Massnahmen zur Wiederverwendung von Verpackungen. Mehrwegsysteme gelten daher als wichtiger Ansatz zur Reduktion von Verpackungsabfällen und zur Förderung zirkulärer Materialströme.

Regulatorische Entwicklungen in der Europäischen Union, insbesondere die [Verordnung \(EU\) 2025/40 „Packaging and Packaging Waste Regulation“ \(PPWR\)](#), verstärken diese Entwicklung. Die Verordnung definiert konkrete Ziele für die Einführung und Ausweitung von Reuse- und Refill-Systemen, unter anderem im Bereich von Take-away- und Home-Delivery-Verpackungen. Während Mehrwegsysteme für Sekundär- und Tertiärverpackungen bereits in vielen Branchen etabliert sind, soll ihre Anwendung künftig verstärkt auch auf Primärverpackungen ausgeweitet werden, die in direktem Kontakt mit Lebensmitteln stehen. Der direkte Kontakt mit Lebensmitteln stellt jedoch zusätzliche Anforderungen an Verpackungssysteme. Neben technischen Fragestellungen, etwa hinsichtlich Materialbeständigkeit, Reinigbarkeit und Lebensdauer von Verpackungen über mehrere Nutzungszyklen hinweg, müssen insbesondere hygienische und sicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigt werden. Dazu zählen unter anderem mögliche Kreuzkontaminationen, chemische Migrationen oder materialbedingte Alterungsprozesse. Gleichzeitig spielen systemische Faktoren wie Rücknahmelogistik, Infrastruktur für Reinigung und Aufbereitung sowie organisatorische Rahmenbedingungen entlang der Wertschöpfungskette eine zentrale Rolle für die praktische Umsetzung von Mehrwegsystemen.

Mehrwegsysteme können in verschiedene Modelle der Wiederverwendung unterteilt werden. Nach der Systematik der Ellen MacArthur Foundation lassen sich vier grundlegende REUSE-Modelle unterscheiden: Refill-at-home und Refill-on-the-go-Systeme, bei denen Konsumenten Verpackungen selbst wieder befüllen, sowie Return-on-the-go- und Return-from-home-Systeme, bei denen Verpackungen an Sammelstellen zurückgegeben oder beim Konsumenten abgeholt werden (Abbildung 1) (Lendal & Wingstrand, 2019).



Abbildung 1: Die vier REUSE Modelle (Lendal & Wingstrand, 2019)

Vor diesem Hintergrund untersucht dieses White Paper zentrale Fragestellungen zur Implementierung von REUSE-Systemen / Mehrwegverpackungen im Lebensmittelbereich.

Zunächst werden technische Voraussetzungen und materialbezogene Anforderungen für Mehrwegverpackungen betrachtet. Anschliessend werden systemische Rahmenbedingungen und Einsatzgrenzen von Mehrwegsystemen im Einzelhandel analysiert. Darauf aufbauend wird der Einfluss von Mehrwegverpackungen auf Lebensmittelqualität, Haltbarkeit und Lebensmittelsicherheit sowie der aktuelle Forschungsstand zu Lebensmittelverlusten in Mehrwegsystemen dargestellt. Ergänzend werden ökologische Bewertungsansätze, insbesondere Lebenszyklusanalysen zum Vergleich von Einweg- und Mehrwegsystemen, diskutiert. Weiterhin werden Erkenntnisse zur Verbraucherakzeptanz von Mehrwegsystemen zusammengefasst. Abschliessend gibt das White Paper einen Überblick über bestehende Mehrwegsysteme und aktuelle Marktentwicklungen im europäischen Kontext.

Dabei liegt der Fokus auf Mehrwegsystemen im B2C-Bereich für Lebensmittelverpackungen. Nicht betrachtet werden Mehrwegverpackungen für den privaten Haushalt (z. B. Sportflaschen oder Brotdosen) sowie industrielle B2B-Verpackungssysteme.

Impressum

Veröffentlichungsdatum: 05.2026

Veröffentlichungsort: www.zhaw.ch/cirvalis

Autorenschaft: ZHAW, Institut für Lebensmittel- und Getränkeinnovation, Forschungsgruppe Lebensmittelverpackung, Projektteam Cirvalis

Kontakt: knowledge-hub@zhaw.ch

Finanzierung: Wir danken der Seedling Foundation für die Finanzierung des Projektes Cirvalis.

Disclaimer: Alle Inhalte wurden mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Texte, Abbildungen und Daten unterliegen dem Urheberrecht. Die Verwendung oder Vervielfältigung ist nur mit Quellenangabe gestattet.

Wo nicht anders genannt, steht dieses Werk unter der Lizen [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International, CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Motivation	2
1. Technische Machbarkeit von Mehrwegverpackungen.....	5
2. Systemische Voraussetzungen und Grenzen von Mehrwegsystemen im Retail	6
3. Einfluss von Mehrwegsystemen auf Lebensmittel	7
3.1. Lebensmittelhaltbarkeit und -verluste.....	7
3.2. Lebensmittelsicherheit.....	8
4. Lebenszyklusanalysen zum Vergleich von Mehrweg- und Einweg-Verpackungssystemen	9
5. Verbraucherakzeptanz.....	17
6. Marktüberblick	18
7. Schlussfolgerung	20
8. Literaturverzeichnis	21

1. Technische Machbarkeit von Mehrwegverpackungen

Der Übergang von Einweg- zu Mehrwegverpackungen stellt spezifische technische Anforderungen an Verpackungsmaterialien und -design. Mehrwegverpackungen werden wiederholt genutzt, transportiert, gereinigt und erneut befüllt. Diese wiederkehrenden Belastungen können abhängig von Material und Anwendung zu erhöhtem Verschleiss führen. Ein Grossteil der bislang verfügbaren wissenschaftlichen Publikationen zu Mehrwegverpackungen bezieht sich auf Anwendungen im Getränkesektor sowie im Take-away- bzw. Food-Service-Bereich, insbesondere auf Mehrwegflaschen und wiederverwendbare Verpackungen für den On-the-go-Konsum (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022).

Aufgrund der wiederkehrenden Belastungen bei Mehrwegverpackungen kommt den materialbezogenen Eigenschaften der eingesetzten Verpackungen eine zentrale Bedeutung zu.

Materialbezogene Anforderungen und Materialdegradation

Mehrwegverpackungen sind über ihren Lebenszyklus wiederholten mikrobiologischen Belastungen sowie intensiven Reinigungsprozessen ausgesetzt. Bei kunststoffbasierten Mehrweggebinden ist zudem die Beständigkeit dieser gegenüber Lebensmittelinhaltsstoffen zu berücksichtigen. Abhängig von der Polarität des Kunststoffes können während der Nutzung Verfärbungen oder Geruchsemissionen auftreten (Farrell et al., 2024; Narses, Sadaka, Brachais, & Couvercelle, 2013; YOYO Boost Reuse, 2020)

Untersuchungen zu kosmetischen Qualitätsveränderungen sowie zur Migration von Additiven und Monomeren während der Nutzung sind teilweise verfügbar. Allerdings liegen bislang nur begrenzte Erkenntnisse darüber vor, wie diese Belastungen die intrinsischen Materialeigenschaften, insbesondere mechanische Leistung und thermische Stabilität, beeinflussen (Farrell et al., 2024). Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass hohe Temperaturen infolge von Mikrowellenanwendungen und Reinigungsschritten die thermischen Eigenschaften von Mehrwegverpackungen aus Kunststoffen wie Polypropylen (PP), kristallisiertes Polyethylenterephthalat (CPET), Polybutylenterephthalat (PBT) und Tritan™ Copolyester beeinflussen. Die bislang analysierten Effekte wurden jedoch hinsichtlich der praktischen Funktionalität und Performance als vernachlässigbar bewertet (Farrell et al., 2025).

Neben chemischen und thermischen Einflüssen treten bei Mehrwegverpackungen auch mechanische Belastungen auf. Wiederholte Nutzung führt dabei zu Abrieb, Materialverschleiss und Oberflächenbeschädigungen. Diese Aspekte wurden bislang nur begrenzt empirisch untersucht, sind jedoch zentrale Ausgangspunkte für die technische Machbarkeit und Materialhaltbarkeit (Tenhunen-Lunkka et al., 2024). Kratzer entstehen werkstofftechnisch durch kombinierte Indentation- und Gleitmechanismen, deren Ausprägung unter anderem von Materialverhalten, Geometrie, Belastungskraft, Gleitgeschwindigkeit, Winkel und Temperatur abhängt (Tenhunen-Lunkka et al., 2024). Solche Oberflächenveränderungen können sowohl die optische Qualität als auch die Sicherheit von Verpackungen beeinflussen, etwa durch mögliche Migrationsprozesse. Stark beschädigte Verpackungen müssen im Wartungs- oder Waschprozess ausgesondert werden, wodurch sich die zirkulierbare Lebensdauer reduziert (Farrell et al., 2024; Germann, Bensing, & Moneke, 2022). Um Verpackungen gezielt an die Anforderungen von Mehrwegsystemen anzupassen, werden Materialentwicklungen, insbesondere bei Kunststoffen vorangetrieben. Ein Beispiel hierfür ist die Glasfaserverstärkung von Polybutylenterephthalat (PBT). Dabei sollte bereits in der Materialentwicklung die spätere Verwertbarkeit am Ende der Nutzungsdauer berücksichtigt werden (Farrell et al., 2024).

Die beschriebenen materialbezogenen Anforderungen sowie Prozesse der Materialdegradation unter wiederholten Nutzungs- und Reinigungsbedingungen bestimmen massgeblich die Lebensdauer von Mehrwegverpackungen. Die erreichbare Anzahl von Nutzungszyklen gilt daher als zentraler Parameter für die technische und wirtschaftliche Machbarkeit von Closed-Loop-Systemen und beeinflusst sowohl deren Rentabilität als auch die langfristige Nachhaltigkeit (Riccardo Accorsi, Baruffaldi, & Manzini, 2020).

2. Systemische Voraussetzungen und Grenzen von Mehrwegsystemen im Retail

Während die materialbezogenen Eigenschaften und die daraus resultierende Lebensdauer von Verpackungen eine grundlegende Voraussetzung für den Einsatz von Mehrwegsystemen darstellen, wird ihre praktische Umsetzbarkeit massgeblich durch systemische Rahmenbedingungen bestimmt. Dazu zählen insbesondere Rücknahmelogistik, Wasch- und Reinigungsprozesse sowie organisatorische und kommunikative Anforderungen entlang der Wertschöpfungskette (Tenhunen-Lunkka et al., 2023).

Darüber hinaus wird die Integration von Identitäts- und Zustandsüberwachungssystemen zunehmend als zentraler Bestandteil von Mehrwegsystemen betrachtet. Technologien wie Smart Tags, Marker, Sensorik oder IoT-Anbindungen ermöglichen die Rückverfolgbarkeit einzelner Verpackungen, unterstützen das Monitoring ihres Zustands und tragen dazu bei, eine kontrollierte Nutzung sowie maximale Lebensdauer der Verpackungen sicherzustellen (Hakola, Hakola, Palola, Tenhunen-Lunkka, & Lahtinen, 2024).

Markterhebungen in Europa zeigten, dass Mehrwegsysteme im B2C Markt unter klar definierten Bedingungen ökologische Vorteile erzielen können. Die verfügbare Evidenz bezieht sich überwiegend auf Getränkeverpackungen. Insbesondere Glasflaschen in gut organisierten Poolsystemen weisen bei hohen Umlaufzahlen, kontrollierter Logistik und kurzen Transportdistanzen ökologische und wirtschaftliche Vorteile gegenüber Einweggebinden auf (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022). Jedoch zeigen Erfahrungen aus Getränke- und Milchindustrie sowie von Retailern und Forschungsinstitutionen in mehreren europäischen Ländern, dass derzeit keine grossen Bestrebungen für die Ausweitung oder Einführung neuer Mehrwegsysteme bestehen. Als wesentliche Gründe werden hohe Investitionskosten, erheblicher Infrastrukturbedarf und die Unsicherheit genannt, dass zentrale Erfolgsfaktoren in realen Märkten nur schwer einzuhalten sind.

Zentrale Erfolgsfaktoren für den Einsatz von Mehrwegverpackungen in Rücknahmesystemen sind in Abbildung 2 aufgeführt.

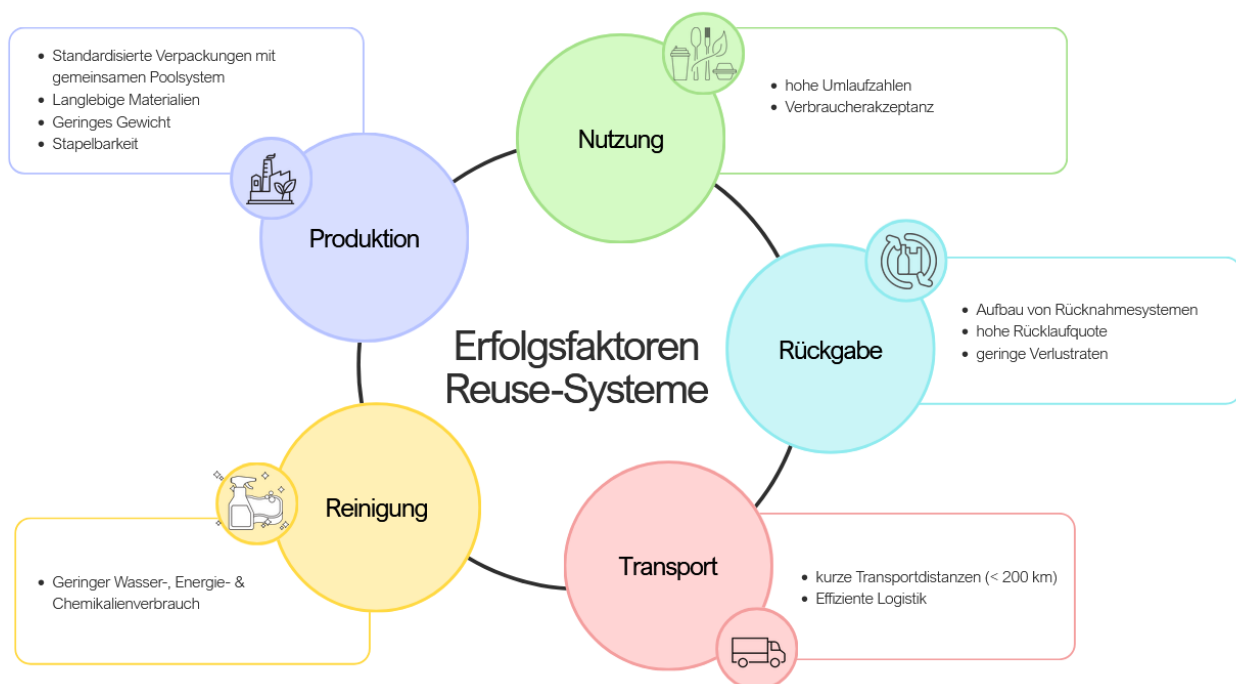


Abbildung 2: Erfolgsfaktoren für REUSE - Systeme

Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, können Umweltwirkungen und Systemkosten höher ausfallen als bei vergleichbaren Einwegsystemen. Zudem kann ein steigender Rezyklatanteil in Einweggebinden den relativen ökologischen Vorteil von Mehrwegsystemen reduzieren. Veränderungen im derzeitigen Konsumverhalten hin zu stärkerer Einwegorientierung erschweren eine Ausweitung zusätzlich (R. Accorsi, Bartolotti, Guidani, Manzini, & Ronzoni, 2025; Kauertz, Busch, & Bader, 2020; Thoden van Velzen & Brouwer, 2022).

Neben klassischen Rücknahmesystemen spielen auch Refill-Systeme eine Rolle. Für Refill-at-home-Konzepte sind insbesondere leichte Nachfüllverpackungen sowie langlebige Primärgebinde entscheidend. Refill-on-the-go-Modelle setzen hingegen eine langfristige Konsumentenbeteiligung sowie Verhaltensanpassungen hinsichtlich Rückgabe und Wiederbefüllung voraus (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022).

Mehrwegsysteme können insbesondere für Start-ups im Rahmen regionaler oder nachhaltigkeitsorientierter Geschäftsmodelle eine Differenzierungsstrategie darstellen. Gleichzeitig bleiben die wirtschaftlichen, logistischen und verhaltensbezogenen Anforderungen an solche Systeme hoch.

3. Einfluss von Mehrwegsystemen auf Lebensmittel

Für den Einsatz von Mehrwegsystemen im Lebensmittelbereich ist insbesondere deren Einfluss auf Qualität, Haltbarkeit und Sicherheit von Lebensmitteln relevant. Generell erfüllen Verpackungen eine zentrale Schutzfunktion, sodass Veränderungen im Verpackungssystem potenziell Auswirkungen auf Produktsicherheit, Haltbarkeit und Lebensmittelverluste haben können. Vor diesem Hintergrund werden im nachfolgenden Abschnitt der aktuelle Forschungsstand zum Einfluss von Mehrwegverpackungen auf Lebensmittelhaltbarkeit und Lebensmittelverluste dargestellt sowie daraus resultierende Wissenslücken aufgezeigt. Anschliessend werden sicherheitsrelevante Aspekte von Mehrwegverpackungen im Lebensmittelbereich zusammengefasst.

3.1. Lebensmittelhaltbarkeit und -verluste

Mehrwegsysteme werden primär zur Reduktion von Verpackungsabfällen eingesetzt. Für eine sachgerechte Bewertung ihrer Umweltwirkung ist jedoch entscheidend, inwiefern sie die Qualität, Haltbarkeit und Sicherheit von Lebensmitteln beeinflussen und damit indirekt Lebensmittelverluste verursachen oder verhindern. Dabei spielen die eingesetzten Materialien von Mehrwegverpackungen wie Glas, Metalle und Kunststoffe eine zentrale Rolle, da sie sich in Schutzfunktion und Materialintegrität unterscheiden.

Literaturrecherchen zeigten, dass bislang keine publizierten Studien über den Einfluss von Mehrwegverpackungen auf die Haltbarkeit oder Verluste von Lebensmitteln verfügbar sind. Auch Nilsson et al. (2024) zeigten, dass keine Studien über Einweg- und Mehrwegverpackungen für verderbliche flüssige Lebensmittel hinsichtlich Haltbarkeit oder Lebensmittelverlusten verfügbar sind. Darüber hinaus fehlen Studien, die Lebensmittelverluste, Lebensmittelsicherheit und Qualitätsaspekte gemeinsam in Abhängigkeit von Einweg- und Mehrwegsystemen analysieren. Zwar werden potenzielle Risiken von Mehrwegverpackungen, darunter mikrobiologische Kontaminationen, Rückstände aus Reinigungsprozessen sowie materialbedingte Schäden mit möglicher Migration von Schadstoffen untersucht. Diese werden jedoch nicht systematisch im Zusammenhang mit Lebensmittelverlusten betrachtet (Nilsson, Silva, & Schelin, 2024). Der Fokus bestehender Verpackungsstudien, auch im Bereich Einweg- und Mehrwegverpackungen, liegt bisherig häufig auf LCA Vergleichen und ökologischen Aspekten ohne Berücksichtigung des Einflusses der Verpackungsvarianten auf Lebensmittelverluste (Brock & Williams, 2020; Heller, Selke, & Keoleian, 2019; Nilsson et al., 2024).

Insgesamt fehlen hierdurch derzeit zugängliche empirische Daten zu Mehrwegverpackungen ebenso wie vergleichende Analysen zwischen Einweg- und Mehrwegsystemen, die Haltbarkeit, Lebensmittelsicherheit, Qualitätsaspekte und potenzielle Risiken integriert bewerten. Diese Wissenslücken verhindern derzeit eine ganzheitliche Bewertung von Mehrwegsystemen im Kontext von Verpackungsabfällen und Lebensmittelverlusten und unterstreichen den Bedarf an integrierter Forschung (Pålsson & Olsson, 2023).

3.2. Lebensmittelsicherheit

Lebensmittelsicherheit stellt einen zentralen Aspekt bei der Implementierung von Mehrwegsystemen im Lebensmittelbereich dar, da sie die hygienische Eignung, Produktqualität und Nutzungsdauer der Verpackungen beeinflusst. Unter diesen Gesichtspunkten stehen sicherheitsrelevante Aspekte im Vordergrund, die sich insbesondere aus der wiederholten Nutzung, Reinigung und Befüllung von Mehrwegverpackungen ergeben. Zentrale Sicherheitsfragen betreffen mikrobiologische Kontaminationen, chemische Rückstände aus Reinigungsprozessen, materialbedingte Alterung und Beschädigungen sowie mögliche Migrationen von Stoffen, einschliesslich Mikroplastik. Diese Aspekte sind eng mit der Materialauswahl, dem Verpackungsdesign sowie den Reinigungs- und Nutzungskonzepten von Mehrwegverpackungen verknüpft.

Vor diesem Hintergrund kommt der Auswahl geeigneter Materialien und der funktionalen Auslegung von Mehrwegverpackungen eine zentrale Bedeutung zu. Materialien und Design müssen auf den jeweiligen Verwendungszweck abgestimmt sein und sowohl funktionale als auch sicherheitsrelevante Anforderungen erfüllen. Neben Verbraucherpräferenzen, Transportfähigkeit, Umweltauswirkungen und Rezyklierbarkeit sind Eigenschaften wie Hitzebeständigkeit, Mikrowellentauglichkeit, Stapelbarkeit, Gewicht, Bruchrisiko sowie die Beständigkeit gegenüber Verfärbungen, Verformungen und mechanischem Stress infolge Mehrfachnutzung und wiederholter chemischer Reinigungen zu berücksichtigen. Durch implementierte HACCP-Systeme können chemische und physikalische Gefahren in der Praxis gezielt kontrolliert werden (Lemos Junior, do Amaral dos Reis, de Oliveira, Lopes, & Pereira, 2019). Die praktische Verwendungsdauer und Qualität von Mehrwegverpackungen kann insbesondere durch Geruchsaufnahme und Stoffmigration limitiert werden (Hilton, Northen, Bowyer, & Fletcher, 2023; Lemos Junior et al., 2019; Licciardello, 2024).

Ein wesentlicher sicherheitsrelevanter Aspekt im Zusammenhang mit Mehrwegsystemen betrifft die mikrobiologische Hygiene. Der Forschungsstand zum Übertragungsrisiko von Krankheitserregern über Mehrweggeschirr sowie zu geeigneten Desinfektionstechniken ist bislang begrenzt. Vorhandene Studien untersuchten überwiegend die Überlebensfähigkeit von Mikroorganismen auf unterschiedlichen Materialoberflächen wie Kunststoff, Edelstahl, Papier oder Holz. López-Gálvez et al. (2021) zeigten bei Mehrwegkisten aus Polypropylen für Frischblumenkohl höhere Nachweisraten von *Salmonella enterica* während der Lagerung unter Standardbedingungen der Lieferkette als bei Einweggebinden aus Karton oder Holz (López-Gálvez et al., 2021). Auch bei Mehrweg-PET-Flaschen ist die mikrobiologische Kontamination in Abhängigkeit vom abgefüllten Produkt zu berücksichtigen, da Kunststoffoberflächen im Vergleich zu Glas weniger effizient zu reinigen sind und somit eine geringere Hygienepformance aufweisen können (Licciardello, 2024). In Studien zeigte sich zudem, dass das Infektionsrisiko massgeblich von der Oberflächenporosität und -rauheit, der Umgebungfeuchte sowie der konsequenten Einhaltung von Reinigungs- und Hygienestandards abhängt (Ira et al., 2024; Qaiser, Hatton, Colwill, Webb, & Woolley, 2025). Dies verdeutlicht deutlich die Notwendigkeit spezifischer Hygienekonzepte für Mehrweganwendungen im Lebensmittelbereich.

Neben mikrobiologischen Risiken sind materialbedingte Effekte für die Bewertung von Mehrwegsystemen von zunehmender Bedeutung. Insbesondere bei kunststoffbasierten Mehrwegsystemen können unbeabsichtigte negative Effekte auftreten, da aus Materialien und Gegenständen mit Lebensmittelkontakt (Food Contact Materials, FCM) sowohl nach der Herstellung als auch über die gesamte Nutzungsdauer hinweg Chemikalien in das Lebensmittel migrieren können. Neben eingesetzten Ausgangsstoffen wie Monomeren und Additiven können zudem auch nicht absichtlich zugesetzte Stoffe (non-intentionally added substances, NIAS), die im Endprodukt vorliegen oder während der Nutzung entstehen migrieren. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, Mehrwegsysteme unter realistischen Mehrweg- und Reinigungsbedingungen zu prüfen und auf dieser Basis die chemische Sicherheit zu bewerten, um festzustellen, ob ein Material für den Einsatz in REUSE Systemen ausreichend inert ist (Geueke, Phelps, Parkinson, & Muncke, 2023). Eng mit diesen chemischen Fragestellungen verknüpft ist das Auftreten von Mikroplastik in kunststoffbasierten Mehrwegsystemen. Studien zeigten, dass in Mehrwegflaschen, unabhängig davon ob aus PET oder Glas, höhere Mikroplastikmengen nachweisbar sind als in Einweg-PET-Flaschen. Als potenzielle Quellen gelten Verschlüsse, Waschprozesse, Etiketten sowie materialbedingte Alterungsprozesse (Oßmann et al., 2018). Diese Befunde wurden durch

Schymanski et al. (2018) bestätigt, die signifikant höhere Mikroplastikkonzentrationen in Mineralwasser aus Mehrweg-Kunststoffflaschen im Vergleich zu Einwegflaschen nachwiesen, und werden auch in weiteren Arbeiten als relevanter Aspekt für kunststoffbasierte Mehrwegsysteme aufgeführt (Licciardello, 2024; Nilsson et al., 2024; Schymanski, Goldbeck, Humpf, & Fürst, 2018). Zusätzlich besteht bei Mehrweggebinden ein Restrisiko durch unzureichende Reinigung, insbesondere infolge unsachgemässer Nutzung durch Konsumentinnen und Konsumenten sowie durch Rückstände von Reinigungs- und Waschmitteln, die die chemische und hygienische Sicherheit beeinträchtigen können (Saldaña-Pierard, Nguyen, Debeaufort, Vitrac, & Auras, 2025; Thoden van Velzen & Brouwer, 2022).

Ergänzend zu hygienischen und materialbezogenen Fragestellungen sind auch nutzungsbedingte Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen. Bei kunststoffbasierten Take-away-Mehrwegsystemen kann es aufgrund längerer Heisshaltung und verzögerter Abkühlung von Heissgetränken im Vergleich zu Papier- oder Keramikbechern zu einem erhöhten Verbrühungsrisiko kommen, was ein angepasstes Verbraucherverhalten und eine gute Kommunikation erforderlich macht (Naik, Lewis, & Allison, 2019).

Der regulatorische Rahmen für sicherheitsrelevante Aspekte von Materialien und Gegenständen mit Lebensmittelkontakt (Food Contact Materials, FCM) wird in der Europäischen Union durch mehrere Verordnungen gebildet, insbesondere durch die [Verordnung \(EG\) Nr. 1935/2004](#) sowie die [Verordnung \(EG\) Nr. 2023/2006](#). Die Verordnung (EG) Nr. 1935/2004 legt die allgemeinen Anforderungen an Materialien und Gegenstände mit Lebensmittelkontakt fest, während die Verordnung (EG) Nr. 2023/2006 die Umsetzung der Guten Herstellungspraxis (Good Manufacturing Practice, GMP) vorschreibt und Anforderungen an Herstellungsprozesse sowie den sicheren Einsatz von Materialien mit Lebensmittelkontakt adressiert. Diese Rahmenwerke berücksichtigen jedoch nicht die potenzielle Verschlechterung von Materialien bzw. Gegenständen infolge von Alterung oder durch mehrfachen Gebrauch. Ergänzend regelt die [Verordnung \(EU\) Nr. 10/2011](#) Kunststoffmaterialien und -gegenstände mit Lebensmittelkontakt und legt spezifische Migrationsgrenzwerte fest. Darüber hinaus enthält sie Vorgaben zur Prüfung wiederverwendbarer Kunststoffverpackungen (Saldaña-Pierard et al., 2025). Die [Verordnung \(EU\) 2025/40](#) «Packaging and Packaging Waste Regulation» (PPWR) ergänzt diesen Rahmen um systembezogene Anforderungen an Mehrwegsysteme, insbesondere hinsichtlich Ausgestaltung, Hygiene, Rückverfolgbarkeit und Nutzung über mehrere Umläufe, während die Bewertung der Lebensmittelsicherheit weiterhin den FCM-spezifischen Verordnungen vorbehalten bleibt.

4. Lebenszyklusanalysen zum Vergleich von Mehrweg- und Einweg-Verpackungssystemen

Neben technischen, systemischen und lebensmittelbezogenen Aspekten ist für die Bewertung von Verpackungssystemen auch deren Umweltwirkung relevant. Hierfür werden Lebenszyklusanalysen (Life Cycle Assessments, LCA) eingesetzt. Standards, wie ISO 14040 und 14044 sowie ISO 14025 für vergleichende Aussagen definieren die methodischen Grundlagen für die Durchführung solcher Analysen.

LCAs können genutzt werden, um relevante Einflussfaktoren innerhalb von Verpackungssystemen zu identifizieren und daraus potenzielle Verbesserungsmaßnahmen hinsichtlich der Umweltwirkungen abzuleiten. Bei vergleichenden Bewertungen von Einweg- und Mehrwegsystemen wird empfohlen, die verpackten Lebensmittel in die Bewertung einzubeziehen, da die zentrale Funktion der Verpackung im Schutz und in der Bereitstellung des Lebensmittels liegt (Espinoza-Orias & Lundquist, 2025).

Tabelle 1 fasst zentrale Kriterien zusammen, die bei der Erstellung vollständiger LCAs von Mehrwegsystemen berücksichtigt werden sollten und zugleich als Orientierung für die Bewertung bestehender LCAs dienen können.

Tabelle 1: Definition von Bewertungskriterien einer LCA für Mehrwegsysteme (angepasst von (Espinoza-Orias & Lundquist, 2025))

Kriterium	Definition	Anforderungen für eine vollständige LCA
Ziel	Zielsetzung muss klar formuliert sein (Bewertung von Mehrwegsystem isoliert oder im Vergleich zu Einwegsystem)	grundlegende Anforderung
Funktionelle Einheit	Bezug auf eine Menge (Masse oder Volumen) auf Konsumniveau gemäss ISO 14044:2006 (präzisere Leitlinien wären hierfür erforderlich)	funktionelle Einheit muss nachvollziehbar definiert werden. → nachvollziehbar zu begründen
Untersuchungsrahmen (Scope)	<p>Für Mehrwegverpackungen typischerweise zu berücksichtigende Prozessschritte abhängig von der gewählten funktionellen Einheit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung der Verpackungsmaterialien: Rohstoffgewinnung/-produktion und Verarbeitung; • Herstellung der Verpackungslösungen: Umformungs- und Verarbeitungsprozesse; • Herstellung von Grossgebindingssystemen und zugehörigen Betriebsmitteln; • Abfüllung der Behälter; • Lagerprozesse: in Lagerhäusern, Verkaufsstellen, Reinigungs-, Aufbereitungs- und Verbrauchsstandorten; • Betrieb von Grossgebinde- bzw. Nachfüllsystemen; • Transport zwischen den Prozessen: Materialtransfers sowie Vorwärts- und Rücklogistik der Verpackungen; • Sortierprozesse; • Aufbereitung der Verpackungslösungen: Qualitätskontrolle, Reinigung, Wiederaufarbeitung, Reparatur und Instandhaltung; • Lebensmittelverluste und -abfälle, die durch die Nutzung der Verpackungslösungen entstehen; • End-of-Life-Phase der Verpackungslösungen und der Grossgebinde-/Nachfüllsysteme; 	Begründung der Wahl bzw. Ausschluss von Punkten muss Bestandteil der LCA sein
Konsistenz zwischen funktioneller Einheit, Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie	Kohärenz muss gemäss ISO 14044:2006 bestehen	zwingend erforderlich
Anzahl der Wiederverwendungen/ Rotationen	Berechnung Anzahl Wiederverwendungen gemäss ISO 18063:2013	Nachvollziehbarkeit der Wahl der Wiederverwendungen muss gewährleistet sein
Break-even-Punkt (BEP)	Zeitpunkt, an dem die Umweltauswirkungen von Mehrwegverpackungen mit jenen von Einwegverpackungen vergleichbar sind (bei gleicher funktioneller Einheit)	Bestehende Systeme: Nicht zwingend erforderlich ausser bei Kalkulation von Optimierungen; Hypothetische Systeme: erforderlich, wenn Vergleich Einweg-Mehrwegsystem;
Verpackungssystem	Primär-, Sekundär-, Tertiärverpackung mit jeweils wesentlichen Merkmalen (Materialien, Rezyklatanteil, Masse, Volumen, Herstellungsprozesse)	Vollständige Verpackungssystem muss berücksichtigt werden. Begründung erforderlich, wenn Ausschluss spezifischer Verpackungssysteme vorgenommen werden.

Kriterium	Definition	Anforderungen für eine vollständige LCA
Aufbereitungs- und Wiederaufarbeitungsprozesse (Refurbishing/Reconditioning)	<p>Prozessschritte, um Mehrwegverpackungen wieder in einen funktionsfähigen Zustand zu versetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspektion Zustand bzw. Gebrauchstauglichkeit • Entfernung/ Austausch beschädigter oder nicht wiederverwendbarer Komponenten • Reinigung • Reparatur sofern erforderlich • Wiedereingliederung 	vollständige Begründung erforderlich, welche Prozessschritte integriert oder ausgeschlossen wurden
Transport	<p>Distanzen und Transportmittel Variationen berücksichtigen innerhalb von Sensitivitätsanalyse</p>	<p>Hypothetische Systeme: Variation der Transportdistanzen und/ oder Transportarten zwingend erforderlich Bestehende Systeme: ausreichend, wenn fix definiert.</p>
Poolgrösse	<p>Bestehend aus Verlustquote und Verzögerungszeit (Bestandssammlung an unterschiedlichen Punkten der Lieferkette)</p>	<p>Anfängliche Kapitalinvestition für Einführung des Systems. Sobald System im stationären Betrieb ist, besteht die Aufrechterhaltung primär in Ersatz von Verlusten und Obsoleszenz.</p>
Verluste	<p>Verluste durch gezielte Aussonderung (unzureichende Qualität) und Verluste innerhalb des Systems (unabhängig vom Zustand) Verluste benötigt zur Berechnung der durchschnittlichen Anzahl an Umläufen, Transporten →notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung zur Bestimmung der Poolgrösse</p>	Verluste und Anzahl an Rotationen müssen berücksichtigt werden
Produktverluste	<p>Erfassung von Lebensmittelverlusten und -abfällen sollte gemäss bestehender Standards und Protokolle erfolgen, etwa dem Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard</p>	Lebensmittelverluste müssen insbesondere bei Nachfüllsystemen berücksichtigt werden
Sensitivitätsanalysen	<p>Robustheit des bestehenden Systems wird geprüft und der Einfluss von einzelnen Parametern auf die gesamtökologische Auswirkung identifiziert und quantifiziert. Potenziell signifikante Einflussgrössen auf die Gesamtumweltwirkung von Mehrwegsystemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Behältermerkmale: Gewicht, Volumen und Materialtyp • Transport • Aufbereitungsprozesse (Reconditioning/Refurbishing) • Verpackungsverluste • Produktverluste 	Umfang der Integration relevanter Parameter entscheidend für Qualität

Literaturvergleiche zeigen, dass in LCA Vergleichen von Einweg-Verpackungssystemen und Mehrwegverpackungssystemen häufig nicht alle relevanten Aspekte eines Mehrwegsystems, welche in Tabelle 1 aufgeführt sind, in der Praxis berücksichtigt und grundlegende Regeln einer LCA nicht konsequent eingehalten werden (Espinoza-Orias & Lundquist, 2025; van den Berg & ten Klooster, 2025). Zudem bewerten Studien Mehrwegsysteme häufig nicht anhand empirischer Daten, sondern anhand von modellhaften Annahmen. Reale systemrelevante Einflussgrößen wie tatsächlicher Durchsatz, effektive Nutzungsdauer sowie Verluste entlang des Nutzungskreislaufs werden in Ökobilanzen von Mehrwegsystemen häufig nicht oder nur unzureichend abgebildet, was zu einer systematischen Verzerrung der Ergebnisse führen kann (van den Berg & ten Klooster, 2025). Vor diesem Hintergrund sind bei Vergleichen zwischen Mehrweg- und Einwegsystemen insbesondere Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die aus der Systemgestaltung und Organisation von Mehrwegsystemen resultieren. Diese Einflussgrößen entsprechen weitgehend den in Kapitel 2 beschriebenen systemischen Rahmenbedingungen und werden in LCAs als Modellparameter abgebildet. Dazu zählen insbesondere:

- Konstante Systemfaktoren (z.B. Reinigung, Systemstruktur, Gewicht, sowie Einwegkomponenten im Mehrwegsystem wie Deckel, Etiketten oder Einwegsekundär- und Tertiärverpackungen)
- Transportdistanzen und Transporteffizienz
- Verluste (abhängig u.a. von der Verbraucherakzeptanz und Systemetablierung)
- Poolgrösse im Verhältnis zur Systemgrösse

Darüber hinaus ist für einen realitätsnahen Vergleich entscheidend, dass realistische Mehrwegzenarien ausserhalb der eigentlichen Ökobilanz modelliert und transparent definiert werden. Auf diese Weise können reale Systemgrenzen, Nutzungsprofile und Verlustmechanismen angemessen abgebildet werden (van den Berg & ten Klooster, 2025).

Für eine erste Abschätzung, ob ein Mehrwegsystem grundsätzlich ökologische Vorteile gegenüber einem Einwegsystem erzielen kann, kann ein initiales Screening über den Break-even-Punkt (BEP) genutzt werden. Im Rahmen eines solchen Screenings ist zu prüfen, ob die Umweltauswirkungen der konstanten Faktoren des Mehrwegsystems (insbesondere Reinigung, Systemtransport sowie eingesetzte Einwegkomponenten), die bei jeder Rotation anfallen und unabhängig von Poolgrösse, Anzahl der Umläufe und Verlusten sind, geringer ausfallen als die Umweltauswirkungen des Einwegprodukts. Ist dies nicht der Fall, kann kein Break-even-Punkt erreicht werden, da das Mehrwegsystem selbst bei mehrfacher Nutzung keine geringere Gesamtumweltauswirkung erzielt. Gleichzeitig kann das Einwegsystem als Referenz (Baseline) dienen, um abzuleiten, unter welchen Bedingungen das Mehrwegsystem hinsichtlich Verlustquoten und Poolgrösse im Verhältnis zur Anzahl der sich im Umlauf befindlichen Verpackungseinheiten funktionieren muss (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022; van den Berg & ten Klooster, 2025).

Nachfolgend werden in Tabelle 2 ausgewählte LCA-Studien zu Einweg- und Mehrwegverpackungen im Lebensmittelbereich zusammengefasst. Berücksichtigt wurden insbesondere Studien aus Europa sowie ergänzende internationale Publikationen mit Fokus auf Getränke-, Take-away- und Transportverpackungen.

Tabelle 2: Übersicht ausgewählter LCA-Studien von Einweg- und Mehrweg-Lebensmittelverpackungen aus wissenschaftlicher Literatur sowie ergänzender Studien aus der Schweiz und des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission

Produkt/ Produktgruppe	Land/ Region	Vergleichs-system	Funktionelle Einheit	Bewertungsmethode / Umweltindikator	Ergebnisse	Break-even-Point (BEP)/ Sensitivität	Haupttreiber	Jahr	Quelle
Mineralwasser/ Softgetränke		Flasche EW: PET			<ul style="list-style-type: none"> EW- und MW-Systeme vergleichbare Umweltbelastung (unter Berücksichtigung der Unsicherheiten) <ul style="list-style-type: none"> MW-Glas: 142 UBP EW-PET: 187 UBP 				(Kägi & Weiner, 2024)
		Flasche MW: Glas (Referenzzahlen aus CH-Markt)							
Bier	Schweiz	EW: Aludose			<ul style="list-style-type: none"> niedrigste Umweltbelastung für MW-Glas <ul style="list-style-type: none"> MW-Glas: 262 UBP EW-Glas: 723 UBP EW-Alu: 334 UBP 			2024	
		MW: Glasflasche (Referenzzahlen aus CH-Markt)	1L Getränk	Methode der ökologischen Knappheit 2021/ UBP (Umweltbelastungspunkte)					
Milch		EW: Getränkekarton, PE-Flasche			<ul style="list-style-type: none"> im IST-Zustand vergleichbare Umweltbelastung von MW-Glas und EW-Getränkekarton, welche geringer ist als die von EW PE-Flaschen <ul style="list-style-type: none"> MW-Glas: 142 UBP EW-Getränkekarton: 146 UBP EW-PE: 321 UBP 	<ul style="list-style-type: none"> > 8 Zyklen MW-Glas vorteilhaft (Annahme 15 - 25 Zyklen in CH); Transport < 40 km MW-Glas besser; Ab 210 km Transport EW- Getränkekarton besser (CH typisch: 100 - 160 km) 	Lebensmittel ist relevanter für Umweltbelastung als Verpackung		(Kägi & Weiner, 2024) unter Einbezug von (Elsener & Kägi, 2023)
		MW: Glasflasche (Referenzzahlen aus CH-Markt und Szenarienanalyse)							
Heiss- und Kaltgetränke Take-away		EW: Kartonbecher mit LDPE Beschichtung und Kartondeckel	0.5 L Getränk		<ul style="list-style-type: none"> MW PP Becher in den meisten Kategorien besser EW Becher besser in den Kategorien Klima, Ressourcen & Ökotoxizität Single-Score: MW in 40% der Simulationen besser und in 30% waren MW und EW vergleichbar.				
		MW: PP Becher und Deckel							
alkoholische und nicht-alkoholische Getränke (ausser Wein)	EU	EW: Aluminiumdose, Glasflasche	0.5 L Getränk	European Product Environmental Footprint (PEF) mit 16 Impact-Kategorien; aggregierter Single Score (nach EF 3.1); Circular Footprint Formula (CFF) für End-of-Life	<ul style="list-style-type: none"> EW Alu in meisten Kategorien vorteilhafter als MW PET (bei angenommenen 9 Zyklen); Single Score: MW PET in 50% der Simulationen vergleichbar oder besser als EW Alu und in den anderen 50% ist EW Alu vorteilhaft. Im Vergleich EW und MW Glas ist MW in > 90% der Simulationen besser (20 Zyklen angenommenen).		<ul style="list-style-type: none"> Rückgabeverhalten insbesondere Pkw-Nutzung wirken sich nachteilig auf Umweltwirkung von MW aus Waschsysteme und Energie-Mix beeinflussen die Umweltwirkungen deutlich 	2024	(Sinkko, Amadei, Venturelli, & Ardenne, 2024) EU Joint Research Centre
		MW: PET-Flasche mit PP Deckel, Glasflasche							
Take-away		EW: Karton mit LDPE Beschichtung, Alu inkl. Kartondeckel mit LDPE Beschichtung	ausgegebene Mahlzeit (Volumen 1.1 L)		<ul style="list-style-type: none"> MW PP Schale in allen Kategorien ausser fossilen und metallischen Ressourcen besser als EW Alu Single-Score: MW und EW Lösungen sind vergleichbar				
		MW: PP Schale							
Getränke-becher	Model-lierung für Europa	EW: PP, PLA, PET, Karton+PE MW: PP, PLA, PET, Glas	0.4 L Getränke-ausgabe	EPD 2018: Klimawandel (CC), Ozonabbau (OD), Versauerungspotenzial (A), Bildung photochemischer Oxidantien (POC), Eutrophierungspotenzial (E); kumulativer Energiebedarf (CED): nicht erneuerbarer Energiebedarf (NREU); Pfister et al. 2009: Wasserknappheitsindikator (WSI)	<ul style="list-style-type: none"> MW-Kunststoffbecher (besonders PP) können bei Klimawirkung und Energieverbrauch bereits nach wenigen Dutzend Nutzungen besser sein als EW. EW PP bei Bewertung von Versauerung, Eutrophierung und Wasserknappheit meist ökologisch besser; Glas-MW schneidet hier wegen hoher Transportlast oft am schlechtesten ab. 	Beurteilung BEP nach: <ul style="list-style-type: none"> CC: nach 10 - 50 Zyklen sind MW-Systeme besser (abhängig von Material & Bechergewicht); NREU: nach weniger als 150 Zyklen sind MW-Kunststoffsysteme bei industrieller Reinigung mit < 20 km Transport besser als EW-Systeme; A, E, WSI: EW PP beste Option → BEP wird gegenüber PP selbst bei unendlich vielen Nutzungen von MW nicht erreicht; 	<ul style="list-style-type: none"> Effiziente Spülung/ Reinigung begrenzte Transportdistanzen 	2021	(Cottafava et al., 2021)

Abkürzungen: MW = Mehrweg; EW = Einweg; PE = Polyethylen; PET = Polyethylenterephthalat; rPET = recyceltes Polyethylenterephthalat; PP = Polypropylen; LDPE = Low-Density Polyethylen; PLA = Polylactid; EPS = expandiertes Polystyrol

Produkt/ Produktgruppe	Land/ Region	Vergleichs- system	Funktionelle Einheit	Bewertungsmethode / Umweltindikator	Ergebnisse	Break-even-Point (BEP)/ Sensitivität	Haupttreiber	Jahr	Quelle
Milch	Italien	Flaschen EW: PET, rPET, Glas Flaschen MW: Glas	1L pasteurisierte Milch	ReCiPe 2016 Midpoint (H): Klimawirkung (GWP); Ozonabbau (OD); terrestrisches Versauerungspotenzial (A); fossile Ressourcenknappheit (FRS), Wasserverbrauch (WC), karzinogenes Humantoxizität (HCT); Marine Litter Indicator (MLI)	<ul style="list-style-type: none"> EW-rPET Flaschen weisen geringste Umweltwirkung bzgl. der bewerteten Ökobilanzkategorien (ausser für MLI) auf gefolgt von EW PET und MW Glas → Glas wegen Gewicht und energieintensiver Produktion am schlechtesten; Bzgl. MLI ist MW Glas die präferierte Option 	<p>Beurteilung BEP nach:</p> <ul style="list-style-type: none"> GWP: nach ~30 Zyklen ist Klimawirkung von MW Glas vergleichbar mit EW-PET; Ozonabbau & humankarzinogene Toxizität: bei 30 Zyklen ist MW Glas schlechter als EW PET (max. Anzahl angenommener Zyklen); Fossile Ressourcen & Wasserverbrauch: nach 7 Zyklen ist Umweltwirkung von MW Glas vergleichbar mit EW PET; Terrestrische Versauerung: ~27 Zyklen für Vergleichbarkeit mit EW PET; 	Grossteil der Umweltwirkung entfällt bei MW auf Verschluss, Etikett, Reinigungs- und Transportphase	2021	(Stefanini, Borghesi, Ronzano, & Vignali, 2021)
Take-away	Finnland	Schale + Deckel EW: PP Schale + Deckel MW: PP	ausgegebene Mahlzeit (Volumen 1.2 L)	ReCiPe 2016 Midpoint (H): mit 13 Wirkungskategorien u.a. Klimawirkung (GWP); Süßwasser- und marine Ökotoxizität (FET ; MET); fossile und mineralische Ressourcenknappheit (FRS ; MRS); Marine- & Süßwassereutrophierungs- potenzial (MEP ; FEP); ionisierende Strahlung (IR); karzinogene und nicht karzinogene Humantoxizität (HCT ; HNCT);	<ul style="list-style-type: none"> Die Klimawirkung von EW ist 1.3 fach höher als bei MW mit 10 Zyklen Industrielle Spülung verringert Klimawirkung um 92% im Vergleich zu Haushaltsgeschirrspülern Zusätzliche Autofahrten führen bei MW zu schlechterer Klimawirkung als bei EW-Lösung 	<p>Beurteilung BEP nach:</p> <p>GWP: nach 6 Zyklen ist MW vorteilhafter (Annahme: zu Fuss Rückgabe, industrielle Reinigung);</p> <p>FET, MET, FRS: ab ~10 Nutzungen ist MW besser als EW;</p> <p>MEP, FEP, IR, HCT, HNCT, HCT, MRS: auch nach 100 Zyklen ist EW besser;</p>	<ul style="list-style-type: none"> Art der Kundentransporte im Rückgabestystem Effizienz und Art der Spülung Anzahl Wiederverwendungen Verwendeter Strommix End-of Life Behandlung" 	2024	(Yadav, Silvenius, Katajauuri, & Leinonen, 2024)
Take-away	UK	Schalen EW: EPS, PP, Alu Schalen MW: Tupperware, Luxembourg Box, Blechdose mit Deckel	300 g Lebensmittel	ReCiPe 2016 Midpoint (H) (Abdeckung von 13/14 Product Environmental Footprint (PEF) Kategorien (ohne terrestrische Eutrophierung))	<ul style="list-style-type: none"> REUSE und Refill Verpackungen weisen nach wenigen Umläufen geringere Umweltwirkungen bei GWP, Landuse und Wasserverbrauch auf; REUSE Verpackungen zeigen etwas geringere Umweltwirkungen bezogen auf die 3 Umweltkategorien als Refill aufgrund der ressourcenintensiveren Reinigung zu Hause Materialauswahl weniger relevant als Wiederverwendung 	<p>Beurteilung BEP nach GWP:</p> <ul style="list-style-type: none"> MW Kunststoff Behälter sind nach 2 - 4 Zyklen besser als EW; MW-Blechdosen nach 13 - 33 Zyklen besser als EW; 		2021	(Greenwood et al., 2021)
Take-away	USA	Schalen EW: PLA, PP, Alu, Bagasse Schalen MW: PP Varianten	1 ausgegebene Mahlzeit	IMPACT 2002+ V2.15: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf; IPCC 2021 GWP100 V1.00: Klimawandelpotenzial; ReCiPe 2016 Midpoint (H) (Wasserverbrauch)	<ul style="list-style-type: none"> MW weist im angenommen Basisszenario geringere Umweltwirkungen auf als EW-Systeme Ersatz von PLA durch MW führt zu stärkeren Reduktionen beim Wasserverbrauch; -Ersatz von Bagasse führt zu grösseren Vorteilen bei GWP. 	<p>Beurteilung BEP nach GWP und Primärenergie:</p> <ul style="list-style-type: none"> nach 4 - 13 Zyklen ist MW besser als EW-Referenzen (zu prüfen, ob Zyklen in der Praxis erreicht werden) 	<ul style="list-style-type: none"> zusätzliche Rückgabefahrten müssen < 5% sein (ansonsten kein MW-Vorteil mehr vorhanden in den Kategorien Energie, GWP & Kosten) Waschszenerien (Intensivreinigung zu Hause hat negativen Effekt) 	2023	(Hitt, Douglas, & Keoleian, 2023)
Take-away (Campus- mensa)	Canada	Behälter EW: PP & Bagasse Behälter MW: PP	10 000 ausgegebene Mahlzeiten	TRACI 2.1: 10 Wirkungskategorien (Ozonabbau, Treibhauspotenzial, Smog, Versauerung, Eutrophierung, karzinogene Wirkungen, nicht-karzinogene Wirkungen, Atemwegswirkungen, Ökotoxizität, fossiler Ressourcenverbrauch)	<ul style="list-style-type: none"> MW ist ökologisch & wirtschaftlich deutlich vorteilhafter (bei geplanter Hersteller-Nutzungsdauer); MW Behälter weist in 9 von 10 Kategorien die niedrigste Umweltwirkung auf; Einweg-PP weist in allen Kategorien den höchsten Impact auf (v. a. aufgrund Materialgewinnung, Produktion und End-of-Life-Emissionen); 	<ul style="list-style-type: none"> ab 17 Zyklen ist MW in allen Kategorien besser als EW-PP ab 37 Zyklen ist MW in 9 von 10 Kategorien besser als EW Bagasse 		2024	(Snyder & Park, 2024)

Abkürzungen: MW = Mehrweg; EW = Einweg; PE = Polyethylen; PET = Polyethylenterephthalat; rPET = recyceltes Polyethylenterephthalat; PP = Polypropylen; LDPE = Low-Density Polyethylen; PLA = Polylactid; EPS = expandiertes Polystyrol

Produkt/ Produktgruppe	Land/ Region	Vergleichs- system	Funktionelle Einheit	Bewertungsmethode / Umweltindikator	Ergebnisse	Break-even-Point (BEP)/ Sensitivität	Haupttreiber	Jahr	Quelle
Flugzeug- Catering	Spanien	Geschirr EW: Aluminiumschalen, Deckel, Umverpackung, Gewürzver- packungen Geschirr MW: Tabletts, Teller, Becher, Besteck	1 000 ausgegebene Menues	European Product Environmental Footprint (PEF): Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Mehrwegartikeln fallen 74–79 % der Klimawirkung in der Flugphase, 11–20 % in der Produktion & ein kleiner Anteil in Waschen & End-of-Life an; • bei Einwegartikeln stammen 53 % der Klimawirkung aus der Produktion; • Beste Option für Catering in Flugzeugen bezüglich Klimawirkung besteht bei Verwendung von leichten Materialien, welche mehrfach genutzt werden, sowie kontrollierten Sammelsystemen; ➔ Bei einer repräsentativen Flugdistanz von 2.500 km ist EW-PS-Besteck über den Lebenszyklus um 80 % klimafreundlicher als MW-Stahlbesteck 			2020	(Blanca-Alcubilla, Bala, de Castro, Colomé, & Fullana-i-Palmer, 2020)
Früchte & Gemüse	Europa (grössten Produktionsländer als Referenz)	Kiste EW: Karton & Holz Kiste MW: PP (zusätzlich 100% Recycling Variante am EoL)	Transport von 1kg frischen Früchten oder Gemüse	Environmental Footprint 3.1 (adapted) v1.0; Circular Footprint Formula (CFF); End-of-Life-Szenarien (konventionell vs.100 % Recycling)	<ul style="list-style-type: none"> • MW ökologisch, ökonomisch und zirkulär am vorteilhaftesten (bei Szenario mit 140 Zyklen) 	Beurteilung BEP nach CO₂-Fussabdruck: <ul style="list-style-type: none"> • ab 5 Zyklen ist MW besser als EW-Holz-kiste; • ab 24 Zyklen ist MW mit 100 % Recycling besser als EW-Karton • ab 29 Zyklen ist MW konventionell besser als EW-Karton; 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe BEP gegenüber Karton beruht auf langer Transportdistanz (890 km) im Modell; • je grösser das RPC-Netzwerk, desto mehr Zyklen sind notwendig um besser als EW zu sein; 	2024	(Rasines, San Miguel, Corona, & Aguayo, 2024)

Abkürzungen: MW = Mehrweg; EW = Einweg; PE = Polyethylen; PET = Polyethylenterephthalat; rPET = recyceltes Polyethylenterephthalat; PP = Polypropylen; LDPE = Low-Density Polyethylen; PLA = Polylactid; EPS = expandiertes Polystyrol

Die Übersicht der in Tabelle 2 dargestellten LCA-Studien zeigt, dass ökologische Vorteile von Mehrwegsystemen nicht pauschal angenommen werden können, sondern stark von der konkreten Systemgestaltung abhängen. Zentrale Einflussgrößen sind die betrachteten Produkttypen, die erreichten Umlaufzahlen, regionale Rahmenbedingungen (beispielsweise Transportdistanzen, Energiemix und Reinigung) sowie das Verbraucherverhalten. Zusätzlich beeinflussen die gewählten Umweltindikatoren und Bewertungsmethoden die Ergebnisse der jeweiligen Studien.

Mehrwegsysteme weisen in mehreren Studien Vorteile hinsichtlich Treibhausgasemissionen und fossilem Ressourcenverbrauch auf, während Einwegsysteme in einzelnen Umweltkategorien, beispielsweise beim Wasserverbrauch, der Versauerung oder bestimmten Toxizitätsindikatoren, teilweise geringere Umweltwirkungen zeigen. Dies unterstreicht die Bedeutung der Bewertung multipler Impact-Kategorien für einen Vergleich von Einweg- und Mehrwegsystemen und verdeutlicht die Limitation einer ausschliesslichen Betrachtung einzelner Emissionen, beispielsweise von CO₂-Emissionen.

So können kunststoffbasierte Mehrwegsysteme im Take-away-Bereich bezogen auf die dargestellten Studien bereits nach wenigen Nutzungszyklen ökologische Vorteile gegenüber Einwegsystemen aufweisen, insbesondere hinsichtlich der Klimawirkung und des fossilen Ressourcenverbrauchs. Auch Mehrweg-Glasflaschen können im Getränkebereich in gut organisierten Poolssystemen unter geeigneten Rahmenbedingungen deutliche ökologische Vorteile gegenüber Einweglösungen erreichen.

Ein kritischer Einflussfaktor, der in mehreren Studien identifiziert wurde, ist das Konsumentenverhalten. Insbesondere separate Rückgabefahrten mit dem Pkw können potenzielle Umweltvorteile von Mehrwegsystemen deutlich reduzieren oder vollständig aufheben. Auffällig ist zudem, dass zahlreiche in Tabelle 2 dargestellte LCAs auf modellierten Szenarien beruhen und reale Systemparameter wie effektive Umlaufzahlen, Verlustquoten oder tatsächliche Nutzungsprofile häufig nur begrenzt empirisch erfasst wurden. Gleichzeitig werden Infrastruktur, Rückgabesysteme, Transportdistanzen sowie das Konsumentenverhalten in vielen Studien als wesentliche Einflussfaktoren der Umweltwirkungen identifiziert.

5. Verbraucherakzeptanz

Das Konsumentenverhalten und die Akzeptanz von Mehrwegsystemen gelten als einer der grössten Unsicherheitsfaktoren bei deren Implementierung und gleichzeitig als entscheidend für deren Erfolg (Noëth, Van Opstal, & Du Bois, 2024).

Studien zur Verbraucherakzeptanz in Europa zeigen auf, dass Verbraucher, wenn sie genügend informiert sind, REUSE Systeme unterstützen, jedoch Recyclingsysteme bevorzugen (Greenwood et al., 2021; Thoden van Velzen & Brouwer, 2022). Bei der tatsächlichen Kaufentscheidung spielen jedoch häufig andere Faktoren eine grössere Rolle als Nachhaltigkeitsaspekte. Preis, Produktqualität und Bequemlichkeit sind zentrale Entscheidungskriterien bei der Wahl zwischen Einweg- und Mehrwegverpackungen (Ketelsen, Janssen, & Hamm, 2020). Damit Mehrwegsysteme erfolgreich etabliert werden können, müssen sie daher möglichst einfach, komfortabel und wirtschaftlich attraktiv in bestehende Einkaufsprozesse integriert werden.

Barrieren für die Nutzung von Mehrwegsystemen ergeben sich sowohl aus systemischen als auch aus wahrnehmungsbezogenen Faktoren. Dazu zählen insbesondere bislang häufig noch unzureichend ausgebaute Rücknahmeinfrastrukturen, die den praktischen Zugang zu Mehrwegsystemen erschweren und von Konsumentinnen und Konsumenten häufig als zusätzlicher Aufwand wahrgenommen werden. Darüber hinaus äussern Konsumentinnen und Konsumenten Bedenken hinsichtlich Produktqualität, Produktsicherheit und Hygiene, insbesondere im Zusammenhang mit möglichen Kontaminationen wiederverwendbarer Verpackungen (Mastria, Vezzil, & De Cesarei, 2024; Noëth et al., 2024). Auch sichtbare Gebrauchsspuren wie Kratzer oder Flecken können die Wahrnehmung von Hygiene und Produktsicherheit negativ beeinflussen und dadurch die Akzeptanz von Mehrwegverpackungen im Lebensmittelbereich reduzieren (Collis, Baxter, Baird, Meade, & Webb, 2023).

Untersuchungen zeigen zudem Unterschiede zwischen verschiedenen Konsumentengruppen. Jüngere und stärker umweltorientierte Verbraucher weisen eine höhere Bereitschaft zur Nutzung von Mehrwegsystemen auf und können daher als frühe Nutzergruppen fungieren. Für eine breite Marktdurchdringung müssen Mehrwegsysteme jedoch über diese Zielgruppen hinaus attraktiv gestaltet werden (Greenwood et al., 2021)

Vor diesem Hintergrund spielt neben der technischen und systemischen Ausgestaltung auch die Kommunikation eine wichtige Rolle für die Akzeptanz von Mehrwegsystemen. Studien und Einschätzungen aus dem Einzelhandel zeigen, dass insbesondere die Sicherheit von Mehrwegverpackungen sowie deren Umweltvorteile transparent kommuniziert werden müssen. Informationskampagnen können dazu beitragen, gesellschaftliche und persönliche Motivationsfaktoren stärker hervorzuheben und positive Einstellungen gegenüber Mehrwegsystemen zu fördern (Heeremans, De Temmerman, Slabbinck, & Geuens, 2025; Mastria et al., 2024; Noëth et al., 2024).

Unterschiede zeigen sich bei der Verbraucherakzeptanz zudem zwischen den verschiedenen REUSE-Modellen. Systeme nach dem Prinzip „Refill on the go“ sprechen häufig nur spezifische Nutzergruppen an und werden daher eher als ergänzende Massnahme betrachtet, insbesondere zur Reduktion von Einwegverpackungen im Take-away-Bereich. Eine höhere Verbraucherakzeptanz wird dagegen häufig für „Refill-at-home“-Modelle beobachtet, insbesondere im Non-Food-Bereich. Die Nutzung solcher Systeme steigt insbesondere dann, wenn sie mit wirtschaftlichen Vorteilen wie Preisreduktionen verbunden sind (Rethink Plastic alliance).

Insgesamt zeigen die vorliegenden Studien, dass eine erfolgreiche Einführung von Mehrwegsystemen neben technischen und ökologischen Faktoren insbesondere von Nutzerfreundlichkeit, wirtschaftlicher Attraktivität und einer transparenten Kommunikation der Systemvorteile abhängt.

6. Marktüberblick

Aufbauend auf den zuvor dargestellten technischen, systemischen und verhaltensbezogenen Rahmenbedingungen gibt dieses Kapitel einen Überblick über bestehende Mehrwegsysteme im B2C-Bereich. Dabei werden etablierte Systeme im europäischen Getränkemarkt sowie Entwicklungen im Bereich von Take-away- und Refill-Modellen dargestellt.

Mehrwegsysteme im B2C-Bereich weisen in Europa eine lange Tradition auf, insbesondere im Getränkesektor. In mehreren europäischen Ländern sind pfandbasierte Mehrwegsysteme für Glas- und PET-Flaschen bis heute etabliert, wie in Tabelle 3 dargestellt (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022). Aufgrund spezifischer regulatorischer Rahmenbedingungen, wie der sogenannten Mehrwegquote, sind solche Systeme beispielsweise in Deutschland weit verbreitet. Gleichzeitig führen veränderte Konsumgewohnheiten, insbesondere eine steigende Nachfrage nach Convenience-Angeboten sowie ein zunehmender Ausser-Haus-Konsum, auch in Deutschland zu einer Verschiebung der Präferenzen hin zu Einwegverpackungslösungen. In der Schweiz existieren zwar einzelne Mehrweglösungen im B2C-Bereich, diese sind jedoch meist auf spezifische Anbieter oder Anwendungen beschränkt und bislang nicht flächendeckend im Markt etabliert. Ein landesweit verbreitetes, systemisches Mehrwegsystem im B2C-Markt besteht derzeit nicht.

Tabelle 3: Etablierte Europäische B2C Mehrwegsysteme (nach (Thoden van Velzen & Brouwer, 2022))

	Bier	Wein	Getränke	Mineralwasser	Joghurt
Deutschland	Glas		Glas PET	Glas PET	Glas
Frankreich	Glas	Glas			
Italien				Glas	
Belgien	Glas		Glas		
Niederlande	Glas		Glas		
Dänemark	Glas				

Neben klassischen Mehrwegsystemen im Getränkesektor werden in Europa zunehmend auch Mehrwegmodelle im Bereich der Ausser-Haus-Verpflegung implementiert. Insbesondere im Take-away-Segment werden vermehrt kunststoffbasierte Mehrwegsysteme für Speisen und Getränke eingesetzt. Diese Systeme basieren häufig auf standardisierten Behältern, die über Pfand- oder App-basierte Rückgabesysteme zirkulieren und in Gastronomiebetrieben sowie im Take-away-Bereich eingesetzt werden. Tabelle 4 zeigt einen Überblick über ausgewählte Mehrwegsysteme für den Take-away-Sektor in Europa (Farrell et al., 2024)

Tabelle 4: Übersicht REUSE Systeme im Take-away Sektor (angepasst nach (Farrell et al., 2024))

Produkt	Material	Land	Eigenschaft
Vytal Reusable Bowl	PP Schale & TPE Deckel	Deutschland	mikrowellentauglich (ausser Deckel)
RECUP REBOWL	PP Schale & Deckel	Deutschland	mikrowellentauglich (ausser Deckel)
Thermohäuser Good Bowl	PP Box & Deckel	Deutschland	mikrowellentauglich
ECOBOX	Polybutylenterephthalat (PBT) Schale & PE Deckel	Luxemburg	mikrowellentauglich
FIRSTPLAST Bowl	PBT/Glasfaser Schale & PP Deckel	Frankreich	mikrowellentauglich
FIRSTPLAST Bowl transparent	Tritan™ Box & PP Deckel	Frankreich	mikrowellentauglich
reCircle Schalen	PBT/Glasfaser Schale & PP Deckel	Schweiz	mikrowellentauglich
reCircle transparent Schalen/ Becher	Tritan™ Box & PP Deckel	Schweiz	transparent mikrowellentauglich
Billie cups	PP	Belgien	
Petainer Refillable Flaschen	rPET	UK	
Happy cups	PHA	Niederlande	biologisch abbaubar

Über die dargestellten Beispiele hinaus existiert eine Vielzahl weiterer REUSE-Initiativen und systemischer Ansätze. Einen Überblick über weltweit verfügbare wiederverwendbare Systeme, Initiativen und Kampagnen bietet beispielsweise die [Datenbank «The Living Landscape of Reusable Solutions»](#) (Fund, 2026). Der Fokus dieser Datenbank liegt auf systemischen Lösungen zur Reduktion von Kunststoffabfällen. Erfasst werden unter anderem Pfandsysteme für Mehrwegbehälter, Nachfüllstationen, digitale Belohnungssysteme zur Förderung wiederverwendbarer Verpackungen sowie Initiativen im Bereich Bildung und Advocacy. Dabei werden insbesondere vollständige REUSE Systeme erfasst, beispielsweise Mehrwegbechersysteme oder Nachfüllsysteme, nicht jedoch einzelne Verpackungsprodukte.

Die verschiedenen Ansätze werden in der Datenbank in mehrere Kategorien unterteilt, die in Tabelle 5 dargestellt sind.

Tabelle 5: Kategorien von weltweit existierenden Mehrwegsystemen in der [Datenbank «The Living Landscape of Reusable Solutions»](#)

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
App- / Digitale Belohnungssysteme	Fördern Verhaltensänderungen durch digitale Anreize (z. B. CO ₂ -Einsparungen, Rabatte)	Belohnung bei Nutzung wiederverwendbarer Taschen per NFC-Scan mit Umweltaktionen oder Rabatten (goodbag)
Konzentratbasierte Nachfüllsysteme	Produkte werden in konzentrierter Form (z. B. Tabletten, Kapseln) angeboten, um Transport und Verpackung zu minimieren	Reinigungstabletten zur Wiederbefüllung von Sprühflaschen (Blueland)
Unverpackt-Läden	Verkauf von Produkten in Grossgebinden ohne Einwegverpackung, oft kombiniert mit Bildungs- oder Community-Aktivitäten	Verkauf loser Waren und lokales Mehrwegsystem (Das Gramm)
Vorgefüllte Nachfüllsysteme	Pfandbasierte Mehrwegsysteme für Lebensmittel, Getränke oder Kosmetik	nutzt ein gemeinsames Pfandsystem für Glas- und PET-Flaschen (Genossenschaft Deutscher Brunnen)
Nachfüllstationen und Automaten	Ermöglichen Konsumenten, eigene Verpackungen an Kiosken oder mobilen Stationen aufzufüllen	In-Store-Nachfüllstationen für Kosmetikprodukte (Cozie)
Nachfüllsysteme mit kompostierbaren Beuteln	Versandfreundliche Nachfülllösungen mit kompostierbaren oder recycelbaren Materialien	Reinigungsprodukte in papierbasierten Nachfüllboxen (Cleancult)
Mehrwegbecher- & Behältersysteme	Systemlösungen für Mehrwegbecher oder -behälter in Gastronomie, Bildungseinrichtungen und Events	Pfandsystem für Mehrwegbecher (BillieCup); wiederverwendbare Take-away-Behälter (Rebowl)
Wiederverwendbare Versand- & Logistiksysteme	B2B- und B2C-Modelle zur Reduktion von Einwegverpackungen in Lieferketten	Mehrwegbehälter innerhalb der Obst- und Gemüsebranche (IFCO SmartCycle)
REUSE Advocacy & Bildung	Initiativen zur Förderung von Mehrweg durch Aufklärung, Forschung, Politikberatung oder Unternehmensnetzwerke	Ellen MacArthur Foundation, Zero Waste Europe, Mission Reuse

Der Marktüberblick zeigt, dass Mehrwegsysteme im europäischen B2C-Bereich bislang vor allem im Getränkesektor etabliert sind, während Anwendungen im Take-away-Segment zunehmend implementiert werden. Viele dieser Systeme befinden sich jedoch noch in frühen Marktphasen oder sind regional begrenzt.

Neben einzelnen Marktakteuren spielen Branchenverbände und Netzwerkorganisationen eine zunehmend wichtige Rolle für die Skalierung von Mehrwegsystemen. Sie fördern den Aufbau gemeinsamer Standards, unterstützen politische Rahmenbedingungen und vernetzen Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von Verpackungsherstellern über Handel und Gastronomie bis hin zu Logistik- und Reinigungsdienstleistern. Auf europäischer Ebene vertritt [New ERA](#) (New European Reuse Alliance) Unternehmen und Organisationen mit Fokus auf REUSE-Systeme und setzt sich für geeignete regulatorische Rahmenbedingungen sowie die Marktentwicklung wiederverwendbarer Verpackungslösungen ein. In der Schweiz übernimmt [Swiss Reuse](#) eine vergleichbare Rolle als Netzwerkplattform zur Förderung von Mehrwegsystemen und zur Koordination relevanter Akteure im nationalen Kontext. Solche Verbände können wesentlich dazu beitragen, Insellösungen zu überwinden, Skaleneffekte zu ermöglichen und die Marktdurchdringung standardisierter REUSE-Systeme zu beschleunigen.

7. Schlussfolgerung

Mehrwegsysteme werden zunehmend als Ansatz zur Reduktion von Verpackungsabfällen und zur Förderung zirkulärer Materialströme diskutiert. Regulatorische Entwicklungen in der Europäischen Union, insbesondere die PPWR, erhöhen den Druck zur Einführung und Ausweitung von REUSE- und Refill-Systemen unter anderem im Bereich von Lebensmittelverpackungen und Take-away-Anwendungen.

Ein zentraler Erfolgsfaktor für die Implementierung von Mehrwegsystemen ist die Verbraucherakzeptanz. Zudem sind Nutzerfreundlichkeit, funktionierende Rücknahmesysteme, Vertrauen in Hygiene und Produktsicherheit sowie eine klare Kommunikation der Systemvorteile entscheidend für eine breite Marktdurchdringung.

Auf technischer Ebene bestimmen insbesondere Materialbeständigkeit, Reinigungsprozesse, Verschleiss und erreichbare Nutzungszyklen die Machbarkeit von Mehrwegverpackungen. Gleichzeitig hängt die praktische Umsetzung wesentlich von einer funktionierenden Rücknahmelogistik, geeigneter Infrastruktur sowie effizienten Poolssystemen ab.

Für Anwendungen im Lebensmittelbereich müssen zusätzlich Auswirkungen auf Lebensmittelhaltbarkeit, Lebensmittelsicherheit und potenzielle Lebensmittelverluste berücksichtigt werden. Der aktuelle Forschungsstand zeigt hier deutliche Wissenslücken, insbesondere hinsichtlich vergleichender Studien zwischen Einweg- und Mehrwegsystemen.

Neben technischen, systemischen und lebensmittelbezogenen Fragestellungen ist für die Bewertung von Mehrwegsystemen auch deren Umweltwirkung entscheidend. Zur Einordnung der ökologischen Auswirkungen von Mehrweg- und Einwegsystemen werden überwiegend Lebenszyklusanalysen eingesetzt. Deren Ergebnisse hängen jedoch stark von systemischen Annahmen wie Umlaufzahlen, Transportdistanzen, Verlustquoten und Reinigungsaufwand ab, die bislang häufig auf modellhaften Annahmen statt auf empirischen Daten beruhen.

Insgesamt zeigt sich, dass Mehrwegsysteme ökologische Vorteile erzielen können, deren Realisierung jedoch wesentlich von Systemgestaltung, Umlaufzahlen und Nutzerakzeptanz abhängen.

8. Literaturverzeichnis

- Accorsi, R., Bartolotti, G., Guidani, B., Manzini, R., & Ronzoni, M. (2025). Reusable food primary packaging in retail supply chain: A multi-objective optimization framework. *Sustainable Production and Consumption*, 56, 364-384. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.04.003>
- Accorsi, R., Baruffaldi, G., & Manzini, R. (2020). A closed-loop packaging network design model to foster infinitely reusable and recyclable containers in food industry. *Sustainable Production and Consumption*, 24, 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.014>
- Blanca-Alcubilla, G., Bala, A., de Castro, N., Colomé, R., & Fullana-i-Palmer, P. (2020). Is the reusable tableware the best option? Analysis of the aviation catering sector with a life cycle approach. *Science of The Total Environment*, 708, 135121. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135121>
- Brock, A., & Williams, I. (2020). Life cycle assessment and beverage packaging. *Detritus*, 13, 47-61. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2020.14025>
- Collis, B., Baxter, W., Baird, H. M., Meade, K., & Webb, T. L. (2023). Signs of Use Present a Barrier to Reusable Packaging Systems for Takeaway Food. *Sustainability*, 15(11), 8857. <https://doi.org/10.3390/su15118857>
- Cottafava, D., Costamagna, M., Baricco, M., Corazza, L., Miceli, D., & Riccardo, L. E. (2021). Assessment of the environmental break-even point for deposit return systems through an LCA analysis of single-use and reusable cups. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 228-241. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.002>
- Elsener, F., & Kägi, T. (2023). *Ökobilanz Milchverpackungen. Im Auftrag von Coop und Emmi*.
- Espinoza-Orias, N., & Lundquist, L. (2025). Life cycle assessment of reusable food and beverage packaging systems: A proposal of good practice. *Journal of Cleaner Production*, 499, 145207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145207>
- Farrell, R., Cortese, Y. J., Abdeali, G., Chyzna, V., Devine, D. M., & Pezzoli, R. (2025). Reusable packaging: The impact of repeated use on the visual quality, properties and food contact safety of plastic packaging materials. *Cleaner Materials*, 17, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2025.100330>
- Farrell, R., Cortese, Y. J., Devine, D. M., Gately, N., Rueda, M., Rodriguez, L., & Pezzoli, R. (2024). The function and properties of common food packaging materials and their suitability for reusable packaging: The transition from a linear to circular economy. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 100429. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100429>
- Fund, T. O. F. a. P. S. (2026). The Living Landscape of Reusable Solutions. Retrieved from <https://www.reuselandscape.org/database>
- Germann, J., Bensing, T., & Moneke, M. (2022). Correlation between Scratch Behavior and Tensile Properties in Injection Molded and Extruded Polymers. *Polymers*, 14(5), 1016. <https://doi.org/10.3390/polym14051016>
- Geueke, B., Phelps, D. W., Parkinson, L. V., & Muncke, J. (2023). Hazardous chemicals in recycled and reusable plastic food packaging. *Cambridge Prisms: Plastics*, 1, e7. <https://doi.org/10.1017/plc.2023.7>
- Greenwood, S. C., Walker, S., Baird, H. M., Parsons, R., Mehl, S., Webb, T. L., Slark, A. T., Ryan, A. J., Rothman, R. H. (2021). Many Happy Returns: Combining insights from the environmental and behavioural sciences to understand what is required to make reusable packaging mainstream. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1688-1702. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.022>
- Hakola, L., Hakola, E., Palola, S., Tenhunen-Lunkka, A., & Lahtinen, J. (2024). Durable and sustainable smart tags for identity management and condition monitoring: Case study for reusable packaging and recyclable data carriers. *Packaging Technology and Science*, 37(2), 107-121. <https://doi.org/10.1002/pts.2781>
- Heeremans, E., De Temmerman, J., Slabbinck, H., & Geuens, M. (2025). Packaging the future: Determinants of use intentions and incentive structures of reusable packaging systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 212, 107961. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107961>
- Heller, M. C., Selke, S. E. M., & Keoleian, G. A. (2019). Mapping the Influence of Food Waste in Food Packaging Environmental Performance Assessments. *Journal of Industrial Ecology*, 23(2), 480-495. <https://doi.org/10.1111/jieec.12743>
- Hilton, J., Northen, S., Bowyer, C., & Fletcher, S. (2023). *Making reuse a reality: A systems approach to tackling single-use plastic pollution*. Retrieved from https://plasticpolicy.port.ac.uk/wp-content/uploads/2023/05/Making-reuse-a-reality-report_GPPC.pdf
- Hitt, C., Douglas, J., & Keoleian, G. (2023). Parametric life cycle assessment modeling of reusable and single-use restaurant food container systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106862. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106862>
- Ira, S. A., Sherry, B. E., Amin, R., Abdul-Hamid, M.-s., Roberts, T., Hochman, S., & Thiel, C. L. (2024). Do reusables pose greater infectious risks than disposables for consumer goods? A systematic literature review. *International Journal of Infection Control*, 20. <https://doi.org/10.3396/ijic.v20.23758>
- Kägi, T., & Weiner, M. (2024). *Ökobilanz schweizerische Getränkebranche*. Retrieved from <https://carbotech.ch/projekte/oekobilanz-schweizerische-getraenkebranche/>
- Kauertz, B., Busch, M., & Bader, J. (2020). *Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland*. Retrieved from https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/08/ifeu_2020_oekobilanz_fkn_final.pdf

- Ketelsen, M., Janssen, M., & Hamm, U. (2020). Consumers' response to environmentally-friendly food packaging - A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120123>
- Lemos Junior, W. J. F., do Amaral dos Reis, L. P., de Oliveira, V. S., Lopes, L. O., & Pereira, K. S. (2019). Reuse of refillable PET packaging: Approaches to safety and quality in soft drink processing. *Food Control*, 100, 329-334. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.008>
- Lendal, A., & Wingstrand, S. L. (2019). *Reuse – rethinking packaging*. Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/reuse-rethinking-packaging>
- Licciardello, F. (2024). Unexpected possible consequences of plastic packaging reuse. *Current Opinion in Food Science*, 56, 101131. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101131>
- López-Gálvez, F., Rasines, L., Conesa, E., Gómez, P. A., Artés-Hernández, F., & Aguayo, E. (2021). Reusable Plastic Crates (RPCs) for Fresh Produce (Case Study on Cauliflowers): Sustainable Packaging but Potential Salmonella Survival and Risk of Cross-Contamination. *Foods*, 10(6), 1254. <https://doi.org/10.3390/foods10061254>
- Mastria, S., Vezzil, A., & De Cesarei, A. (2024). Switching to Reuse: The Impact of Information on Consumers' Choices for Reusable Food Packaging. *Sustainability*, 16(14), 5937. <https://doi.org/10.3390/su16145937>
- Naik, A., Lewis, C. J., & Allison, K. P. (2019). Temperature dissociation of liquids in reusable thermoplastic containers—An eco-friendly scald risk? *Burns*, 45(7), 1621-1624. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.07.013>
- Narses, S., Sadaka, F., Brachais, C.-H., & Couvercelle, J.-P. (2013). Polymer stain resistance: Prediction versus experiment. *Journal of Applied Polymer Science*, 129(5), 2891-2904. <https://doi.org/10.1002/app.39007>
- Nilsson, F., Silva, N., & Schelin, J. (2024). Single-use versus reusable packaging for perishable liquid foods - Exploring evidence from research on climate impact and food safety. *Resources, Conservation and Recycling*, 207, 107655. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107655>
- Noëth, E., Van Opstal, W., & Du Bois, E. (2024). Introducing reusable food packaging: Customer preferences and design implications for successful market entry. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 6507-6532. <https://doi.org/10.1002/bse.3820>
- Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research*, 141, 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.027>
- Pålsson, H., & Olsson, J. (2023). Current state and research directions for disposable versus reusable packaging: A systematic literature review of comparative studies. *Packaging Technology and Science*, 36(6), 391-409. <https://doi.org/10.1002/pts.2722>
- Qaiser, M., Hatton, F., Colwill, J., Webb, P., & Woolley, E. (2025). Surface degradation assessment of post-consumer reusable plastic food packaging for a circular economy. *Procedia CIRP*, 135, 954-959. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.12.103>
- Rasines, L., San Miguel, G., Corona, B., & Aguayo, E. (2024). Addressing the circularity and sustainability of different single-use and reusable crates used for fresh fruit and vegetables packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 46, 101391. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101391>
- Rethink Plastic alliance. Retrieved from <https://rethinkplasticalliance.eu/news/rethink-plastic-alliance-and-79-organisations-are-calling-for-well-designed-reuse-systems-in-the-ppwr-revision-to-reduce-packaging-waste/>
- Saldaña-Pierard, C., Nguyen, P. M., Debeaufort, F., Vitrac, O., & Auras, R. (2025). Impact of emerging packaging regulations on international trade and product safety with emphasis on plastic reuse and recycling in Europe and North America. *Journal of Industrial Ecology*, 29(5), 1473-1504. <https://doi.org/10.1111/jiec.70079>
- Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H.-U., & Fürst, P. (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research*, 129, 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.011>
- Sinkko, T., Amadei, A., Venturelli, S., & Ardente, F. (2024). *Exploring the environmental performance of alternative food packaging products in the European Union : life cycle impacts of single-use and multiple-use packaging*. Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC136771>
- Snyder, William R., & Park, J. (2024). Environmental and Economic Analysis of Reusable and Single-Use Food Packaging Formats in University Campus Food Services. *Packaging Technology and Science*, 37(9), 841-855. <https://doi.org/10.1002/pts.2826>
- Stefanini, R., Borghesi, G., Ronzano, A., & Vignali, G. (2021). Plastic or glass: a new environmental assessment with a marine litter indicator for the comparison of pasteurized milk bottles. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(4), 767-784. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01804-x>
- Tenhunen-Lunkka, A., Balatsas-Lekkas, A., Mouazan, E., Palola, S., Ngo, T., Salo, M., Hylkilä, E., Sundqvist, H., Luomala, H., Pennanen, K., Sorvari, K., Petänen, P., Lahtinen, J. H. (2024). Implementing a circular business model for reusable packaging: Multidisciplinary learnings from reusable pizza packaging. *Sustainable Production and Consumption*, 48, 62-83. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.006>
- Tenhunen-Lunkka, A., Lahtinen, J. H., Hakola, L., Palmgren, R., Sundqvist, H., Lekkas, A. B., Erwan, M., Luomala, H., Pennanen, K. (2023). Operational environment review for reusable packaging used in fast moving consumer goods: 4everPack. VTT Technology No. 415. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2023.T415>

- Thoden van Velzen, E. U., & Brouwer, M. T. (2022). *Reusable packaging in Europe: between facts and fiction—an informed opinion for Metal Packaging Europe*. Retrieved from Report / Wageningen Food & Biobased Research; No. 2272:
- van den Berg, M., & ten Klooster, R. (2025). Steps Towards a Template for Fair Comparisons Between Single-Use and Reusable Items. *Packaging Technology and Science*, n/a(n/a), 1-23. <https://doi.org/10.1002/pts.70022>
- Yadav, P., Silvenius, F., Katajajuuri, J.-M., & Leinonen, I. (2024). Life cycle assessment of reusable plastic food packaging. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141529>
- YOYO Boost Reuse. (2020). *Reusable Packaging Pilot Effects of Frequent Cleaning*, Netherlands Institution for Sustainable Packaging, 2022. Retrieved from https://kidv.nl/media/cop/herbruikbaar/yoyo_def_reusable_packaging_-_effects_of_frequent_cleaning_cop_feb-21_.pdf?1.2.2