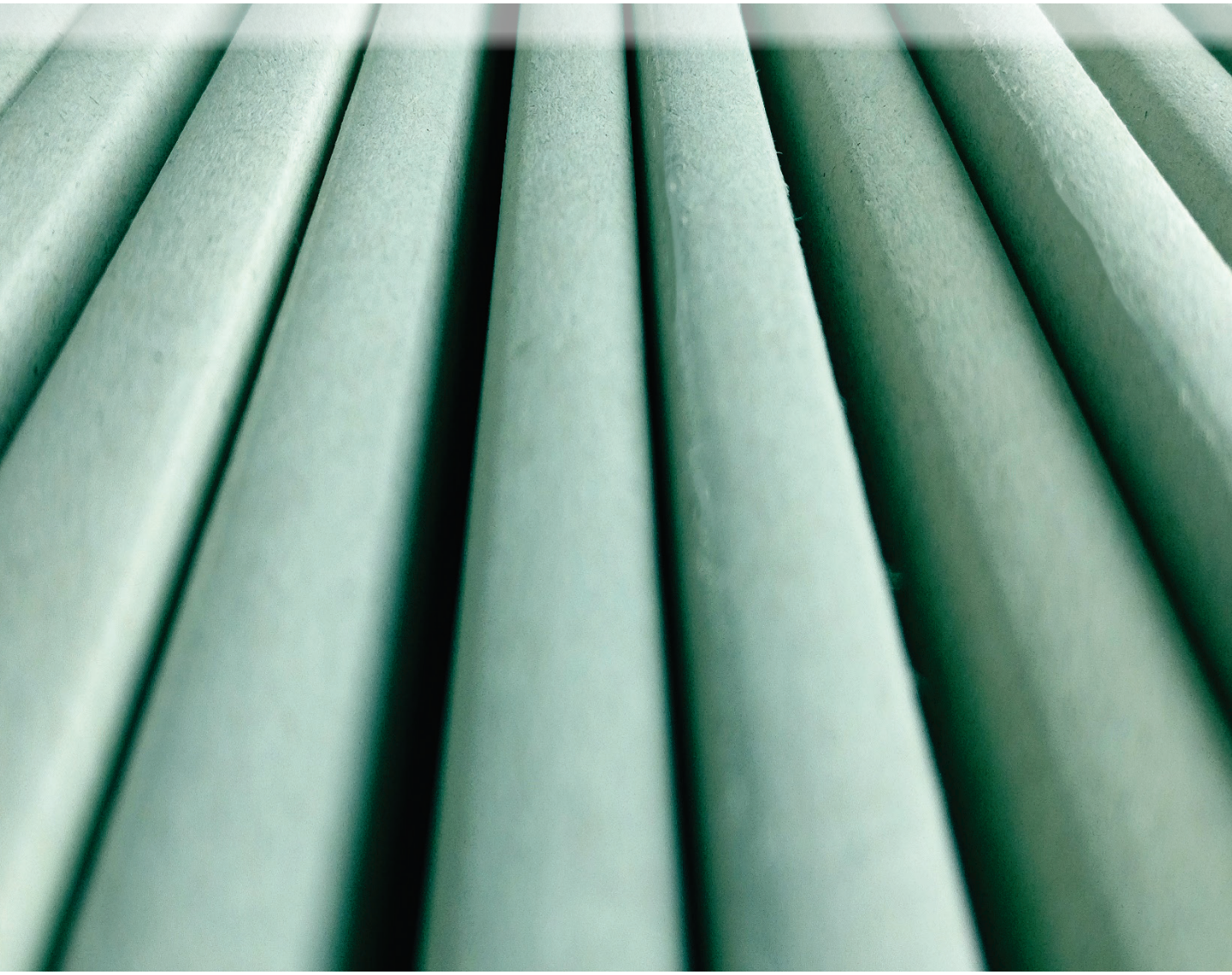
«Green Packaging»: Good Practices zur Auswahl ökologisch nachhaltiger Industrieverpackungen

Universität St.Gallen
Institut für Supply Chain Management



Konsortialstudie

H.-Johannes Kerl
Wolfgang Stölzle

BOSCH
DIE POST
HEXAGON GEOSYSTEMS
MIGROS
Smurfit Kappa
Tchibo
xpack green logistics

«Green Packaging»:
Good Practices zur Auswahl ökologisch nachhaltiger Industrieverpackungen

«Green Packaging»: Good Practices zur Auswahl ökologisch nachhaltiger Industrieverpackungen

Autoren

Hermann-Johannes Kerl
Wolfgang Stölzle

Impressum

Eine Studie des Instituts für Supply Chain Management der Universität St.Gallen

Autoren	Hermann-Johannes Kerl, Projektmanager an der Universität St.Gallen Prof. Dr. Wolfgang Stölzle, Ordinarius an der Universität St.Gallen
Bilder	Verwendung von allen Fotografen und Instituten durch Lizenzierung zugesagt
Copyrights	Unter Angabe der Quelle (auch auszugsweise) erlaubt
Publikation	Januar 2023
Dank	Wir bedanken uns ausdrücklich für die Unterstützung der Konsortialpartner

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Informationen finden Sie online unter http://dnb.d-nb.de.

1. Auflage – Göttingen: Cuvillier, 2023

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2023

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Deutschland

Telephon: +49 (0)551-54724-0

Telefax: +49 (0)551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2023

Diese Publikation ist auf säurefreiem Papier gedruckt.

ISBN 978-3-7369-7723-5

eISBN 978-3-7369-6723-6

Inhaltsverzeichnis

06 **Vorwort**

07 **Management Summary**

Geleitworte

08 Robert Bosch GmbH

09 Schweizerische Post AG

10 Smurfit Kappa GmbH

11 Tchibo GmbH

12 xpack green logistics GmbH & Co. KG

13 **Glossar und Abbildungsverzeichnis**

1. Motivation und Ziele

16 Bedeutung von Industrieverpackungen und Abgrenzung der Untersuchung

17 Umweltwirkung von Industrieverpackungen

18 Total Cost of Ownership von Industrieverpackungen

19 Zielstellung und Aufbau der Studie

2. Aktueller Forschungsstand

21 Schwerpunkte in der Literatur

22 Ausgewählte wichtige Lücken in der Forschung

3. Methodik

24 Vorgehen

25 Themenlandkarte und Anwendungsumgebungen

26 Use Cases und Experteninterviews

27 Ökologische und ökonomische Bewertung

4. Themencluster I: Alternative Materialien für Packstoffe

29 Motivation und Stand

30 Herausforderungen und Entwicklungen

32 Beispielhafte «Good Practices»

38 Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

5. Themencluster II: Verbessertes Recycling

41 Motivation und Stand

42 Herausforderungen und Entwicklungen

44 Beispielhafte «Good Practices»

46 Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

6. Themencluster III: Einführung oder Verbesserung von Mehrwegsystemen

49 Motivation und Stand

50 Herausforderungen und Entwicklungen

52 Beispielhafte «Good Practices»

58 Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

7. Ergebnisse und Interpretation

60 Einordnung «Good Practices» und Ergebnisse

62 Anwendungsmatrix und Materialliste

65 Handlungsempfehlungen

66 **8. Limitationen und Ausblick**

68 **Literaturverzeichnis**

72 **Anhang**

Vorwort

Das Institut für Supply Chain Management (ISCM-HSG) an der Universität St. Gallen versteht sich als internationale Plattform für den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis im Bereich Supply Chain Management, speziell Einkauf, Logistik und Verkehr. Das ISCM-HSG erforscht komplexe Problemstellungen von globalen Wertschöpfungsnetzwerken in Gestalt von Konzepten, Methoden sowie Instrumenten und schlägt dabei eine Brücke zwischen Forschung und angewandten Lösungen. Damit wird die Fortentwicklung des Supply Chain Managements in Industrie, Handel, Dienstleistung und der öffentlichen Hand vorangetrieben. Ergänzend richtet sich das umfassende Angebot der Aus- und Weiterbildung an Führungskräfte, den Wissenschaftsnachwuchs und Studierende.

Die Konsortialstudie «Green Packaging: Good Practices zur Auswahl ökologisch nachhaltiger Industrieverpackungen» untersucht den aktuellen Stand und mögliche Nachhaltigkeitshebel für Anwender von Industrieverpackungen. Denn die Umweltwirkungen von (Industrie-)Verpackungen rücken nicht zuletzt im Lichte anspruchsvoller Klimaziele immer stärker in den Fokus von Politik, Wirtschaft und Konsumenten. Während Konsumverpackungen bereits grosse Aufmerksamkeit erfahren, sind Industrieverpackungen erst in den letzten Jahren verstärkt in den Blick von Industrie und Wissenschaft geraten. Optimierte Verpackungslösungen können für Unternehmen einen wesentlichen Beitrag zu ihrer Nachhaltigkeitsstrategie leisten und den «Carbon Footprint» reduzieren – etwa durch den Einsatz alternativer Materialien, zielgerechtes Design der Verpackungslösung, verbessertes Recycling oder Mehrwegsysteme.

Diesen Fragestellungen ist das ISCM-HSG mit einem Konsortium aus namhaften Anwendern und Produzenten von Industrieverpackungen sowie Logistikdienstleistern im Format einer Konsortialstudie nachgegangen. Denn die Nachhaltigkeit von (Industrie-) Verpackungen kann immer nur in ihrer konkreten Anwendungsumgebung beurteilt werden, und so liegt der Fokus der Studie im Aufzeigen von «Good Practices» und konkreten Möglichkeiten für die Verwender. Die Studie soll ein Nachdenken anregen und Ansätze für ökologisch nachhaltigere Verpackungslösungen aufzeigen. Diese sind stets auf die sich ändernden Anforderungen anzupassen – der Einsatz nachhaltigerer Industrieverpackungen ist ein Verbesserungsprozess, bei dem frühere Entscheidungen kontinuierlich hinterfragt und neue Möglichkeiten aufmerksam begleitet werden sollten.

Diesen Herausforderungen begegnen die sieben Konsortialpartner in ihren jeweiligen Branchen und Supply Chains tagtäglich. Die Studie zeigt ihre Ansätze in Form von «Use Cases» auf und will damit auch anderen Unternehmen ermöglichen, die Umweltwirkungen aus ihren Industrieverpackungen dauerhaft zu senken. Für diesen wertvollen Beitrag danken wir allen Konsortialpartnern sehr.

Autoren



Hermann-Johannes Kerl, MA ETH
Universität St. Gallen



Prof. Dr. Wolfgang Stölzle
Universität St. Gallen

Management Summary

Optimierte Industrieverpackungslösungen können für Unternehmen einen wesentlichen Beitrag zu ihrer Nachhaltigkeitsstrategie leisten. Im Rahmen dieser Konsortialstudie werden daher konkrete Hebel untersucht, die es Unternehmen ermöglichen, die ökologische Nachhaltigkeit der von ihnen eingesetzten Industrieverpackungen zu verbessern.

Im Rahmen der Studie hat ein Konsortium aus sieben Anwendern und Produzenten von Industrieverpackungen (IV) sowie Logistikdienstleistern aus Deutschland und der Schweiz eine Lenkungsfunktion dahingehend inne, die für die Praxis interessanten Themencluster und die zu vertiefenden Themen zu priorisieren. Eine Priorität erfahren demnach alternative Materialien für Packstoffe, ein verbessertes Recycling, sowie die Einführung oder Verbesserung von Mehrweg-Systemen, für die jeweils eine Übersicht über den aktuellen Stand, die Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen gegeben wird.

Untersuchungsgegenstand dieser Studie sind dabei solche Verpackungen, die ganz wesentlich durch ihre logistischen Funktionen bestimmt werden. Die Studie grenzt sich damit vor allem von vielen (aber nicht allen) Verpackungen ab, die in Privathaushalten gelangen. Im Fokus steht die verbesserte *ökologische* Nachhaltigkeit einer Verpackung, wobei die ökonomische Tragbarkeit für den Anwender ebenso berücksichtigt wird. Dabei sollte die Bewertung einer Verpackungslösung immer ihren gesamten Lebenszyklus berücksichtigen, was insbesondere durch ihre Wechselwirkungen zu anderen operativen Prozessen eine Herausforderung darstellt. Diese Wechselwirkungen, Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen werden in der Studie adressiert.

Methodisch baut die Studie auf einem explorativen Ansatz auf, um mögliche Nachhaltigkeitshebel durch Literaturreview, Desk Research, Befragung von Marktteilnehmern mit einem standardisierten Fragebogen sowie Interviews mit Marktteilnehmern und Experten zu erheben, und ihre Anwendbarkeit auf IV durch Experteninterviews zu prüfen. Als exemplarische Tiefenbohrungen in spezifischen Anwendungsumgebungen werden anhand konkreter Use Cases, die mit den Konsortialpartnern erarbeitet wurden, «Good Practices» dafür aufgezeigt, wie ökologisch nachhaltigere IV ausgewählt werden können. Dabei wird eine jeweils neue Verpackungslösung anhand einer einheitlichen Methodik in ihrer Anwendungsumgebung ökologisch und ökonomisch bewertet. Für alle Use Cases werden dabei auch die Erfolgsfaktoren und Barrieren der Implementierung der neuen Verpackungslösung sowie ihre Übertragbarkeit diskutiert und die Ergebnisse in Form einheitlicher Steckbriefe dargestellt.

Im Ergebnis finden sich nicht nur solche Materialien, die für IV neuartig sind, sondern es wird aufgezeigt, wie durch bereits genutzte oder alternative Materialien etablierte Lösungen ersetzt werden können. Eine mindestens gleichwertige Verpackungsperformance, d.h. zum Beispiel die Erfüllung ihrer Schutz- und Informationsfunktion, ist dabei zentral und wird ausgiebig getestet. Neben der Performance stellt die ökonomische Tragbarkeit eine Herausforderung dar. Für das verbesserte Recycling von IV bilden insbesondere die praktische Rezyklierbarkeit sowie die effektive Zuführung zum Recyclingstrom eine Herausforderung. Hier setzen Design-Guidelines ebenso an wie die Anpassung der eigenen logistischen Prozesse und neuartige Geschäftsmodelle. Bei Mehrweg-Systemen im KEP-Versand finden sich verschiedene Arten der Rückführlogistik, denen jeweils besonders geeignete Anwendungsfälle entsprechen. In Handel und Industrie lassen sich interessante Beispiele für die Einführung einer Mehrweg-Lösung identifizieren, die innerhalb einer Branche standardisiert ist. Zudem finden sich dort mit Blick auf die Nachhaltigkeitsziele Beispiele für die Digitalisierung von IV.

Auf dieser Grundlage wird eine Anwendungsmatrix entwickelt, welche für die unterschiedlichen Ausgangspackstoffe mögliche Nachhaltigkeitshebel aufzeigt. Eine Materialliste führt Beispiele auf, mit welchen Packstoffen oder Verpackungslösungen ein Hebel umgesetzt werden kann. Dabei ist die Bewertung, ob ein Hebel zu einer verbesserten Nachhaltigkeit führt, immer für die konkrete Anwendungsumgebung vorzunehmen. Abschliessende Handlungsempfehlungen für die Anwender zeigen auf, dass häufig eine Kooperation innerhalb der Supply Chain entscheidend ist, um eine verbesserte Nachhaltigkeit einer IV zu erreichen.

Geleitwort der **Robert Bosch** GmbH

Motivation:
Verpackung? – Warum lohnt es sich darüber intensiver nachzudenken und neue Wege zu gehen? Diese Frage steht in unserem Unternehmen schon seit längerem im Raum und wir sind sehr dankbar, dass wir gemeinsam mit den Konsortialpartnern und der Universität St. Gallen diese Studie erstellen konnten.

Ja, warum lohnt sich ein Nachdenken über Verpackung? Verpackung ist nicht nur Schutz der Ware z.B. beim Transport oder auch Designbestandteil beim Produktverkauf, sondern leider auch ein Teil des Ressourcenverbrauchs und nach Gebrauch im besten Fall des Recyclings oder im schlechteren Fall des Mülls. Die vorliegende Studie soll Möglichkeiten aufzeigen den Ressourcenverbrauch zu verringern und den Recyclinganteil zu steigern, bis hin zu biologisch abbaubaren Stoffen.

Die weltweite Regulierung durch Regierungen bei Verpackungen, z.B. durch Kunststoffsteuern, Verpackungskennzeichnungen oder auch Verbot von gewissen Stoffen erfordert ein Umdenken. Weniger Verpackung einzusetzen ist sicherlich eine Maßnahme, doch kommt man hier sehr schnell an Grenzen. Daher werden alternative, neue Materialien, Herstellverfahren oder Verpackungsdesigns benötigt, um den regulatorischen Erfordernissen zu genügen und die Umwelt so wenig wie möglich zu belasten.

Es lohnt sich also über Verpackung nicht nur nachzudenken, sondern auch konkrete Schritte einzuleiten, um Verpackung im gesamten Kreislauf «grüner» zu gestalten. Zudem können hierdurch Kosten aus Besteuerung, Entsorgung und unzulänglichem Verpackungsdesign vermieden werden.

Wir möchten uns bei dem Institut für Supply Chain Management der Universität St. Gallen sehr herzlich für diese umfassende Studie bedanken und freuen uns immer wieder auf den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis

Holger Langbein, Vice President Logistics

Über uns:
Bosch bietet «Technik fürs Leben».

Die Bosch-Gruppe umfasst die Robert Bosch GmbH sowie ihre rund 440 Tochter- und Regionalgesellschaften in rund 60 Ländern. Inklusive Handels- und Dienstleistungspartnern erstreckt sich der weltweite Fertigungs-, Entwicklungs- und Vertriebsverbund von Bosch über fast alle Länder der Welt. Mit ihren weltweit mehr als 400 Standorten ist die Bosch-Gruppe seit Frühjahr 2020 CO2-neutral. Basis für künftiges Wachstum ist die Innovationskraft des Unternehmens. Bosch beschäftigt weltweit rund 76 300 Mitarbeiter in Forschung und Entwicklung an 128 Standorten, davon mehr als 38 000 Software-Entwickler.

Das Unternehmen wurde 1886 als «Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik» von Robert Bosch (1861–1942) in Stuttgart gegründet.

Weitere Informationen unter:
www.bosch.com

Geleitwort der **Schweizerischen Post** AG

Die Post macht Kreislaufwirtschaft möglich

Motivation:
Nachhaltigkeit ist aus der Wirtschaft nicht mehr wegzudenken. Moderne Unternehmen müssen heute genauso ökologisch wie ökonomisch agieren. Die Kreislaufwirtschaft rückt dabei für viele Produzentinnen und Produzenten sowie für Dienstleistungsunternehmen immer mehr ins Zentrum: Produktlebenszyklen sollen durch Sharing, Leasing, Wiederverwendung, Reparatur, Aufbereitung oder Recycling verlängert werden.

Kreislaufwirtschaft: eine Win-win-Situation für die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft

Die Post will in Sachen Nachhaltigkeit Vorbild und Vorreiterin sein. Deshalb bieten wir in Synergie mit unserer etablierten Vorwärts- und Rückwärtslogistik Kreislaufwirtschaft-Gesamtlösungen an – modular, kundenzentriert und umweltfreundlich. So unterstützt die Post als Drehscheibe in der Kreislaufwirtschaft Unternehmen bei der effizienten Nutzung von Produkten und stellt die Rückgewinnung von Ressourcen sicher.

Besonders der Onlinehandel steht beim Thema Nachhaltigkeit enorm unter Druck – die zunehmenden Kartonberge und Plastikabfälle häufen sich mit jeder Bestellung. Die Post setzt als Teil der Lösung auf wiederverwendbare Verpackungen und fokussiert sich dabei auf die Bedürfnisse der Onlinehändler.

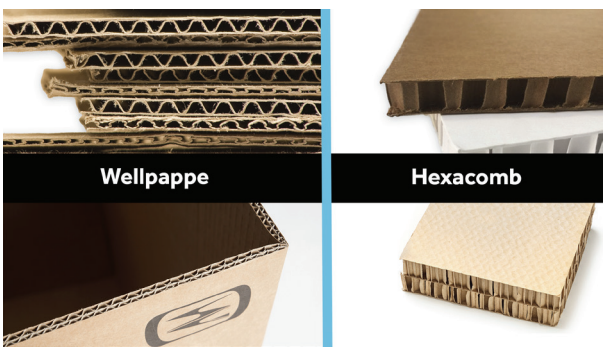
In dieser Studie schaffen wir Klarheit bei den Rollen der Akteure wie Versandhändler, Fulfillment-Dienstleister, Verpackungsanbieter, Logistiker und zeigen wie ein System implementiert werden kann, welches die Erfolgsfaktoren sind und auf was die Akteure achten müssen.

Über uns:
Die Schweizerische Post bringt die Schweiz seit 1849 zusammen und dies erfolgreich, weil sie zum sechsten Mal in Folge zur besten Post der Welt gekürt wurde. Mit der hohen Qualität der Dienstleistungen, der Leistungsfähigkeit in den Bereichen Zuverlässigkeit, Reichweite, Relevanz sowie ihrer Diversifizierung konnte sie überzeugen. Mit der aktuellen Strategie bereitet sich die Post auf das digitale Zeitalter vor und setzt den Fokus weiterhin auf ihr Kerngeschäft.

Weitere Informationen unter:
www.post.ch/kreislaufwirtschaft

Geleitwort der **Smurfit Kappa** GmbH

Motivation:
Das Pariser Klima Abkommen und die einhergehende globalen Agenda des Netto-Nullwachstums bis 2050, sowie der EU Green Deal, stellen unsere Industrie vor neue Herausforderungen. Viele unserer Kunden gehen Verpflichtungen zur Scope 3 Emissionsreduktion ein. Die meisten Treibhausgasemissionen und Kostensenkungsmöglichkeiten liegen außerhalb des Handlungsbereichs unserer Kunden. Da wir in der Regel ein wichtiger Teil der Lieferkette unserer Kunden sind, ist es uns wichtig, dass wir gemeinsam mit unseren Kunden Ziele definieren und eine nachhaltige Strategie verfolgen, um eine nachhaltige Partnerschaft zu fördern. Unsere CO_2-Roadmap beinhaltet deshalb klare Ziele und Projekte um unsere CO_2-Emissionen bis 2050 auf mindestens Netto-Null-Emissionen zu senken. Doch auch für unsere Kunden haben wir einige Tools im Einsatz um messbare CO_2-Reduzierungen aufzuzeigen. Unser neu gelaunchtes BPProgress Tool, ist ein einzigartiges Programm, das unseren Kunden die Nachhaltigkeitsleistung des gesamten Portfolios heute, in den letzten Jahren und in Zukunft aufzeigen kann. Zudem setzen wir massiv auf Performance Packaging. Mithilfe unseres Tools Supply Smart Analyser, mit dem wir beim *Deutschen Verpackungspreis* gewonnen haben, können wir die komplette Lieferkette des Kunden betrachten, analysieren und Einsparungen klar aufzeigen. Ob auf Kosten- oder CO_2-Seite.



Im Rahmen der Studie möchten wir deshalb nachhaltige Lieferketten nachhaltig optimieren und aufzeigen, wie EPS und andere Kunststoffe durch eine nachhaltige Lösung aus Papier ersetzt werden können.
Wir möchten uns bei dem Institut für Supply Chain Management der Universität St. Gallen sehr herzlich für diese umfassende Studie bedanken und freuen uns immer wieder auf den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis.

Über uns:
Die Smurfit Kappa Group ist ein irisches Unternehmen der Verpackungsindustrie. Auf dem europäischen Markt ist Smurfit Kappa die Nr. 1 bei Verpackungen aus Wellpappe, Wellpappenrohpapier und Vollpappe. Auf dem Weltmarkt ist das Unternehmen die Nr. 2 bei der Produktion von Verpackungen aus Wellpappe. Es ist in 23 europäischen und 13 amerikanischen Ländern aktiv. Es verfügt über 35 Papierfabriken, von denen 27 Wellpappenrohpapier produzieren, 241 Werke für Verpackungen, 47 Standorte für Recycling- und Holzbeschaffung, 32 andere Produktionsanlagen und 68.000 Hektar Waldanpflanzung umsetzt. Smurfit Kappa beschäftigt in Deutschland über 5.000 Mitarbeiter an über 30 Standorten und ist damit in Deutschland der größte Hersteller von Verpackungen aus Wellpappe, Vollpappe und Karton, sowie von Wellpappenrohpapieren.

Weitere Informationen unter:
www.smurfitkappa.de

Smurfit Kappa

Geleitwort der **Tchibo** GmbH

Früh begonnen.
Weit gegangen.
Noch nicht angekommen.

Motivation:
Wie schaffen wir es, Tchibo in allen Bereichen kreislauffähiger zu machen? Das ist die Frage, die das im Juni 2022 gegründete Circular Solutions Lab Team von Tchibo täglich umtreibt. Auch wir bei Tchibo wollen den Weg hin zu einer zirkulären Wirtschaft – und damit weg von der linearen Geschäftskultur – proaktiv mitgestalten. Die Klimakrise, aktuelle Rohstoffengpässe und eine kaum mehr zu beherrschende Plastikflut zwingen uns zum Umdenken. Eines unserer Fokusthemen ist die Verpackung. Wie können wir die eingesetzten Materialien reduzieren, Mehrweglösungen einsetzen und die Recyclingfähigkeit steigern?

Die vorliegende Studie gab uns die Möglichkeit, uns mit Experten und Partnern zu konkreten Problemen im Bereich der Logistik auszutauschen und durch die Betrachtung aus unterschiedlichen Blickwinkeln Ideen für kreislauffähige Lösungen zu entwickeln. Es gibt bereits viele Arbeitsgruppen und Studien, die sich dem Bereich der konsumentenorientierten Verpackungen widmen. Da wir auch im logistischen Bereich unsere Verpackungen weiter optimieren müssen, ist diese Konsortialstudie der Universität St. Gallen eine ideale Ergänzung hierzu. Sie liefert uns gewinnbringende Inspirationen für die Umsetzung.

Wir bedanken uns herzlich beim Institut für Supply Chain Management der Universität St. Gallen für den wertvollen Austausch und das Ermöglichen dieser Studie.

Über uns:
Tchibo steht für ein einzigartiges Geschäftsmodell. In acht Ländern betreibt Tchibo rund 900 Shops, über 24.200 Depots im Einzelhandel sowie nationale Online-Shops. Über dieses Multichannel-Vertriebssystem bietet das Unternehmen neben Kaffee und den Einzelportionssystemen Cafissimo und Qbo die wöchentlich wechselnden Non Food Sortimente und Dienstleistungen, wie Reisen oder Mobilfunk, an. Tchibo erzielte 2021 mit international rund 11.230 Mitarbeitenden 3,26 Milliarden Euro Umsatz. Tchibo ist Röstkaffee-Marktführer in Deutschland, Österreich, Tschechien und Ungarn und gehört zu den führenden E-Commerce-Firmen in Europa.
Für seine nachhaltige Geschäftspolitik wurde das 1949 in Hamburg gegründete Familienunternehmen mehrfach ausgezeichnet: 2012 mit dem Preis für Unternehmensethik und dem Umweltpreis Logistik sowie 2013 mit den CSR-Preisen der Bundesregierung und der EU. 2016 wurde Tchibo als nachhaltigstes Großunternehmen Deutschlands ausgezeichnet.

Geleitwort der **xpack green logistics** GmbH & Co. KG

Gemeinsam mit Kund*innen umweltfreundliche Lieferketten gestalten

Motivation:

Wie schaffen wir es, Ressourcen so effizient und nachhaltig wie möglich einzusetzen? Durch Mehrweg – ein Prinzip, dass bereits seit Jahrhunderten existiert. Auch Transportverpackungen können zirkulär konzipiert werden. Durch mehrfache Verwendung einer einmalig hergestellten Mehrwegverpackung lässt sich der CO2-Aufwand je Nutzungszyklus drastisch reduzieren. Werden dabei die CO2-Aufwände für den teilweise unvermeidlichen Transport von Leergut minimiert – beispielsweise durch Volumen- und Gewichtsreduktion der Leergebinde –, können zusätzlich signifikante CO2-Einsparungen erzielt werden.

Unsere Teilnahme an der vorliegenden Studie ermöglichte uns, mit Anwender*innen in Kontakt zu treten, um ihre Bedürfnisse noch besser zu verstehen – insbesondere im direkten Wettbewerb zu modernen Einwegverpackungen. Aber auch intelligente Ansätze für Einweglösungen können ggf. für Mehrwegsysteme sinnvoll und adaptierbar sein. So können gemeinsam Herausforderungen erkannt und Lösungen gestaltet werden.



Außerdem erlaubt uns die Teilnahme an dieser Studie bereits vorliegende Erkenntnisse für einen speziellen Einsatz auf das komplette xpack-Angebot zu erweitern und durch eine neutrale, wissenschaftliche Institution zu validieren. Danke an das Institut für Supply Chain Management der Universität St. Gallen für diese Möglichkeit!

Über uns:

xpack green logistics bietet ein ganzheitliches Mehrwegsystem, das es ermöglicht, Lieferketten nachhaltiger zu gestalten. Das Angebot umfasst sowohl die patentierte, wiederverwendbare Mehrwegverpackung als auch Rückhol- und Anreizprozesse, die durch eine web- und cloudbasierte IT-Plattform unterstützt werden.

xpacks sind langlebig, robust und schützen die zu transportierende Ware vor mechanischen Einwirkungen sowie Nässe und Schmutz. Dank des intelligenten Faltenbalgs passt sich der xpack seinem Inhalt an, ist leer komplett flach und damit volumenoptimiert. Die Mehrwegverpackungen bestehen größtenteils aus Polypropylen-Rezyklat, das nach ca. 25 Nutzungszyklen rezykliert und sortenrein in den Materialkreislauf zurückgeführt wird. xpacks folgen damit dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft und reduzieren sowohl Verpackungsmüll als auch rund 80 Prozent der CO2-Emissionen. Unser Anspruch: Stop trashing, start reusing.

Weitere Informationen unter:

www.xpack.net

xpack green logistics

Glossar und Abbildungsverzeichnis

Abkürzungen

APR – The Association of Plastics Recyclers

B2B – Business to Business
B2C – Business to Customer

CF – Carbon Footprint

DACH – Deutschland, Österreich, Schweiz
DIN – Deutsches Institut für Normung

EU PPWD – European Packaging and Packaging Waste Directive
EW – Einweg

FEFCO – European Federation of Corrugated Board Manufacturers

ISCM-HSG – Institut für Supply Chain Management, Universität St.Gallen
ISO – International Organization for Standardization
IV – Industrieverpackung

KEP – Kurier-, Express-, Paketdienste

LCA – Life Cycle Assessment (Ökobilanz)

MW – Mehrweg

PHM – Packhilfsmittel
PPK – Papier, Pappe, Karton
PM – Packmittel
PRE – Plastics Recyclers Europe
PS – Packstoff

TCO – Total Cost of Ownership

VDI – Verein Deutscher Ingenieure e.V.

Abbildungsverzeichnis

1: Begriffsverständnis «Verpackung» S.16
2: Treiber von Umweltwirkungen einer IV, Scope-Definitionen S.17
3: Einflussfaktoren auf die (zusammengefassten) Treiber von Umweltwirkungen aus Lebenszyklus einer Verpackung .. S.17
4: Wesentliche Aktivitäten mit Kostenfolge im Verpackungssystem S.18
5: Aufbau der Studie S.19
6: Zeitliches Vorgehen S.24
7: Themenlandkarte «Nachhaltige Industrieverpackungen» S.25
8: Systematik von Hebeln, Use Cases und Übertragbarkeit (illustrativ) S.26
9: Arten alternativer Materialien (Auswahl) S.29
10: Überblick ausgewählter etablierter und Bio-Kunststoffe S.31
11: «Stufenmodell» der Rezyklierbarkeit S.41
12: Plastikrecyclingquoten in ausgewählten Ländern S.43
13: Rückführung im MW-KEP-Transport S.50
14: Mehrweg durch Standardisierung in einer Branche S.51
15: Effekt idealtypischer Hebel auf CF von Verpackungen (illustrativ) S.61
16: Anwendungsmatrix S.62



1. Motivation und Ziele



Bedeutung von Industrieverpackungen und Abgrenzung der Untersuchung

Menschengemachte Umweltveränderungen, allen voran der Klimawandel, gehören zu den grössten Herausforderungen für menschliche Gesellschaften im 21. Jahrhundert. Für die Reduzierung von CO2–Emissionen und ihrer Äquivalente rücken in Gesetzgebung und Zivilgesellschaft mehr und mehr alle Wirtschaftsbereiche in den Blick. Diese Studie widmet sich den so genannten «Industrieverpackungen» und untersucht, welche Spielräume für mehr «Nachhaltigkeit» existieren.

Bedeutung von «Industrieverpackungen»

Verpackungen erfüllen zahlreiche Funktionen für das Erbringen des logistischen Auftrags und sind so in der gesamten Supply Chain anzutreffen. Die Folge sind signifikante Umweltwirkungen. Jedoch liegt der Fokus in Öffentlichkeit und Forschung häufig auf Verpackungen, die für Konsumenten sichtbar sind, wie der Joghurtbecher im Supermarktregal. Bis dieser dort verpackt steht, hat er jedoch bereits zahlreiche Herstellungs- und Transportprozesse durchlaufen – in denen wiederum Verpackungen benötigt wurden. Diesen widmet sich die vorliegende Studie.

Dabei ist zur Abgrenzung eine Arbeitsdefinition für «Industrieverpackung» (im Folgenden: IV) zu wählen: Denn es sind zwar viele Verpackungsarten und ihre Bestandteile von Seiten der Normung oder des Gesetzgebers definiert, eine Abgrenzung der IV von Konsumverpackungen findet darin aber nicht statt.[1] Diese Studie nutzt daher eine weite Definition der IV:

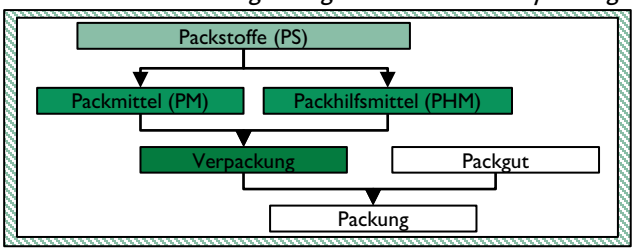
*Unter «**Industrieverpackung**» (IV) werden in dieser Studie Verpackungen verstanden, die (auch) wichtige logistische Funktionen erfüllen.*

Diese logistischen Funktionen bestimmen die IV ganz wesentlich. IV sind so abgegrenzt von vielen Verpackungen, die in Privathaushalten enden. Gleichwohl werden (Mehrweg-)Verpackungen für den Versandhandel einbezogen, da auch ihr Design stark von den logistischen Anforderungen bestimmt wird.

Die IV im Fokus der Studie wurden mit den Konsortialpartnern abgestimmt: So sind Beispiele aus Handel oder Maschinenbau häufiger vertreten als aus der Chemischen Industrie. Die Studie hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, für alle Arten von IV konkrete Lösungen aufzuzeigen. Bei den identifizierten Ansätzen wird jedoch deren Anwendbarkeit diskutiert.

Eine «Verpackung» setzt sich dabei aus Packmittel und Packhilfsmittel (z.B. «Verschliess- und Polstermittel») zusammen, die jeweils aus Packstoffen bestehen.[2] All diese Bestandteile werden in dieser Studie betrachtet. Sie dienen dazu, eine Packung mit dem Packgut zu bilden, mit welchem sie deshalb immer in Wechselwirkung stehen – so wie mit ihrer Umwelt.

Abbildung 1: Begriffsverständnis «Verpackung»



«Nachhaltige» Industrieverpackungen

Wie es keine Definition der IV gibt, so gibt es auch «keine einheitliche Definition zur nachhaltigen Verpackung».[3] In dieser Studie wird «Nachhaltigkeit» dabei auf ihre ökologische Dimension verengt:

*«**Nachhaltigkeit**» wird in dieser Studie primär als ökologische Nachhaltigkeit verstanden, wobei die ökonomische Tragbarkeit für den Anwender ebenso berücksichtigt wird. Die soziale Dimension des Nachhaltigkeitsbegriffs wird nicht diskutiert.[4]*

Es werden relative Aussagen getroffen, ob eine Massnahme zu grösserer Nachhaltigkeit einer Supply Chain führt. Dabei wird immer der Gesamteffekt einer Veränderung bewertet, einschliesslich Änderungen in der Verpackungsperformance (z.B. veränderter Schutz).

*«**Green Packaging**» meint als Zielvorstellung dieser Studie die Verwendung ökologisch verbesserter und dabei ökonomisch tragbarer Industrieverpackungen.*

Dabei kann eine leichte Kostensteigerung immer noch als tragbar akzeptiert werden.

1: Normierungen z.B. in der DIN 55405:2014-12 («Verpackung – Terminologie – Begriffe»), welche nur eine «Industriepackung» kennt (7.2.21, definiert in 10.397 als: «Packung, die nur für industrielle Abnehmer bestimmt ist»). Zu Transport-, Um- und Verkaufsverpackungen finden sich gesetzliche Definitionen im deutschen VerpackG (§3 Absatz 1) oder der Richtlinie 94/62/EG.

2: Damit wendet diese Studie, im Einklang mit der Literatur (z.B. Martin 2014, S. 71, dort auch «Verschliess- und Polstermittel»; Pfohl 2018, S. 151), eine einfachere Nomenklatur an als die DIN 55405, in welcher neben den Packstoffen noch Halbzeuge aus Werk- und Faserstoffen stehen.

3: Weiss 2020, S. 374. Versuche einer Definition wurden unternommen, vgl. «Sustainable Packaging Logistics» bei Garcia-Arca et al. 2014, S. 330.

4: Die soziale Komponente wäre z.B. relevant bei biogenen Quellen für Packstoffe, die mit Nahrungsmitteln konkurrenzieren, oder gesundheitlichen Risiken während der Herstellung/Verwendung oder dem Recycling von Packstoffen, insb. wenn dieses im informellen Sektor geschieht.

Umweltwirkung von Industrieverpackungen

Zur Auswahl einer nachhaltigeren Verpackung sind die Umweltwirkungen zu verstehen, die sie erzeugt. Dies kann entlang der Prozesse ihres Lebenszyklus nachvollzogen werden: Aus ihnen resultieren zahlreiche Umweltwirkungen, die durch unterschiedliche, mitunter gegenläufige Faktoren beeinflusst werden.

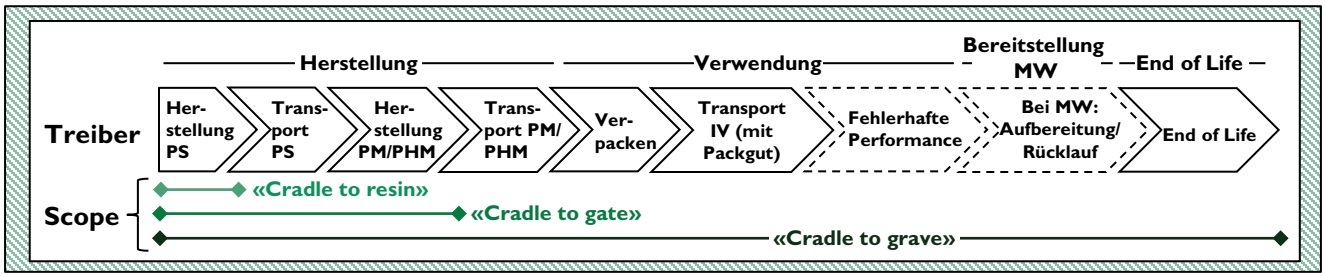
Umweltwirkung entlang Lebenszyklus

In der **Herstellungsphase** werden PS produziert und (eventuell) transportiert, um zu PM und PHM verarbeitet zu werden. Für Teilabschnitte haben sich dabei Begriffe etabliert, die insbesondere bei der Recherche von Vergleichsdaten hilfreich sind: So finden sich von Verpackungsherstellern oft Angaben **«Cradle to gate»**, die alle Wirkungen bis und mit ihrem Warenausgang, d.h. die gesamte Herstellung der PM/PHM beinhalten. Vor allem bei Kunststoffen als PS finden sich separat auch die Umweltwirkungen aus der Herstellung des Granulats, als **«Cradle to resin»**.

In der **Verwendungsphase** tritt neben dem Transport die mögliche fehlerhafte Performance auf, etwa die Beschädigung des Packguts durch Bruch oder Temperatureinfluss; oder ein Transportabbruch, da Informationen auf der IV nicht mehr erkennbar sind. Eine fehlerhafte Performance weist meist die höchste Umweltwirkung aller Prozesse auf, da sie sich auf das Packgut auswirkt, z.B. Nach-/Neulieferung erforderlich macht, und die Herstellung des Packguts weit höhere Umweltwirkungen hat als die der IV.[1]

Die erneute **Bereitstellung von Mehrweg-Lösungen (MW)** führt bei diesen zu spezifischen Umweltwirkungen, insbesondere aus Rücktransport und Reinigung. Ansonsten schliesst sich das **End of life-**Management an, insbesondere mit stofflichem Recycling, Verbrennung oder Deponierung. Werden all diese Treiber gesamthaft betrachtet, so kann die Analyse als **«Cradle to Grave»** ausgelobt werden.

Abbildung 2: Treiber von Umweltwirkungen einer IV, Scope-Definitionen



Einflussfaktoren entlang Lebenszyklus

Je Treiber wirken unterschiedliche Einflussfaktoren auf die Umweltwirkungen. Neben den Herstellprozessen sind insbesondere Gewicht und Transportmodus relevant. Wegen der hohen Umweltwirkungen des Packguts ist die Erfüllung der Performance-Anforderungen an eine IV (wie Schutz und Information) zentral. Beim End of Life steht üblicherweise die Entsorgungsart im Vordergrund.

Abbildung 3: Einflussfaktoren auf die (zusammengefassten) Treiber von Umweltwirkungen aus Lebenszyklus einer Verpackung

Treiber	Herstellung, Transport PM	Herstellung, Transport PHM	Transport IV (mit Packgut)	Fehlerhafte Performance	Bei MW: Aufb./ Rücklauf	End of Life
Einfluss-faktoren auf Umwelt-wirkungen (Beispiele)	Herstellprozess PS («Cradle to resin»)	Herstellprozess PS («Cradle to resin»)	Gewicht, Transportmodus	Erfüllung Schutzfunktion	Rücklauflogistik (Distanzen)	Entsorgungslogistik
	Herstellprozess PM	Herstellprozess PHM		Erfüllung Informations-funktion	Schwundquote	Entsorgungsart (Recycling, Verbrennung, Deponierung)
	Gewicht, Transportmodus	Gewicht, Transportmodus			Defektquote	

Gesamtbetrachtung entlang Supply Chain

Diese Sicht nimmt die Verwenderperspektive an und geht vom Lebenszyklus einer IV aus. Die IV kann aber auch bei weiteren Akteuren, insbesondere dem Empfänger, zu Umweltwirkungen führen, z.B. weil sie ein Umpacken erfordert. Für eine vollständige Betrachtung müssen auch diese Folgewirkungen entlang der Supply Chain berücksichtigt werden.

1: Als Grössenordnung werden z.B. vom Netherlands Institute for Sustainable Packaging 2020, S. 10 beim Packgut 90% der Umweltwirkung verortet, bei der Verpackung 10%.

Total Cost of Ownership von Industrieverpackungen

Neben Umweltwirkungen resultieren aus den zahlreichen Prozessen im Lebenszyklus einer Industrieverpackung ebenso diverse Kostenkategorien. Wiederum ist es relevant, die wichtigsten zu identifizieren und ihren Einfluss zu verstehen, um so die Total Cost of Ownership (TCO) einer Verpackungslösung beurteilen zu können.

Bestandteile der TCO entlang Lebenszyklus

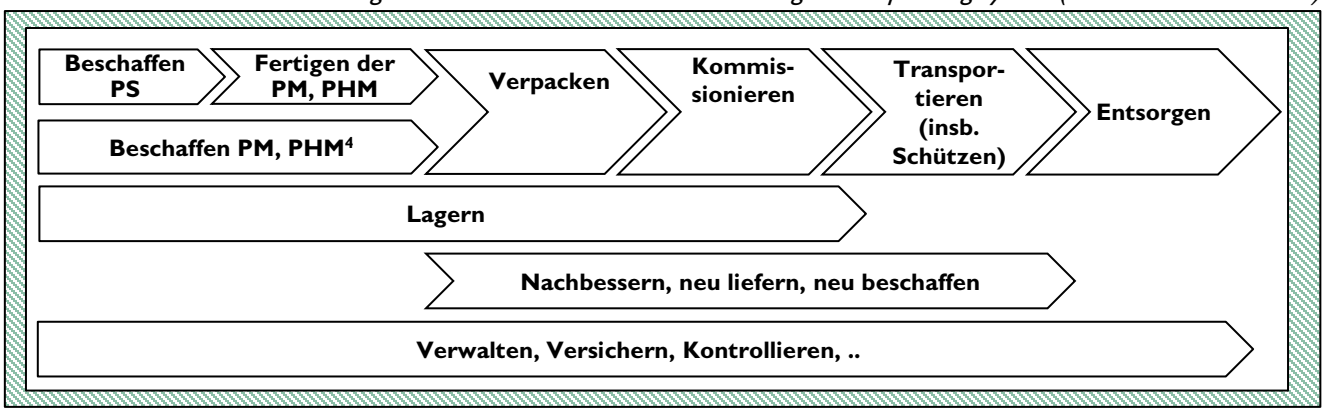
Die Perspektive der TCO, als «alle direkten und indirekten Kosten, die über den gesamten Lebenszyklus […] auftreten, inklusive Akquisition und Einkauf, Betrieb und Wartung sowie Endverwertung», soll aufzeigen, dass ein Fokus z.B. nur auf die Beschaffungskosten einer IV nicht ausreicht.[1] So können für eine alternative Verpackung die Kosten, die im Handling, in notwendigen IT-Investitionen oder den Entsorgungskosten entstehen, einen bedeutenden Anteil der TCO ausmachen. Dies ist bei Verpackungen insbesondere deshalb relevant, weil sie eine Vielzahl von indirekten Kosten auslösen.[2]

Eine aktuelle Aufzählung aller «Kostenarten von Verpackungssystemen» enthält mehr als 50 Einträge, die in die folgenden Kategorien gegliedert sind:[3]

- «Materialkosten»
- «Maschinen-, Geräte-, Werkzeugkosten (für die Verpackungsfertigung und das Verpacken)»
- «Transportkosten»
- «Lagerkosten»
- «Raumkosten»
- «Handlingskosten»
- «Verwaltungskosten»
- «Reinigungskosten»
- «Reparaturkosten (bei Mehrwegeinsatz)»
- «Nutzungskosten (bei Mehrwegeinsatz)»
- «Folgekosten»
- «Entsorgungskosten»
- «Sonstige Kosten»

Bei den Umweltwirkungen wurde die Performance der Verpackung betont, d.h. die Erfüllung ihrer Funktionen (etwa Schutz, Information), wegen der grossen Umweltwirkungen des Packguts – ökonomisch spiegeln dies die «Folgekosten» wieder, welche insbesondere die Kosten für «Neulieferung, Nachbesserung und Lieferverzug» sowie «Schadensbeseitigung» umfassen. Die folgende Abbildung stellt wesentliche Aktivitäten mit Kostenfolge im Lebenszyklus einer IV dar, wobei die Folgekosten beim Empfänger ausgeklammert sind.

Abbildung 4: Wesentliche Aktivitäten mit Kostenfolge im Verpackungssystem (aus Sicht des Versenders)



Einflussfaktoren

Analog den Umweltwirkungen zahlen unterschiedliche Einflussfaktoren auf die einzelnen Kostenarten ein. Dabei sind jeweils die Rahmenbedingungen der konkreten Anwendung der IV zu beachten – so können die Transportkosten je nach gewähltem Verkehrsträger stärker vom Volumen oder vom Gewicht abhängen.

Für die Bestimmung der tatsächlichen Einflussfaktoren stehen Anwender dabei durch die Vielzahl an indirekten Kostenarten zudem vor dem Problem der eingeschränkten «Visibilität» ihrer Kosten, was die Qualität der Entscheidungsgrundlage vermindert.[5]

1: S. Geissdörfer et al. 2009, S. 696, basierend auf verschiedenen Vorarbeiten
2: Vgl. Garcia-Arca et al. 2014, S. 329
3: Alle folgenden Zitate s. Lange 2020, S. 344
4: Beschaffen der PM, PHM umfasst in dieser Darstellung auch die Rückführ-/Aufbereitungskosten für die erneute Verwendung einer MW-Lösung.
5: S. Garcia-Arca et al. 2014, S. 329

Zielstellung und Aufbau der Studie

Unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus einer Industrieverpackung ist es das Ziel dieser Studie, Hebel für den Einsatz von Industrieverpackungen, die nachhaltiger als die etablierten Lösungen sind, vorzustellen und ihre Anwendbarkeit aufzuzeigen. Auf dieser Grundlage werden Handlungsempfehlungen für die Umsetzung dieser Massnahmen abgeleitet.

*Unter **«Hebel»** werden in dieser Studie Massnahmen verstanden, welche die Umsetzung eines Ziels, z.B. einer Strategie für erhöhte Nachhaltigkeit, unterstützen.*

«Hebel» setzen also etwas in Bewegung, etwa eine Veränderung hin zu erhöhter Nachhaltigkeit. Diese kann dabei, z.B. je Unternehmen, verschieden definiert sein. Der Fokus liegt im Folgenden auf den Zielgrössen Carbon Footprint (CF) und Kreislaufpotential, dies im Einklang mit der Unternehmenspraxis (vgl. Kapitel 3). Dabei wird die Perspektive desjenigen Akteurs angenommen, der die IV verwendet – nicht z.B. die des Gesetzgebers.

Da IV immer nur in einer Anwendungsumgebung ökologisch und ökonomisch bewertet werden können, liegt ein wesentliches Ziel der Studie darin, «Use Cases» aus der Praxis zu beschreiben und so «Good Practices» zu identifizieren. Diese vertiefen die Hebel, die für jedes der drei priorisierten Themencluster (alternative Materialien für Packstoffe; verbessertes Recycling; Einführung oder Verbesserung von Mehrwegsystemen) auf Basis von Recherche und Experteninterviews vorgestellt werden. Diese Übersicht an Hebeln erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit – vielmehr liegt der Fokus auf einer qualifizierten Auswahl von Massnahmen, welche auch in der Praxis eingesetzt werden können.

Aus der Zusammenstellung der Hebel ergibt sich in Form einer Anwendungsmatrix und einer Materialliste eine strukturierte Darstellung der dem Anwender zur Verfügung stehenden Massnahmen. Schliesslich sollen Handlungsempfehlungen den Weg in die Implementierung der Hebel weisen.

Eine grosse Einschränkung ist dabei, dass die Studie nicht den Anspruch erhebt, die Hebel gemäss den umfangreichen Ökobilanz-Methoden vollumfänglich zu bewerten. Vielmehr wird ein pragmatischer Ansatz gewählt, welcher literaturgestützt auf wesentliche Einflussfaktoren abzielt und so geeignet ist, Entscheidungen in der Praxis zu unterstützen.

Zusammenfassend verfolgt die Studie das Ziel, mit ihren Use Cases und den aus den Experteninterviews gewonnenen Erkenntnissen zur anwendungsnahen Forschung beizutragen, welche sich den Besonderheiten von nachhaltigen IV widmet.

Um diese Erkenntnisse systematisch darzustellen, ist die Studie wie folgt aufgebaut (siehe Abbildung unten): Einleitend werden der Hintergrund, Forschungsstand und -lücken sowie die gewählte Methodik vorgestellt. Danach werden, für jedes der drei Themencluster, der heutige Stand, die spezifischen Herausforderungen, Good Practices sowie mögliche Nachhaltigkeitshebel präsentiert. Dabei können alle drei Themencluster für die Verpackungslösung in einer Anwendungsumgebung relevant sein. Deshalb werden die Erkenntnisse abschliessend zusammengeführt, interpretiert und es werden daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die Limitationen und ein Ausblick schliessen die Studie ab.

Abbildung 5: Aufbau der Studie



2. Aktueller Forschungsstand



Schwerpunkte in der Literatur und Forschungsstand

Zu nachhaltigen (Industrie-)Verpackungen findet sich eine reichhaltige Literatur, deren Erkenntnisse in die Studie weitestgehend eingeflossen sind. Nachfolgend wird ein Überblick über ausgewählte Erkenntnisse gegeben, während eine detaillierte Beschreibung der Kernstudien im «Studieninventar» das Ende der Studie bildet.

Forschungsströmungen
Die Forschung zu «Green Packaging» im Allgemeinen, das heisst über *Industrie*verpackungen hinaus, befindet sich spätestens seit 2017 im Aufwind. Auch in der Forschung zu «Industrial Packaging» hat sich die Reduzierung der Umweltwirkung in den letzten Jahren zu einem Top-Trend entwickelt: Inzwischen entfällt gemäss einem Literaturreview aus 2022 etwa 30% der Publikationen darauf, insbesondere auf «Recycle and reuse». Es steht damit gleichberechtigt neben den beiden klassischen Forschungsthemen im Bereich «Industial Packaging»: Der Verbesserung der Supply-Chain-Effizienz durch optimierte IV und der Verbesserung ihres Entwicklungsprozesses. Neben der Analyse und Bewertung von Materialien werden zum «Green Packaging» vor allem die ökonomischen und Management-Kontexte erforscht.[1] Diesen kommt bei der erfolgreichen Implementierung von nachhaltigen Verpackungslösungen eine zentrale Bedeutung zu.

Bewertungsmethodik
Eine umfangreiche Literatur liegt zur ökologischen Bewertung von Verpackungslösungen, insbesondere in Form von Ökobilanzen (Life Cycle Assessment, LCA), vor, auf die im Rahmen dieser Studie nicht eingegangen werden kann. Es ist festzuhalten, dass die umfangreiche Methodik zur Entwicklung standardisierter Software-Lösungen (die meisten davon proprietär) und Datenbanken geführt hat, die regelmässig aktualisiert werden und so den letzten Wissensstand wiedergeben, dabei aber häufig auf Branchendurchschnitten beruhen.

Untersuchung von Anwendungsumgebungen
Eine Vielzahl von Studien, erarbeitet von Universitäten, Forschungsinstituten und spezialisierten Beratungen, analysiert Verpackungslösungen in spezifischen Anwendungsumgebungen, häufig in Form einer umfassenden Bewertung von Umweltwirkungen durch eine LCA (gemäss ISO 14040, 14044). Um verallgemeinerbare Aussagen abzuleiten, werden teilweise – z.B. in der 2022 erschienenen System-Analyse mehrerer Fraunhofer-Institute zu «Kunststoffbasierten Mehrwegsysteme in der Circular Economy» – Meta-Analysen bestehender Ökobilanzen und Bewertungen durchgeführt. So wurden etwa 20 Studien zu MW-Lebensmittelsteigen ausgewertet. Jedoch zeigt sich z.B. für die Treibhausgasemissionen, dass «mit zunehmender Zahl der durchgeführten Studien das Ergebnis kaum robuster zu werden scheint»:[2] Die Rahmenbedingungen einer Anwendungsumgebung und die Annahmen bei ihrer Modellierung sind entscheidend für die Bewertung von Verpackungsalternativen. Zuletzt wurden im Vorfeld der Revision der EU PPWD von Verbänden der Verpackungshersteller Untersuchungen veröffentlicht.[3] So liegen viele Einzeluntersuchungen vor, bei denen jeweils auf die spezifischen Annahmen zu achten ist.

Leitbilder und Nachhaltigkeitshebel
Für einzelne Aspekte von nachhaltigen IV liegen überblickshafte Empfehlungen vor. Dies gilt insbesondere für das Themencluster «verbessertes Recycling»: Verschiedene «Design Guidelines» zeigen auf, welchen Prinzipien das Design einer Verpackung folgen sollte, um rezyklierbar zu sein. Diese sind teilweise auf IV übertragbar. Durch das hohe öffentliche Interesse an Nachhaltigkeit im Allgemeinen und nachhaltigen Verpackungen im Speziellen tragen auch einige ausseruniversitäre Akteure aktiv zum Aufbau von handlungsleitendem Wissen bei. Insbesondere die Publikationen der Ellen MacArthur Foundation, die Wege hin zu einer Kreislaufwirtschaft aufzeigen, fassen ein methodisches Vorgehen und einen Überblick über mögliche Nachhaltigkeitshebel zusammen, welche ebenso in die folgenden Untersuchungen eingeflossen sind.[4]

Für Erkenntnisse in den einzelnen Themenclustern wird dort jeweils auf aktuelle Literatur eingegangen, z.B. auf die aktuell laufenden Untersuchungen zu MW-Transporten via KEP. Insgesamt liegt eine Forschungslandschaft mit heterogenen Beiträgen verschiedener Akteure vor – eine wesentliche Herausforderung besteht im Transfer von Erkenntnissen über Verpackungen im Allgemeinen auf die Anwendungsumgebungen von IV im Speziellen.

1: Zu «Green Packaging» seit 2017 vgl. Wandosell 2021, S. 4; Trends vgl. ebd., S. 7. Zu «Industrial Packaging» vgl. Silva/Pålsson 2022, S. 6. Dort ist «Industrial Packaging» nicht deckungsgleich mit IV im Sinne dieser Studie, die auch gewisse Konsumentenverpackungen umfassen (vgl. Kap. 1).
2: Fraunhofer UMSICHT/IBP 2022, S. 14; zu den 20 Studien vgl. Fraunhofer CCPE 2022, S. 142.
3: Im Auftrag der FEFCO etwa Ramboll 2022a, Ramboll 2022b; darauf die Replik in Fraunhofer UMSICHT/IBP 2022.
4: Übersicht von Recycling-Guidelines s. Kap. 5; vgl. z.B. «Upstream Innovation. A guide to packaging solutions», Ellen MacArthur Foundation 2020.

Ausgewählte wichtige Lücken in der Forschung

In der für Nachhaltige Industrieverpackungen relevanten heterogenen Forschungslandschaft scheinen v.a. die Anwendung allgemeiner Verpackungserkenntnisse auf die spezifischen Herausforderungen von Industrieverpackungen, sowie eine Strukturierung der zahlreichen Ansätze nicht so stark beleuchtet zu sein. Die daraus resultierenden Lücken werden im Folgenden exemplarisch dargestellt.

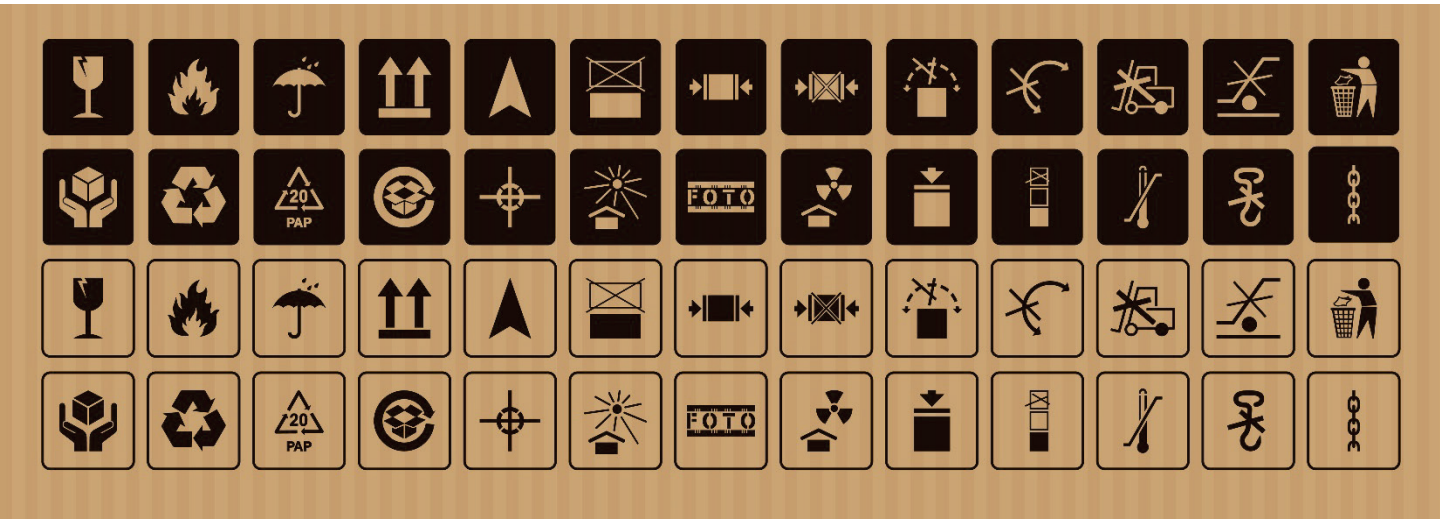
Strukturierung IV-spezifischer Erkenntnisse
Die Nachhaltigkeit von IV kann mittels sehr verschiedener Ansätze verbessert werden, etwa den Materialien, dem Recycling und der Verpackungslösung (z.B. Mehrweg). Eine *gemeinsame* Diskussion der resultierenden Nachhaltigkeitshebel findet selten statt, obwohl daraus hilfreiche Rückschlüsse gezogen werden könnten, welche Hebel für welche Teile des Verpackungsspektrums eines Anwenders besonders geeignet sein könnten. Ebenso wird dabei die geographische Dimension, welche Massnahmen in welchen Regionen besonders geeignet sein könnten, selten betrachtet.

Alternative Materialien
Fortlaufend werden neuartige Packstoffe oder Verpackungslösungen, vor allem mit Fokus auf Konsumverpackungen, diskutiert. IV werden dabei weniger häufig berücksichtigt, stellen aber spezifische Anforderungen etwa an Performance und Kosten, die es zu diskutieren gilt und die andere Materialien interessanter erscheinen lassen können, als dies bei Konsumverpackungen der Fall ist.

Während zu einzelnen neuartigen Materialinnovationen Übersichtspaper verfasst werden, wird die Auswahl an alternativen Materialien, insbesondere für IV, selten konsolidiert und strukturiert nach ihren wesentlichen, zugrundeliegenden Nachhaltigkeitshebeln dargestellt.[1]

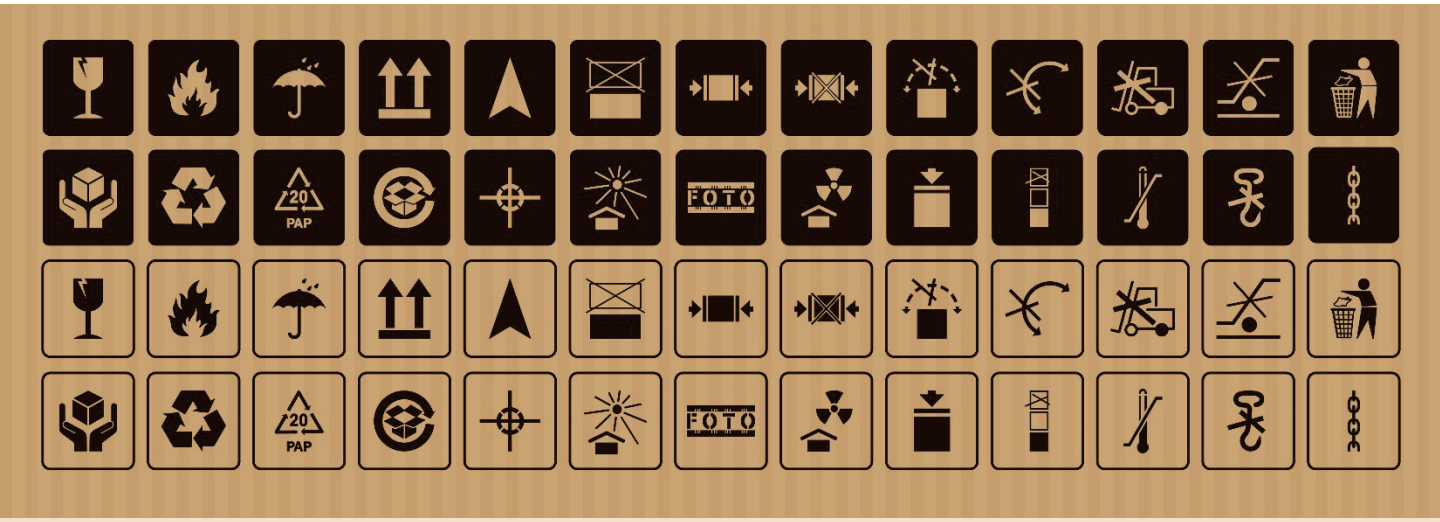
Verbessertes Recycling
Für Entwicklung und Design von recyclingfähigeren Verpackungen existiert eine Vielzahl von Recycling-Guidelines, die teilweise auf IV übertragbar sind.[2] Für IV kommen jedoch weitere Nachhaltigkeitshebel hinzu, welche durch die Anwender beeinflusst werden können, insbesondere durch die Entsorgung der IV durch gewerbliche Kunden anstelle einer von aussen organisierten Abholung. Damit ist auch das Begriffsverständnis der «Rezyklierbarkeit» für IV anders darzustellen, als dies üblicherweise mit Blick auf Konsumentenverpackungen geschieht.

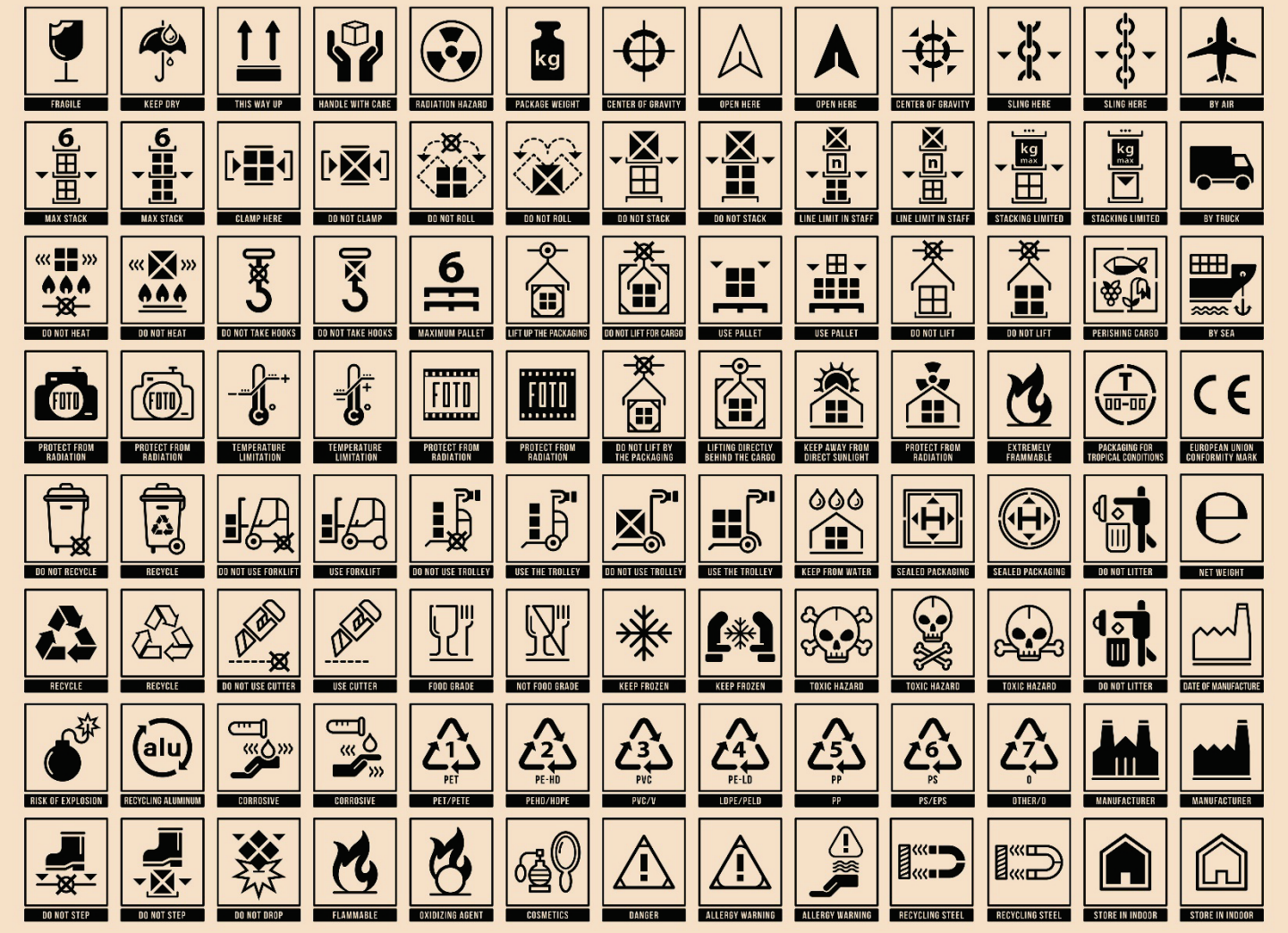
Mehrwegsysteme
Die Untersuchung von MW-Systemen, insbesondere für den KEP-Transport, hat durch einige jüngere Forschungsprojekte in diesem Bereich zugenommen.[3] Die Erfolgsfaktoren und Barrieren bei der Implementierung solcher Systeme, anhand konkreter Anwendungsfälle, wird dabei seltener diskutiert.



1: Beispiele für diese Übersichtspaper und -studien werden im Studieninventar vorgestellt.
2: Eine Quelle, welche einen Überblick über verschiedene Recycling-Guidelines gibt, wird im Studieninventar vorgestellt.
3: Zwei Beispiele aus Deutschland, die im Jahr 2022 abgeschlossen wurden, finden sich im Studieninventar.

3. Methodik




FRAGILE
KEEP DRY
THIS WAY UP
HANDLE WITH CARE
RADIATION HAZARD
PACKAGE WEIGHT
CENTER OF GRAVITY
OPEN HERE
OPEN HERE
CENTER OF GRAVITY
SLING HERE
SLING HERE
BY AIR
MAX STACK
MAX STACK
CLAMP HERE
DO NOT CLAMP
DO NOT ROLL
DO NOT ROLL
DO NOT STACK
DO NOT STACK
LINE LIMIT IN STAFF
LINE LIMIT IN STAFF
STACKING LIMITED
STACKING LIMITED
BY TRUCK
DO NOT HEAT
DO NOT HEAT
DO NOT TAKE HOOKS
DO NOT TAKE HOOKS
MAXIMUM PALLET
LIFT UP THE PACKAGING
DO NOT LIFT FOR CARGO
USE PALLET
USE PALLET
DO NOT LIFT
DO NOT LIFT
PERISHING CARGO
BY SEA
PROTECT FROM RADIATION
PROTECT FROM RADIATION
TEMPERATURE LIMITATION
TEMPERATURE LIMITATION
PROTECT FROM RADIATION
PROTECT FROM RADIATION
DO NOT LIFT BY THE PACKAGING
LIFTING DIRECTLY BEHIND THE CARGO
KEEP AWAY FROM DIRECT SUNLIGHT
PROTECT FROM RADIATION
EXTREMELY FRAMMABLE
PACKAGING FOR TROPICAL CONDITIONS
EUROPEAN UNION CONFORMITY MARK
DO NOT RECYCLE
RECYCLE
DO NOT USE FORKLIFT
USE FORKLIFT
DO NOT USE TROLLEY
USE THE TROLLEY
DO NOT USE TROLLEY
USE THE TROLLEY
KEEP FROM WATER
SEALED PACKAGING
SEALED PACKAGING
DO NOT LITTER
NET WEIGHT
RECYCLE
RECYCLE
DO NOT USE CUTTER
USE CUTTER
FOOD GRADE
NOT FOOD GRADE
KEEP FROZEN
KEEP FROZEN
TOXIC HAZARD
TOXIC HAZARD
TOXIC HAZARD
DO NOT LITTER
DATE OF MANUFACTURE
RISK OF EXPLOSION
RECYCLING ALUMINUM
CORROSIVE
CORROSIVE
PET/PETE
PEHD/HDPE
PVC/V
LDPE/PELD
PP
PS/EPS
OTHER/O
MANUFACTURER
MANUFACTURER
DO NOT STEP
DO NOT STEP
DO NOT DROP
FLAMMABLE
OXIDIZING AGENT
COSMETICS
DANGER
ALLERGY WARNING
ALLERGY WARNING
RECYCLING STEEL
RECYCLING STEEL
STORE IN INDOOR
STORE IN INDOOR

Vorgehen

Nach der Zusammenstellung des Konsortiums wurde die Studie binnen 7 Monaten erarbeitet. Das gewählte Vorgehen umfasst Desk Research, Surveys und Experteninterviews sowie die enge Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern. Anhand von «Use Cases» aus ihrer Praxis werden konkrete «Good Practices» bewertet.

Konsortium

Das Konsortium setzt sich aus produzierenden Unternehmen, davon ein Verpackungshersteller, Handelsunternehmen, einem Logistik-Dienstleister und einem Verpackungs-Startup zusammen. Die verschiedenen Perspektiven erlauben dabei, das Themenfeld breit abzudecken. Das Konsortium hatte eine Lenkungsfunktion dahingehend inne, die für die Praxis interessanten Themencluster zu identifizieren und die zu vertiefenden Themen zu priorisieren. So rückten etwa Lösungen für Packhilfsmittel in den Fokus, die in mehreren «Use Cases» vertieft werden.

Die vier Workshops, bei denen jeweils beinah alle Konsortialpartner vertreten waren, dienten sowohl der gemeinsamen Erarbeitung von Inhalten als auch der wiederholten Qualitäts- und Relevanzkontrolle.

Workshops (WS)			Diskussionen und Ergebnisse
Kickoff	digital	29.06.	Priorisierung, Abstimmung Definitionen
WS I	Stuttgart	01.09.	Bewertung möglicher Materialien, Hebel
WS II	St.Leon-Rot	27.10.	Use Cases, Handlungsempfehlungen
WS III	Stuttgart	06.12.	Abschlussdiskussion zur Qualitätskontrolle

Erhebungsmethoden

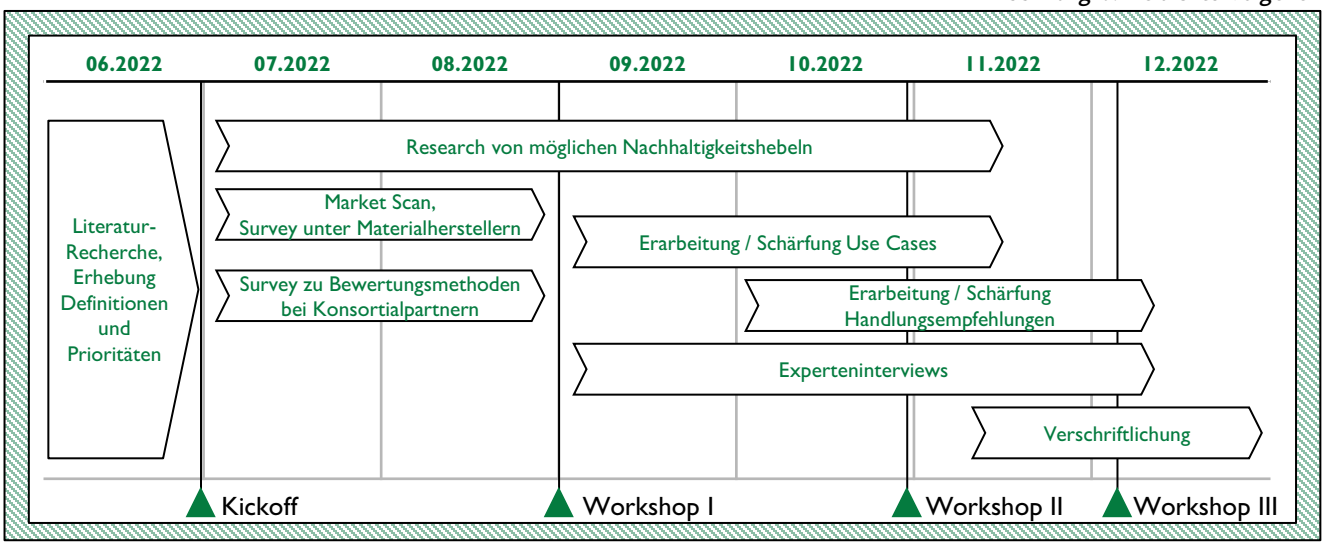
Nach der praxisgeleiteten Abstimmung der relevanten Definitionen (insbesondere «Industrieverpackung») und Einflussfaktoren (Themenlandkarte) wurden mögliche Nachhaltigkeitshebel wie folgt erhoben:

- Literaturreview, Erstellung eines «Studieninventars»
- «Market Scan» in Form von Desk Research, mit Blick auf Medienberichte, Awards, Messeauftritte
- Befragung von Marktteilnehmern zu alternativen Materialien und Verpackungslösungen, mit standardisiertem Fragebogen
- Interviews mit Marktteilnehmern und Experten

Bewertungsmethoden

Eine IV-Lösung kann immer nur für eine konkrete Anwendungsumgebung bewertet werden, so dass eine allgemeine Bewertung aller Hebel nicht möglich ist. Aus diesem Grund werden exemplarisch «Good Practices» vorgestellt, die konkreten Use Cases aus der Unternehmenspraxis der Partner entstammen und die mit Rückgriff auf Daten von Lieferanten bzw. Kunden bewertet werden. Das Vorgehen zur ökologischen und ökonomischen Bewertung wurde dafür im Konsortium abgestimmt, basierend auf einer fragebogengestützten Erhebung der Methoden, die heute bei den Konsortialpartnern angewendet werden. Zusammen mit qualitativen Einschätzungen aus über 20 Experteninterviews wird die mögliche Übertragbarkeit der Ergebnisse aufgezeigt und es werden Handlungsempfehlungen daraus abgeleitet.

Abbildung 6: Zeitliches Vorgehen



Themenlandkarte und Anwendungsumgebungen

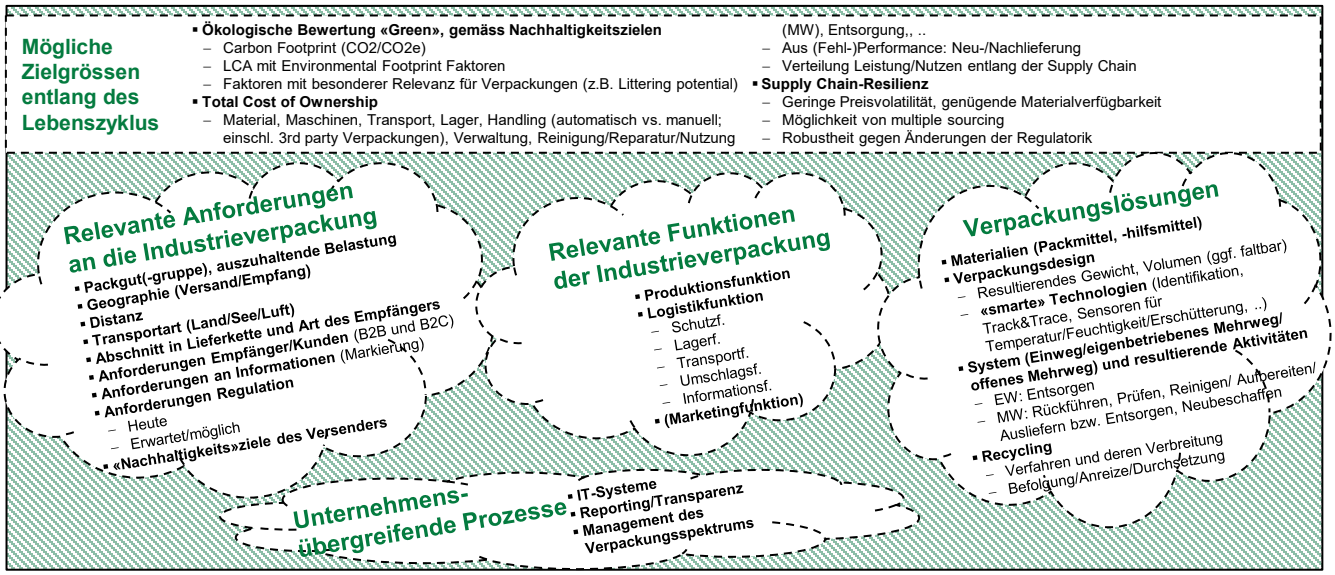
Verpackungen weisen zahlreiche Schnittstellen zu operativen Prozessen auf. Auf *Nachhaltige* Industrieverpackungen zahlen daher sehr viele Einflussfaktoren ein. Diese werden in Form einer Themenlandkarte vorgestellt, um die für die Praxis relevanten Faktoren zu fassen. Mit diesen wird die «Anwendungsumgebung» einer Verpackungslösung definiert, die in den Use Cases jeweils genau beschrieben wird.

Themenlandkarte

Die Themenlandkarte wurde zu Beginn der Studie entworfen und über mehrere Workshops mit den Praxispartnern ergänzt und geschärft.[1] Insbesondere resultiert aus ihr für diese Studie das Verständnis von

- «Verpackungslösung», bestehend aus Material, Design, System und Recycling
- «Anwendungsumgebung», als Gesamtheit der relevanten Anforderungen an die Verpackung

Abbildung 7: Themenlandkarte «Nachhaltige Industrieverpackungen»



Anwendungsumgebung

*Unter «**Anwendungsumgebung**» werden die Rahmenbedingungen verstanden, die bestimmen, welche Verpackungslösungen in Frage kommen und was für einen ökologischen/ökonomischen Impact diese haben.*

Die Anwendungsumgebung ergibt sich somit aus den Anforderungen an die IV, und kann sich fortlaufend mit diesen ändern. Solche Änderungen können einen signifikanten Einfluss auf die Auswahl und die Bewertung der verwendeten Lösung haben.

Bei den Rahmenbedingungen besteht dabei eine Unschärfe bei den «Nachhaltigkeitszielen», da die Definition von «nachhaltig» zwischen Unternehmen verschieden sein kann: So kann der Fokus allein auf dem CF oder auf umfassenderen Zielgrössen liegen.

Rahmen-bedingungen	Einfluss auf Auswahl der Verpackungslösung
Packgut (-gruppe), auszuhaltende Belastung	▪ Anforderungen an Schutzfunktion, Volumen ▪ Spezielle Performanceanforderungen (z.B. Eignung für Gefahrgut)
Geographie (Versandland/-region)	▪ Verfügbarkeit Verpackungsmaterial/-möglichkeiten
Geographie (Zielland/-region)	▪ *Insbesondere für Einweg:* Recycling-Möglichkeiten, Entsorgungskosten
Distanz, Transportart (Land/See/Luft)	▪ Sensitivität Transportkosten ggü. Gewicht/Volumen ▪ Sensitivität Emissionen ggü. Gewicht/Volumen
Abschnitt in Liefer-kette, Art des Empfängers	▪ Anforderungen an Handling, Markierung, Lagerung ▪ Bündelbarkeit der Ströme
Anforderungen Empfänger/ Kunden	▪ Z.B. Anforderungen an Performance (z.B. Schutz, Information, Handling, Lagerung), Rezyklierbarkeit
Anforderungen Regulation, einschl. Information	▪ Verbot/Besteuerung bestimmter Materialien ▪ Anforderungen an Markierung, Rezyklierbarkeit, etc. ▪ Erfüllung Informationsfunktion für Zoll
«Nachhaltigkeits»ziele[2] des Versenders	▪ Möglichst «nachhaltige» Herstellung ▪ Möglichst «nachhaltiges» Design und Entsorgung

1: Als Literaturquellen dienten Pfohl 2018, S.151-167, insb. für die Verpackungsfunktionen (S. 151-154); Martin 2014, S. 71-85; für die Bestandteile der TCO insb. Lange 2020, S. 342-346.

2: Je nach Definition von «nachhaltig» im jeweiligen Unternehmen.

Use Cases und Experteninterviews

Für eine «Anwendungsumgebung» werden Use Cases beschrieben: «Tiefenbohrungen», welche die Wirkung eines Nachhaltigkeitshebels, z.B. die Wahl einer alternativen Verpackung, unter konkreten Rahmenbedingungen beschreiben. Als «Good Practices» gelten sie als ein Beitrag zum Forschungsstand. Die Experteninterviews dienen insbesondere dazu, die Übertragbarkeit der Nachhaltigkeitshebel einzuschätzen.

Nachhaltigkeitshebel: Explorative Erhebung

Die für die Verbesserung der Nachhaltigkeit von IV identifizierten Hebel werden in drei Themenclustern vorgestellt. Kernfrage ist jeweils, ob sie in einer *konkreten Anwendungsumgebung* zu nachhaltigeren IV führen, was von unterschiedlichen Faktoren abhängen und nur für diese Anwendungsumgebung, nicht aber allgemein, beantwortet werden kann.

Use Cases aus der Praxis: Tiefenbohrung

Die Antwort wird in den Use Cases für konkrete Anwendungsumgebungen gegeben, in denen die Nachhaltigkeit bestimmter Massnahmen bewertet wird. Zweck der Use Cases ist es so

- die Nachhaltigkeit des Hebels zu überprüfen, wobei der Effekt soweit möglich quantifiziert wurde,
- Einflussfaktoren für die Nachhaltigkeit aufzuzeigen, und ein Vorgehensmodell zur Bewertung anzubieten,
- die Übertragbarkeit der Erkenntnisse zu diskutieren,
- als eigenständige, selbsterklärende Fallbeschreibung einen Beitrag zum Wissensstand zu leisten.

Alle Use Cases werden in «Steckbriefen» standardisiert beschrieben.[1] Neben der Darstellung der Lösung zielen sie auf ihre Implementierung mit Erfolgsfaktoren und Barrieren ab. Die Cases illustrieren dabei jeweils verschiedene Hebel, die sich in der Praxis zumindest in der Pilot- oder Konzeptphase befinden.[2] Die Abbildung unten zeigt die Systematik dieses Vorgehens auf.

Experteninterviews

Die Befragung externer Experten ausserhalb des Konsortiums diente dann insbesondere dazu

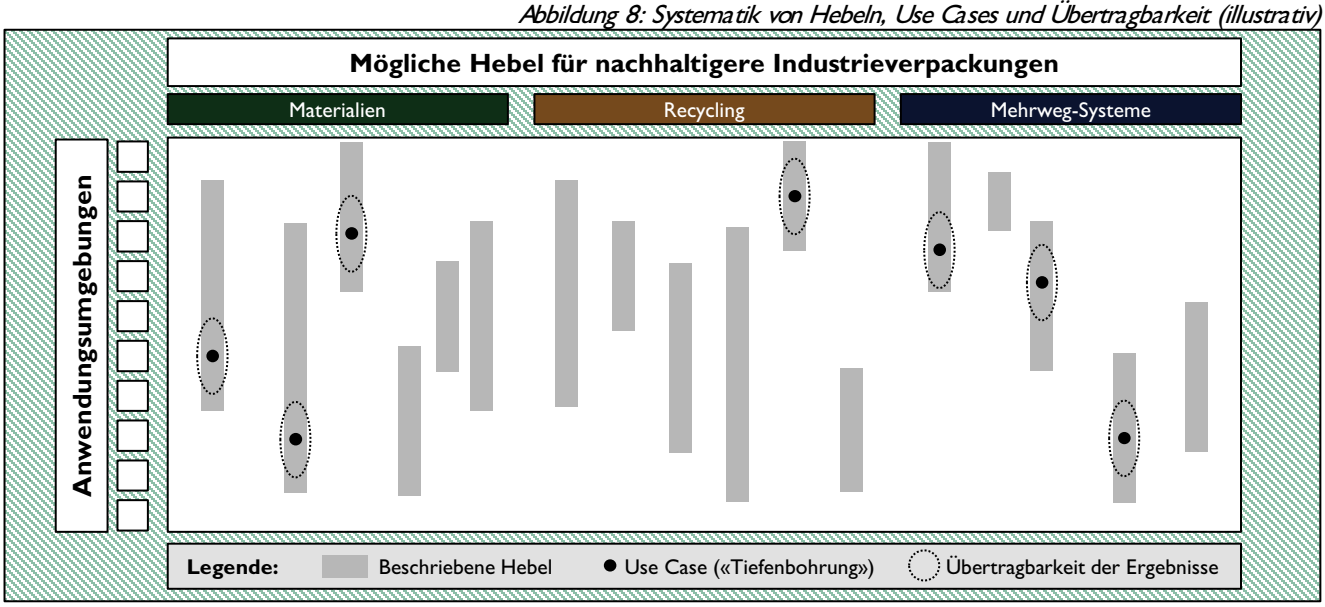
- Erkenntnisse über Verpackungen im Allgemeinen auf IV herunterzubrechen,
- den Stand bestimmter Massnahmen und die spezifischen Herausforderungen zu erheben,
- aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen einzuschätzen, sowie
- eine Einschätzung zu bestimmten Hebeln zu erhalten.

Die Experten stammten dabei von universitären und forschungsnahen Einrichtungen, Marktteilnehmern sowie Verbänden, mit einem durch die Studienanlage bedingten Fokus auf die Schweiz und Deutschland, und sind im Anhang aufgeführt.[3]

Experteninterviews

Themen-cluster	#
Materialien	8
Recycling	6
Mehrweg	7
Übergreifend	2
Gesamt	23

Abbildung 8: Systematik von Hebeln, Use Cases und Übertragbarkeit (illustrativ)



1: Ausnahme sind zwei qualitative Use Cases aus dem Themencluster Mehrweg, welche die Implementierung einer Vision beschreiben. Hintergrund ist, dass MW-Lösungen häufig einen umfassenden, akteursübergreifenden Systemwechsel bedingen.
2: Vgl. das «theoretical sampling» (Eisenhardt 1989, S. 537): Die Auswahl ist theoriegeleitet und soll möglichst unterschiedliche Fälle verdeutlichen.
3: Die Interviews fanden August bis Dezember 2022 semistrukturiert entlang von Leitfäden, physisch oder via MS Teams statt (je 30-60 Minuten).

Ökologische und ökonomische Bewertung

Durch die vielen, sich dynamisch ändernden Einflussfaktoren auf eine Verpackungslösung ist die Bewertung von Alternativen, auch für eine konkrete Anwendungsumgebung, komplex.[1] Zudem ist sie häufig stark von den gewählten Annahmen abhängig. Die Studie bemüht sich um einen transparenten Ansatz, der den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt.

Zuerst wurden die bei den Praxispartnern verwendeten Bewertungsmethoden erhoben, um auf diese bei der Bewertung der Use Cases aufzubauen. Damit wurde, soweit möglich, mit Unternehmensdaten und öffentlichen Quellen der Lebenszyklus von Herstellung, Verwendung und Entsorgung bewertet; Datenlücken sind jeweils ausgewiesen.

Ökologische Bewertung

Stand

Wirtschaftliche Tätigkeiten beeinflussen die Umwelt auf vielfältige Weise: Analysen des «Environmental Footprint» Impact umfassen über zehn Dimensionen. Seit der ersten ISO-Norm für Ökobilanzen 1997 ist eine umfassende Literatur, Datenbanken und Softwaretools zur ökologischen Bewertung, auch von Verpackungen, entstanden, die zunehmend für politische Entscheidungsfindung genutzt wird.[2]

Für Entscheidungen eines Unternehmens zwischen Verpackungslösungen werden diese Modelle jedoch als nur begrenzt geeignet gesehen, da sie grosses Expertenwissen voraussetzen, einzelne Analysen aufgrund ihrer hohen Abhängigkeit von Annahmen nicht vergleichbar sind; und die Ergebnisse am Ende häufig von «*Branchenmittelwerte, Expertenschätzungen, Vereinfachungen oder Analogiebetrachtungen*» bestimmt werden. In der Verpackungsliteratur werden daher verschiedentlich vereinfachte Bewertungsmethoden vorgeschlagen, häufig auf Einzelfälle beschränkt.[3]

Auch in der Rückmeldung aus dem Konsortium herrschte nur eine geringe Zufriedenheit mit den bestehenden ökologischen Bewertungsmethoden; vor allem die Vergleichbarkeit von Analysen wurde als wesentliches Verbesserungspotential benannt.[4]

Vorgehen

Für die Studie wurde sich auf eine Bewertung derjenigen Kernzielgrössen verständigt, welche bei den meisten Konsortialpartnern zum Einsatz kommen:

- CF in kg CO_2e, d.h. einschliesslich der weiteren klimawirksamen Treibhausgase, entlang Lebenszyklus[5]
- «Kreislaufpotential», verstanden als der Anteil nicht-fossiler Rohstoffe in der Herstellung sowie das Recycling am Lebensende

Wo relevant und möglich, wurden weitere Bedrohungen/ Trends aufgenommen, wobei dort eine geringere Datenverfügbarkeit festzustellen war. Bei MW-Lösungen ist die Anzahl Rotationen vor dem Lebensende zentral, da sie je ein Recycling ersetzen.

Datenquellen

Unternehmensdaten; Literaturquellen; insbesondere standardisierte öffentliche Quellen.

Ökonomische Bewertung

Stand

TCO von Verpackungen zu quantifizieren hat in den letzten zwanzig Jahren Fortschritte gemacht: Ein Meilenstein war 2003 die «Packaging Scorecard» zur ganzheitlichen Bewertung und Optimierung von Verpackungen, die weiten Anklang fand. Eine exakte Quantifizierung wird aber durch die indirekten Kosten, die auf eine Verpackung einzahlen, erschwert. Um Abhilfe zu schaffen, wird auf «entscheidungsrelevante» Kosten fokussiert und diese ermittelt.[6]

So bestätigt das Konsortium, dass in der Praxis zufriedenstellende Entscheidungshilfen vorhanden sind und wenig Verbesserungspotential gesehen wird. Dies mag dazu beitragen, dass die ökonomische Bewertung von IV beinah immer strikt handlungsleitend beim Entscheid zwischen Verpackungslösungen ist.

Vorgehen

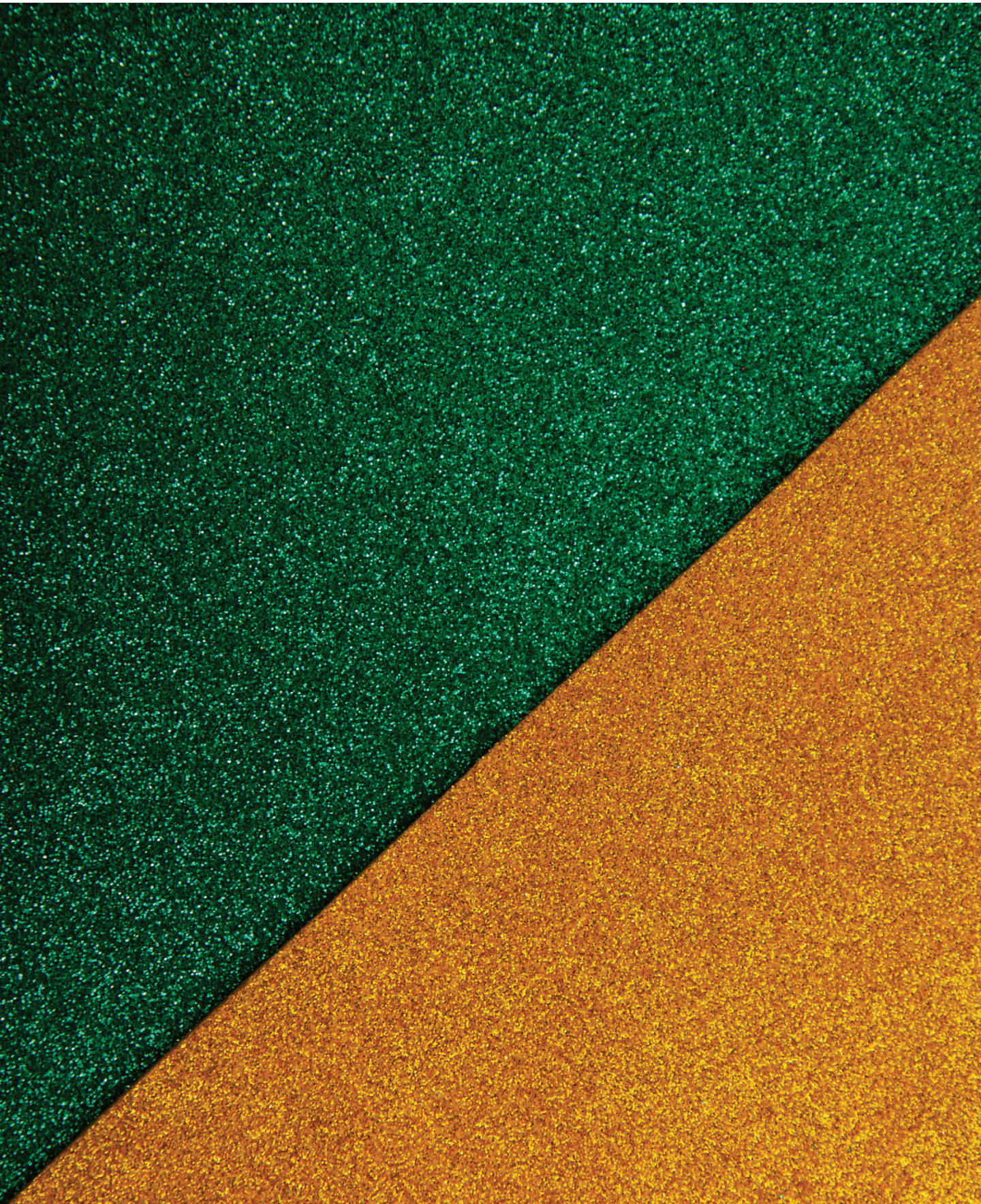
Für die Bewertung der Use Cases wurde auf die heute verwendeten Bewertungsmethoden der Partner aufgesetzt, und die Vergleichbarkeit sichergestellt. Dabei wurden die effektiv anfallenden Kosten aus Sicht der Versender bewertet; nicht z.B. externe Kosten. Für die einheitliche Darstellung wurden die einzelnen Kosten dann auf «generische» Zielgrössen überführt.

Datenquellen

Insbesondere Unternehmensdaten/-einschätzungen.

1: «Komplex» verweist insb. auf «instabile Input-Output-Beziehungen», sich zeitlich «ändernde Systemgrenzen», s. Nachbagauer et al. 2020, S. 120.
2: Für eine Übersicht der Dimensionen – neben Climate Change und Water Depletion z.B. auch Ozone Depletion, Acidification, Eutrophication – s. den Product Environmental Footprint Guide, EC JRC 2012, S. 22. Zur Literatur vgl. Sala et al. 2021, S. 2302f., 2307; SimaPro 2016, S. 5.
3: Zitat s. Fraunhofer CCPE, S. 42; zur Eignung von LCA auch ebd., S. 140f.; Garcia-Arca et al. 2020, S. 3. Zur Vergleichbarkeit von Ökobilanzen und Allokationsregeln, vgl. aktuell Fraunhofer UMSICHT/IBP 2022, S. 13-16. Zu vereinfachten Methoden vgl. z.B. Molina-Besch/Pålsson 2020, Garcia-Arca 2020. Ein anderer Weg sind «absolute Umweltverträglichkeitsprüfungen» (AESA), vgl. z.B. die Quellen in PlasticsEurope 2022, S. 10.
4: Eine Ausnahme stellen Verpackungshersteller dar: Sie verfügen teilw. über eigene Tools, z.B. Smurfit Kappa über ihren «SupplySmart Analyzer», der eine Supply Chain bzgl. Einsparungen bei Kosten und CO2e durchleuchtet (Gewinner «Digitalisierung» beim Dt. Verpackungspreis 2022).
5: Damit wird das Global Warming Potential bewertet, es ist der Einfachheit halber in dieser Studie jedoch als Carbon Footprint bezeichnet.
6: Vgl. Garcia-Arca et al. 2014: S. 329-330, 341; Lange 2020, S. 346 zu «entscheidungsrelevanten» Kosten; Olsmats/Dominic 2003

4. Themencluster I: Alternative Materialien für Packstoffe



Motivation und Stand

Für nachhaltigere Verpackungen gibt es ein zunehmendes Angebot an «alternativen» Materialien, die anstelle etablierter Packstoffe vorgeschlagen werden. In das Spektrum dieser Möglichkeiten soll Struktur gebracht werden, um die Auswahl ökologisch nachhaltigerer Materialien für Industrieverpackungen zu erleichtern.

Motivation für «alternative» Materialien

Ein alternatives Material kann aus mehreren Gründen als nachhaltigere Lösung in Betracht gezogen werden:

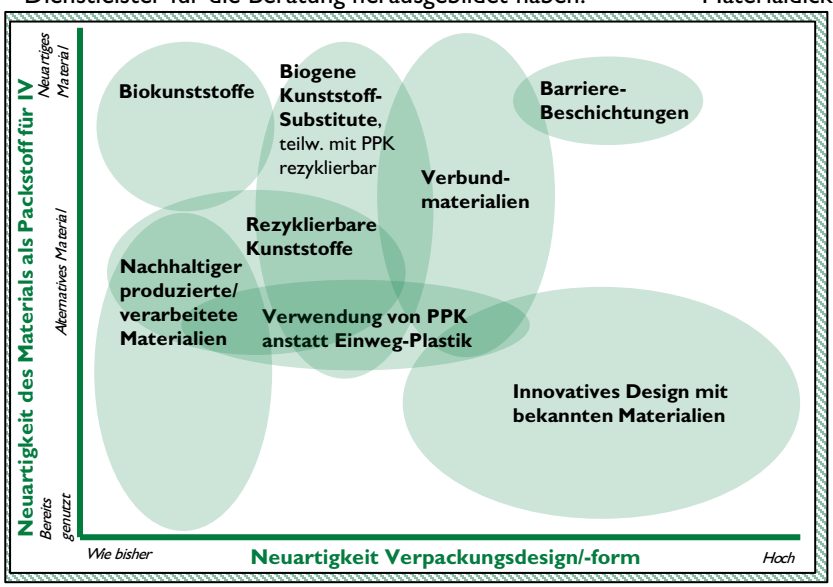
a) Weil es ein «neuartiges» Material ist, das als Materialinnovation für diese Art von IV eingesetzt werden soll und dabei nachhaltiger ist;
b) weil es ein alternatives Material ist, das bereits bei anderen IV weit etabliert ist und sich auch in dieser neuen Anwendung als nachhaltiger erweist;
c) weil das bereits genutzte Material auf nachhaltigere Weise hergestellt/verarbeitet wird.

Auch kann Regulatorik der Treiber sein. Sie nimmt für Verpackungen allgemein, und auch für IV zu, und reicht von Besteuerung bis zum Verbot von Materialien oder IV-Lösungen. Die vorausschauende Überlegung bei der Materialauswahl ist daher umso relevanter – gerade da sie bei einer IV angesichts der Entwicklungsaufwände oft über längere Zeit beibehalten wird. Dabei bestehen bei der Regulatorik selbst zwischen den EU-Staaten signifikante Unterschiede, weshalb sich spezialisierte Dienstleister für die Beratung herausgebildet haben.[1]

Arten von alternativen Materialien

Beständig wird eine grosse Menge an innovativen Materialien und Verpackungslösungen, auch für IV, beworben. Aus den Interessen des Konsortiums heraus wurde eine Vorausauswahl getroffen, die etwa die Anforderungen der chemischen Industrie nicht im Fokus hat. Dennoch fand sich eine beträchtliche Menge an alternativen Materialien, die zur ersten Orientierung wie unten abgebildet strukturiert werden können. Dabei ist unter «neuartig» der Vergleich mit den heute, aus der Praxis insbesondere der Konsortialpartner bekannten Materialien und Lösungen gemeint; es stellt keine Wertung dar, dass ein Material innovativer als das andere und deshalb nachhaltiger wäre. So konzentrieren sich auch die Use Cases auf die Verwendung von alternativen Materialien, während manche «neuartigen» Materialien noch mit Performance-Problemen zu kämpfen haben.

Die Vielzahl an Aktivitäten bei der Entwicklung von IV-Lösungen, die mit PPK rezykliert werden können, spiegelt wieder, dass dieses Recycling stärker etabliert ist als das von Kunststoffen (vgl. Kap. 5). Dazu zählen manche biogene Kunststoff-Substitute (z.B. Faserguss, Holzschäume; jedoch nicht alle). Verbundmaterialien umfassen insbesondere Biocomposites, d.h. Verbünde aus Kunststoffen und biogenen Materialien wie Holz. Barriere-Beschichtungen erlauben, Monomaterialien statt Materialgemischen zu verwenden oder die Materialdicke zu verringern, bei gleicher Performance.



Nachhaltiger produzierte/verarbeitete Materialien zeigen die Potentiale auf, die in effizienteren Produktionsprozessen liegen: So kann z.B. auch in einem etablierten Prozess wie der PPK-Herstellung Einsparungen im CF oder weiteren Umweltwirkungen, z.B. dem Wasserverbrauch, erzielt werden.

Auf Biokunststoffe, was verschiedene Materialien zusammenfasst, wird im Folgenden näher eingegangen, um daran beispielhaft die spezifischen Herausforderungen für den Einsatz alternativer Materialien bei IV aufzuzeigen.

Abbildung 9: Arten alternativer Materialien (Auswahl)

1: Ein Beispiel für einen spezialisierten Dienstleister ist z.B. das deutsche Unternehmen Interseroh+, das u.a. die Lizenzierungen für Unternehmen übernimmt, die je nach Land auch für IV notwendig sein können. Zur zunehmenden Regulation vgl. Beiträge von Verbandsvertretern, wie in Packaging Europe 2018, oder den aktuellen Entwurf der EU PPWD mit Zielen für die Verwendung von MW-Lösungen für verschiedene Arten von Transportverpackungen, Palettensicherung, oder für Produktgruppen wie grosse Haushaltsgeräte (zusammengefasst in Victory 2022).

Herausforderungen und Entwicklungen (I/II)

Biokunststoffe zeigen als viel diskutierte Materialalternative die Herausforderungen beim Einsatz für Industrieverpackungen beispielhaft auf. Anhand dessen werden hierfür die grundlegenden Herausforderungen und die Abhängigkeit von den spezifischen Anwendungsumgebungen diskutiert.

Begriffsbestimmung: Biokunststoffe
Der unscharfe Begriff «Biokunststoffe» umfasst Materialien, die aus biogenen Quellen anstelle fossiler stammen oder, unter bestimmten Bedingungen, biologisch abbaubar sind (vgl. die nächste Abbildung). Die Eigenschaften setzen bei unterschiedlichen CF-Treibern von IV an und adressieren dabei auch unterschiedliche Nachhaltigkeitsaspekte: Die Verwendung biogener Quellen verringert die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und führt häufig zu geringerem CF aus der Herstellung des Materials. Hingegen führt Bioabbaubarkeit zu einem anderen End of Life-Szenario – je nach Material der Abbaubarkeit unter industriellen Kompostierbedingungen oder (seltener) unter solchen, die in der Natur vorkommen – und adressiert damit insbesondere Littering.[1]

Herausforderung: Anwendungsumgebung
Diese Unterschiede zeigen auf, dass für jedes Material die Betrachtung der Anwendungsumgebung entscheidend ist, für welche dann der Gesamteffekt einer Umstellung bewertet wird. So kann Bioabbaubarkeit explizit gewünscht sein – etwa in landwirtschaftlichen Anwendungen, bei Litteringrisiko der Verpackung oder Transport in Regionen mit eingeschränkter Recycling-Infrastruktur für Kunststoffe. In etablierten Recycling-Streams können sie hingegen Probleme erzeugen, und für eigenständige Sammelfraktionen sind zu geringe Mengen im Umlauf.

Herausforderung: Performance
Etablierte Kunststoffe haben eine sehr lange Lernkurve hinter sich, entlang derer ihre Performance auf bestimmte Anwendungen optimiert wurde. Im Vergleich dazu kann z.B. Bioplastik Performance-Nachteile aufweisen.[2] Gerade für IV – die oft hohen Belastungen standhalten müssen – ist deshalb die hinreichende Performance eines alternativen Materials bzw. einer alternativen Verpackungslösung zentral.

Herausforderung: Ökonomische Tragbarkeit
Die Herstellkosten von Biokunststoffen sind, etwa angesichts der kürzeren Lernkurve und den geringeren Kapazitäten, höher als die etablierter Kunststoffe. Eine schnellere Angleichung wäre aus regulatorischen Änderungen zu erwarten. Bei Verpackungen, die (auch) zu Verbrauchern gelangen, kann ein Mehrpreis durch eine höhere Zahlungsbereitschaft oder generell eine höhere Attraktivität der Packung für den Verbraucher teilweise kompensiert werden – für den Einsatz bei IV stellt der höhere Preis neuartiger Materialien, nach Abzug z.B. von Einsparungen bei den Entsorgungskosten, oft eine Herausforderung dar.

Betrachtung des gesamten Lebenszyklus
Im Zusammenspiel dieser Herausforderungen ist es zentral, bei der Auswahl eines alternativen Materials für eine etablierte IV ihren gesamten Lebenszyklus zu betrachten – ihre Herstellung, ihre Verwendung mit den zahlreichen Schnittstellen zu anderen Prozessen im eigenen und anderen Unternehmen, sowie schliesslich ihr End of Life – und im Hinblick darauf die Verpackungswahl und -gestaltung zu optimieren.

So kann durch die verbesserte Abstimmung einer Verpackung auf diese Anforderungen, z.B. denen aus Transport und Produktion, viel für eine höhere Nachhaltigkeit getan werden: Etwa indem dadurch das Umpacken von einer Verpackung in eine andere vermieden wird. Dafür kann ein neuartiges Material entscheidend sein, es kann aber auch der «Prozesshebel» genügen: Etablierte Lösungen im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit zu hinterfragen und Alternativen zu finden.

Dabei kann es unterstützen, dass zunehmend eine Bereitschaft wahrgenommen wird, z.B. Abstriche beim immer gleichen Aussehen von IV zu akzeptieren – was z.B. den Einsatz von Rezyklat erschweren kann –, solange die Performance nicht eingeschränkt wird.

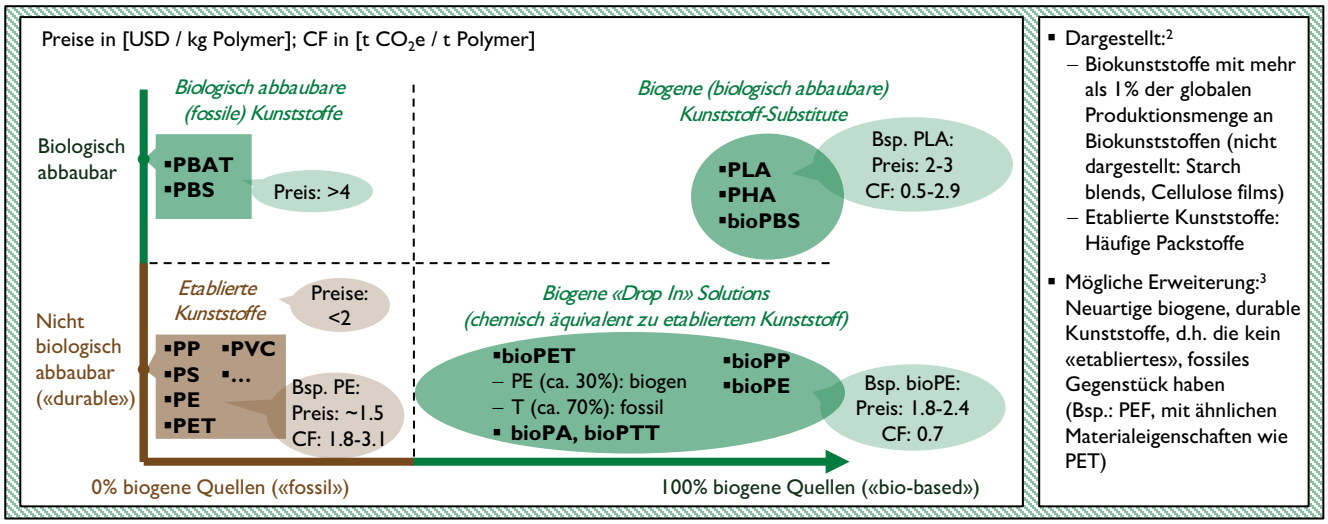
So wurde schliesslich in Recherche und Interviews vielfach die Meinung geteilt, dass mit den heute verfügbaren Materialien bereits eine signifikant verbesserte Nachhaltigkeit von IV möglich wäre – dafür sei nicht auf noch zu entwickelnde, gänzlich neuartige Materialien zu warten.

1: Überblicke in Rosenboom et al. 2022, (insb. bzgl. der End of Life-Optionen) Fredi/Dorigato 2021, sowie FNR 2020.

2: Fredi/Dorigato 2021, S. 160 sehen als Hauptgrund für den limitierten Einsatz von Bioplastik neben dem höheren Preis die «generally inferior mechanical properties compared to petrochemical plastics». Auch aus dem Bereich von IV sind Beispiele bekannt, wo die erhoffte Performance nicht geleistet werden konnte und die Produkte wieder von Markt genommen wurden. Dies ist weniger relevant bei den biogenen «drop-in» solutions, welche chemisch den etablierten Kunststoffen entsprechen.

Herausforderungen und Entwicklungen (II/II)

Abbildung 10: Überblick ausgewählter etablierter und Bio-Kunststoffe[1]



Verpackungen gelten jedoch insgesamt als «träges System», so eine wiederholte Formulierung in den Experteninterviews, und Veränderungen benötigen viel Zeit, etwa angesichts des Umstellungsaufwands durch die Schnittstellen zu anderen Prozessen. Dennoch sind sie, insbesondere schrittweise, möglich.

Implementierung alternativer Materialien

Die vorgestellten Good Practices zeigen auf, wie ökologische Verbesserungen bei den Packstoffen von IV konkret gelingen können: Durch Identifikation eines Verbesserungspotentials und möglicher Alternativen, umfangreiches Testen der neuen Lösung und zielgenaues Einführen. Dabei stehen bereits genutzte oder alternative Materialien im Fokus: Der «1:1» Ersatz einer nicht rezyklierbaren Einweg-Plastik-Lösung durch Papier, zusammen mit einem Umstieg auf lokale Beschaffung anstelle von Versorgungstransporten; die Verwendung von rezyklierbarem Monomaterial-Kunststoff anstelle eines Gemischs, nach ausgiebigem Test der Performance; sowie die Verwendung einer neuentwickelten IV aus PPK, die EPS ersetzt.

Die Use Cases demonstrieren, wie auch in den langläufigen Zyklen der IV in einem halben Jahr alternative Lösungen implementierungsreif entwickelt werden können. Der Rollout kann dann eine längere Zeit in Anspruch nehmen, durch das Aufbrauchen von Restbeständen bzw. durch das Einführen als Nachfolgelösung für defekte MW-Verpackungen.

Tabelle: Übersicht Use Cases zu «alternativen Materialien für Packstoffe»

Use Case	Anwendungsumgebung
Beschaffung von Gefahrgut-Labels	▪ Gefahrgut-Labels für den Transport von Batterien, als Bestandteil von sehr hochwertigen Messinstrumenten, häufig per Luftfracht ▪ Labels zwingend auf Transportverpackung anzubringen – Anforderungen: unter keinen Umständen Ablösen von der Transportverpackung; Wetterbeständigkeit; Wertigkeit des Labels
Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays	▪ Kunststoff-Trays für den Transport scharfkantiger Bauteile zwischen Zulieferern und den Werken, mit 18 kleinen, normierten Bauteilen je Tray ▪ Sehr hohe Anforderungen wegen Einsatz in der automatisierten Fertigung: wenig bis kein Abrieb; normierte Dimensionen für bestehende Logistikprozesse; Langlebigkeit
Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe als EPS-Ersatz	▪ Verpackung für den Transport von grossen, schweren, einzeln verpackten Packgütern per Landverkehr aus Deutschland nach DACH, insbesondere um Stossschutz zu gewährleisten ▪ Transport vom produzierenden Unternehmen zum Fachgrosshandel, von dort nach Lagerung an gewerbliche Kunden (Handwerker) und Entsorgung

1: Verwendete Quellen für Preise, CF der Materialien: Rosenboom et al. 2022, S. 124
2: Produktionsmengen Biokunststoffe vgl. European Bioplastics 2022, S. 1; Auswahl an etablierten Kunststoffen wie Rosenboom et al. 2022, S. 124
3: European Bioplastics 2022, S. 1 gibt für PEF einen erwarteten Produktionsstart 2023 an.

Steckbrief: Beschaffung von Gefahrgut-Labels (I/II)

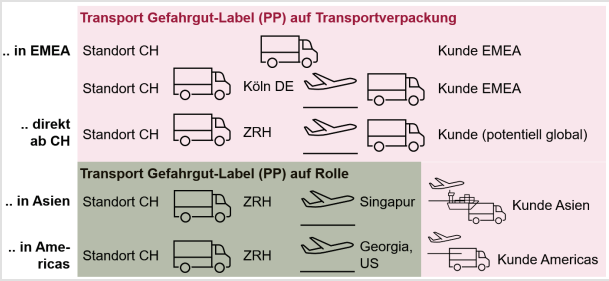
Hebel

Neue/ alternative Materialien

Anwendungsumgebung

- Gefahrgut-Labels für den Transport von Batterien, als Bestandteil von sehr hochwertigen Messinstrumenten, häufig per Luftfracht
- Labels zwingend auf Transportverpackung anzubringen – Anforderungen: unter keinen Umständen Ablösen von der Transportverpackung; Wetterbeständigkeit; Wertigkeit des Labels

Bisherige Verpackungslösung



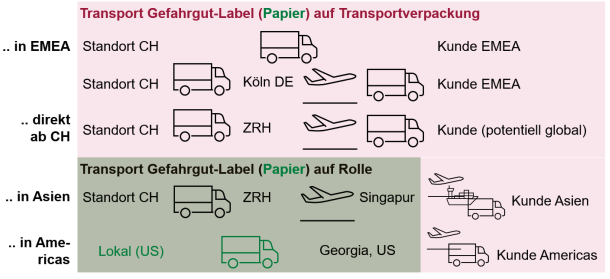
Wesentliche Supply Chains (vereinfacht)

- **Gefahrgut-Labels aus Polypropylen** (PP), mit schwerlöslichem Leim auf Karton-Transportverpackungen
- **Sourcing aller Labels durch die zentrale Logistikfunktion** in der Schweiz – dadurch gleiche Qualität weltweit
- Für Transporte aus Verteilzentren in USA und Singapur: Transport Labels aus der Schweiz auf Rollen via Luftfracht, als Teil der Regelbelieferung
- Entsorgung der Labels mit der Transport-verpackung, durch Empfänger

Herausforderungen für Verpackungslösung

Verunreinigung der einfach zu rezyklierenden Karton-Transportverpackung durch nicht ablösbares Gefahrgut-Label aus PP, das nicht weiterverwertet werden kann

Neue Verpackungslösung



Wesentliche Supply Chains (vereinfacht)

- **Material substituiert:** Gefahrgut-Labels neu aus Papier, vom gleichen Lieferanten – damit dem Papierrecycling zuführbar
- Tests der Label-Performance erfolgreich abgeschlossen
- Parallel **Reduktion von Transporten:** Weiterhin zentrales Sourcing in der Schweiz, von dort transportiert zu den globalen Verteilzentren; für Verteilzentrum in den USA: neu lokalen Hersteller identifiziert

Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
Umstellung auf neue Verpackungs-lösung	▪ Neue Labels: Performance-Tests erfolgreich, Beschaffung etabliert ▪ Lokale Beschaffung in USA etabliert	▪ Neue Labels global verwendet, nach Aufbrauchen der Altbestände ▪ Lokales Sourcing an allen Verteilzentren ausserhalb Europa, bei gleicher Qualität

Steckbrief:
Beschaffung von Gefahrgut-Labels (II/II)

Bewertung der neuen Verpackungslösung

Ökonomisch

- **Beschaffungskosten**
  - Geringer, durch geringeren Materialpreis; derselbe Lieferant, dadurch keine Änderung in der Beschaffungslogistik
- **Handlingkosten**
  - Gleiche Kosten, da 1:1 Ersatz (Anbringen des Labels)
- **Transportkosten**
  - Gleich, da Gewichtsschranke für höheren Preis nicht überschritten wird
- **Übrige Kosten**
  - Gleiche Kosten

Σ Beschaffung: -20 bis 25%

Ökologisch

- **CO_2e Footprint** (Global Warming Potential)**:**
  - **Produktion** der Labels: Geringer in der Materialherstellung (Papier statt PP), Verarbeitung gleich
  - **Transport:** Höher für Papierlabels, da ca. 25% schwerer und hoher Luftfrachtanteil (aber: Einsparung durch Sourcing in USA)
- **Kreislaufpotential:**
  - **Effektives Recycling**: mit Karton-Stoffstrom (zuvor: PP als Fremdstoff nicht rezykliert); wegen Leim nur teilweise möglich
  - **Anteil Rezyklat**: hoch bei Papier; zuvor 100% neues PP, kein Rezyklat

Σ CO_2e, p.a.: -11kg[1]/-210kg[2]

Bedrohungen/Risiken/Trends für die neue Verpackungslösung, wenn relevant:

- **Trend:** Entwicklung widerstandsfähigerer Papiere, ggf. mit (rezyklierbarer) Barrierebeschichtung
- **Trend:** Nachhaltigere Produktion der Labels
- **Bedrohung:** Aktuell leicht steigende Papier-Preise

Implementierung der neuen Verpackungslösung

Erfolgsfaktoren:
- «1:1 Ersatz», keine Prozessumstellung oder Anfangsinvestition nötig
- Verbrauchsmaterial: Umstellung einfach möglich ohne Anpassung einer Bill of Materials
- Gleicher Lieferant, dadurch Vertrauensverhältnis und vereinfachte Umstellung

Roadmap:
- Verpackungslieferanten proaktiv nach Alternativen fragen, z.B. zur Erfüllung von Design-Guidelines für Recycling (hier: Verwendung von Monomaterial)
- Performance-Test der neuen Lösung
- Bestände aufbrauchen, Nachfolgelösung einführen

Dauer: ca. 4-8 Monate (Alternativen identifizieren, Performance testen; dann Aufbrauchen der Lagerbestände)

Risiken → Mitigation:
- Nichterfüllung der Performance unter extremen, nicht getesteten äusseren Einflüssen → Risiko akzeptieren, Defekte aufnehmen; ggf. geringe Bevorratung PP-Labels für Extrembedingungen
- Negatives Kundenfeedback durch verändertes Label-Material → wo nötig, proaktive Kommunikation

Barrieren:
- Umfassender Performance-Test, da der Transport der hochwertigen Packgüter auf keinen Fall durch Ablösen der Labels beeinträchtigt werden darf
- *Für lokales Sourcing zur Reduktion von Transporten:* Anforderungen hinreichend genau zu spezifizieren, um diese lokal zu überprüfen

Übertragbarkeit der neuen Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:
- Überall, wo Labels angebracht und erst nach dem Transport wieder abgelöst werden müssen
- Jegliches Material, das auf eine Kartontransport-Verpackung geklebt wird (z.B. Dokumententaschen)
- Unnötige Verwendung von Materialien-Mixen anstelle von (rezyklierbarem) Monomaterial

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:
- Überall, wo «etablierte Lösungen» noch nicht hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit hinterfragt wurden und damit «Low Hanging Fruits» bestehen

1: Umstellung Material, inkl. biogenes CO_2; ohne Effekt aus End of Life (noch vorteilhafter, je nach Empfangsland)
2: Inkl. lokalem Sourcing USA

Steckbrief BOSCH: Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays (I/II)

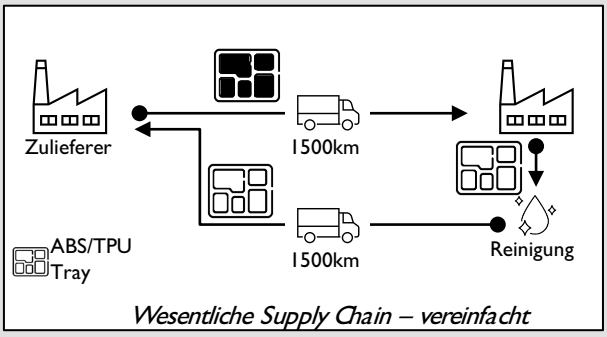
Hebel

Neue/ alternative Materialien

Anwendungsumgebung

- Kunststoff-Trays für den Transport scharfkantiger Bauteile zwischen Zulieferern und den Bosch-Werken, mit 18 kleinen, normierten Bauteilen je Tray
- Sehr hohe Anforderungen wegen Einsatz in der automatisierten Fertigung: wenig bis kein Abrieb; normierte Dimensionen für bestehende Logistikprozesse; Langlebigkeit

Bisherige Verpackungslösung



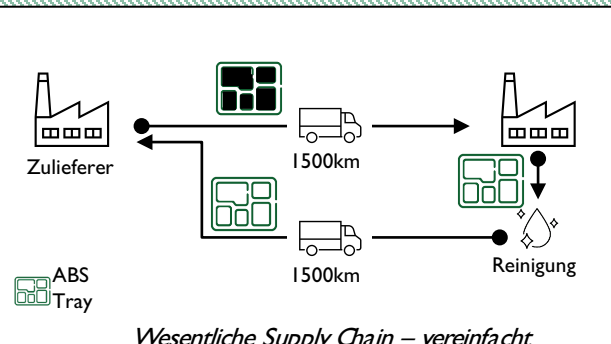
Wesentliche Supply Chain – vereinfacht

- Für scharfkantige Packgüter: Generell **Kunststoff-Trays aus einer ABS/TPU Mischung** im Einsatz, aufgrund Schutzeigenschaften gegen Abrieb
- Langlebige Trays, wenige Ausfälle in den letzten Jahren
- Häufig Entsorgung der Trays nach Projektende notwendig, da projektspezifisch ausgelegt
- Keine Lösung für das Recycling der Trays, da ABS/TPU als Kunststoffgemisch schwer bis nicht recyclebar ist

Herausforderungen für Verpackungslösung

Ersetzen der ABS/TPU-Trays durch (mindestens) gleich performante, nachhaltigere Verpackungslösung, die insbesondere rezyklierbar sein sollte

Neue Verpackungslösung



Wesentliche Supply Chain – vereinfacht

- **Mögliche alternative Monomaterial-Kunststoffe identifiziert**, als zukünftiger Ersatz der ABS/TPU-Trays
- **Umfangreiche Performance-Tests,** einschliesslich neuartiger Testverfahren auf Restschmutz, um Materialausschuss zu minimieren
- Defekte Trays werden insbesondere in der Reinigung identifiziert und können dort stofflich getrennt entsorgt werden

Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
Umstellung auf neue Verpackungs-lösung	▪ Verschiedene Monomaterial-Kunststoffe in umfangreichen Tests, um Performance sicherzustellen	▪ Neue Trays als Ersatz für defekte ABS/TPU Trays ▪ Einsatz des neuen Materials auch in vergleichbaren Anwendungsumgebungen

Steckbrief BOSCH: Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays (II/II)

Bewertung der neuen Verpackungslösung

Ökonomisch

- **Beschaffungskosten**
  - Geringer, durch geringeren Materialpreis
- **Handlingkosten**
  - Gleiche Kosten, da «1:1» Ersatz
- **Transportkosten**
  - Gleiche Kosten
- **Übrige Kosten**
  - Gleiche Kosten

Σ Beschaffung, je nach Material: -20% bis -50%

Ökologisch

- **CO_2e Footprint** (Global Warming Potential)**:**
  - **Produktion** der Trays: Geringer in der Materialherstellung
  - **Transport:** Gleich bis geringer (Gewichtsunterschied, je Material)
- **Kreislaufpotential:**
  - **Effektives Recycling**: Höher, da Monomaterial in industriellem Stoffkreislauf rezykliert werden kann – ABS/TPU nicht
  - **Anteil Rezyklat**: je Material gleich bis höher (heute für ABS bereits teilweise Rezyklat genutzt)

Σ CO_2e, p.a.: bis zu -6'100 kg[1]

Bedrohungen/Risiken/ Trends für die neue Verpackungslösung, wenn relevant:

- **Risiko:** Verringerte Langlebigkeit der Lösung, die in Tests nicht vorhergesehen werden kann und sich erst im Einsatz zeigt

Implementierung der neuen Verpackungslösung

Erfolgsfaktoren:
- «1:1 Ersatz», keine Prozessumstellung nötig
- Für CF zentrale Faktoren identifizieren und bei Materialauswahl beachten, bei langlebiger Mehrweg-Anwendung z.B. Gewicht (hohe Rotation der Trays mit weiten Transportwegen, dadurch hohe Transportleistung über den Lebenszyklus hinweg)

Roadmap:
- «Legacy»-Verpackungen identifizieren, die noch nicht bzgl. ihrer Nachhaltigkeit hinterfragt wurden
- Alternative Materialien einholen und auf Performance testen (Simulation LKW-Fahrten, Restschmutzprüfung)
- Als Ersatzbeschaffung bei Defekt in Kreislauf einführen

Dauer: ca. 6 Monate (Alternativen identifizieren, Performance testen, Produktion neuer Trays organisieren)

Risiken → Mitigation:
- Neuartige Lösung wird als «Ersatz» wahrgenommen und die derzeit benutzten, noch intakten ABS/TPU Trays dafür vorzeitig aus Gebrauch genommen
  → Mischbetrieb ermöglichen

Barrieren:
- Umfassender Test der Performance-Anforderungen benötigt spezifisches Equipment

Übertragbarkeit der neuen Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:
- Anwendungsumgebunden, in denen ABS/TPU eingesetzt wird, obwohl Monomaterialien angesichts der erwarteten Belastungen genügen würde
- Unnötige Verwendung von Materialien-Mixen anstelle von (rezyklierbarem) Monomaterial

.. auf weitere Unternehmen/Branchen :
- Überall, wo «etablierte Lösungen» noch nicht hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit hinterfragt wurden – Materialreduktion und -vereinfachung fortwährend zu verfolgen angesichts neuer Anforderungen und Lösungen

1: Umstellung aller Trays in der Anwendungsumgebung; Lebenszeit gemäss Lastenheft; ohne Effekt aus End of Life (noch vorteilhafter durch Recycling)

Steckbrief Smurfit Kappa: Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe als EPS-Ersatz (I/II)

Hebel

Neue/ alternative Materialien

Anwendungsumgebung

- Verpackung für Transport von grossen, schweren, einzeln verpackten Packgütern (Boilern) per Landverkehr aus Deutschland nach DACH, insb. um Stossschutz zu gewährleisten
- Transport vom produzierenden Unternehmen zum Fachgrosshandel, von dort nach Lagerung an gewerbliche Kunden (Handwerker) und Entsorgung

Bisherige Verpackungslösung

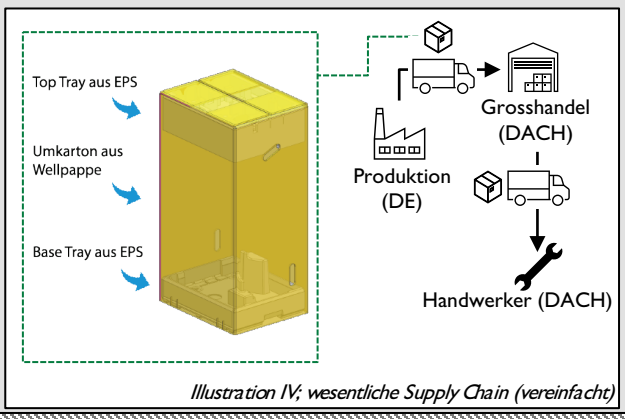


Illustration IV; wesentliche Supply Chain (vereinfacht)

- Um Packgut an der Stelle zu halten und Stossschutz zu gewährleisten: Inlay aus zwei passgenauen Stücken aus expandiertem Polystyrol (EPS) innerhalb einer Karton-Umverpackung
- Bei industriellen Empfänger (Fachgrosshandel) kann sortenreines EPS teilweise einem Recycling zugeführt werden; bei Handwerksbetrieben nur sehr begrenzt

Herausforderungen für Verpackungslösung

Nachhaltigere Alternative für EPS als Packhilfsmittel, die an den Fachgrosshandel und weiter an Dienstleister transportiert werden und dort nach Entsorgung recycelt werden können

Neue Verpackungslösung

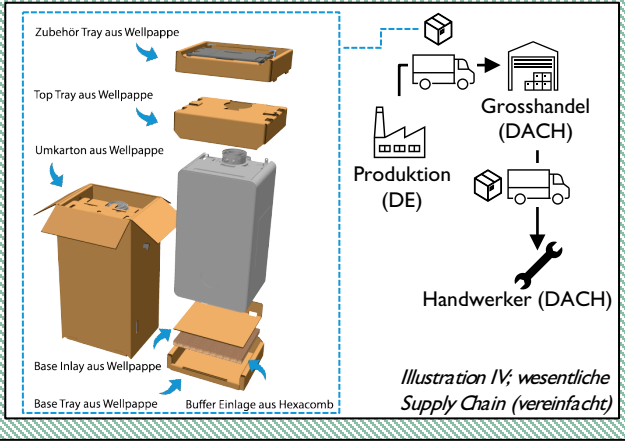


Illustration IV; wesentliche Supply Chain (vereinfacht)

- Um Packgut an der Stelle zu halten und Stossschutz zu gewährleisten: Inlay aus «Hexacomb»-Wabenpappe als Stossschutz und Wellpappentrays innerhalb einer Karton-Umverpackung
- Sehr gute Schutzeigenschaften für das Packgut, zusätzlich Aufbewahrung für Zubehör
- Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe werden aus FSC-zertifiziertem Papier hergestellt und sind mit Umverpackung vollständig als Monomaterial via Papp-/Karton-Stoffstrom recyclebar, d.h. sowohl für industrielle Empfänger (Grosshandel) als auch für Handwerksbetriebe

Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
Umstellung auf neue Verpackungs-lösung	▪ Verpackungsdesign abgeschlossen ▪ Performance-Tests erfolgreich	▪ Umstellung aller Verpackungen ähnlicher Bauart auf recyclebare Hexacomb/ Wellpapp-Verpackung

Steckbrief Smurfit Kappa: Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe als EPS-Ersatz (II/II)

Bewertung der neuen Verpackungslösung

Ökonomisch

- **Beschaffungskosten**
  - Ähnliche Gesamtkosten erwartet (einschl. Einsparung bei Inbound-Logistik durch Stapelbarkeit; geringere Werkzeugkosten)
- **Handlingkosten**
  - Reduktion Zeit für das Handling, Lagerfläche
- **Transportkosten**
  - Ähnliche Transportkosten erwartet
- **Übrige Kosten**
  - Gleiche Kosten erwartet

Ökologisch

- **CO_2e Footprint** (Global Warming Potential)**:**
  - **Produktion:** Geringerer CF pro kg Material, dafür höheres Gewicht
  - **Transport:** Leicht erhöhter CF durch höheres Gewicht (wobei Einsparungen aus Produktion und End of Life mehr als 15x höher sind)
  - **End of Life:** Geringerer CF durch höheren Anteil Recycling
- **Kreislaufpotential:**
  - **Effektives Recycling**: Auch bei Handwerksbetrieben als Monomaterial sortenrein mit Papp-/Karton-Entsorgung recyclebar
  - **Anteil Rezyklat**: EPS-Rezyklatanteile sehr gering; bei PPK sehr hoch

$\sum$ CO_2e, p.a.: -99t (-46%)[1]

Bedrohungen/Risiken/Trends für die neue Verpackungslösung, wenn relevant:

- **Risiko:** Volatilität Altpapierpreise als Input-Material

Implementierung der neuen Verpackungslösung

Erfolgsfaktoren:

- Verpackung mit einfacherem Recycling auch für kleinere gewerbliche Kunden
- Hoher Produktschutz gewährleistet
- Möglichkeit zu «Design Sprint» mit individuellem Prototyp binnen einer Woche

Roadmap:

- Workshop, um Pains des Kunden zu identifizieren und geeignete Wellpapp-/Hexacomb-Lösung zu finden, u.a. mittels «Innobook», das bereits bestehende Designs enthält
- Analyse der Anforderungen in der Lieferkette mittels digitaler Tools (SupplySmartAnalyser: Analyse von Kosten; Carbon Footprint; Kreislaufpotential)
- Erstellung Muster und Test durch die Supply Chain
- Nachjustierungen falls nötig

Dauer: ca. 1-6 Monate (je nach Komplexität)

Risiken → Mitigation:

- Hohe Preisvolatilität auf dem Markt → aufgestellt als integriertes Unternehmen, mit eigenen Wäldern, Papierherstellungs- und Recyclingwerken, Netzwerk an Fachwissen/ Austausch zwischen den Werken

Barrieren:

- Prozessumstellung/Produktneueinführung – vollautomatisierte Packlinien, die auf EPS ausgerichtet sind, müssten umgestellt werden

Übertragbarkeit der neuen Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:

- Kleine Losgrössen, wo die Investition in ein Werkzeug einen signifikanten Teil der Kosten ausmacht
- Bei hohen Anforderungen an den Produktschutz
- Wo Thermoschutz benötigt wird
- Bei Platzproblemen am Entsorgungspunkt, wegen einfacher Komprimierbarkeit der Waben-/Wellpappe

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:

- Wo Faltbarkeit in der Beschaffungslogistik einen Vorteil bietet (Bsp.: «Thermoboxen», die andernfalls starr ausgeführt werden und nicht komprimierbar sind)
- Bei hohem Produktschutz für zerbrechliche, fragile oder elektronische Güter
- Bei Verpackungen mit Konsumenten-Kontakt, aufgrund einfacherer Entsorgung

1: Bei Ausrollen auf alle vergleichbaren Verpackungen desselben Versenders: -250t

Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

Die drei Use Cases zeigen exemplarisch Hebel auf, um die Nachhaltigkeit von IV durch Änderungen an ihrem Design, Material oder dessen Beschaffung zu verbessern. Die zugrunde liegenden Ansätze werden deshalb strukturiert und um solche aus Literatur und Interviews sowie Beispielen ergänzt.[1]

Die Nachhaltigkeit einer Massnahme hängt dabei stets von der konkreten Anwendungsumgebung mit ihren wesentlichen CF-Treibern ab. Die Use Cases zeigen jedoch auf, dass heute noch «Low Hanging Fruits» existieren – es gilt, auch «etablierte» IV-Lösungen zu hinterfragen. Dabei kann der Verpackungslieferant durch den Hinweis auf nachhaltigere Material-Alternativen eine wichtige Rolle spielen. Überschneidungen zu den anderen Themenclustern (Recycling, Mehrweg) sind farblich hervorgehoben.

Tabelle: Mögliche Nachhaltigkeitshebel im Cluster «Alternative Materialien», mit relevanten Treibern und Beispielen für IV

Nachhaltigkeitshebel	Treiber	Beispiele für IV / Anwendungsumgebungen
Reduzieren (oder eliminieren) von Verpackungsmaterial und Transporten, **durch Anpassung von Prozess, Material oder Design**	Reduktion CF aus **Beschaffung PM/PHM;** aus **Transport**	▪ IV, durch die Umverpacken vermieden wird, dank Abstimmung auf die Anforderungen von Produktion und Transport oder neue Materialien, z.B. Stretchfolie mit Zulassung für Ex-Bereich ▪ IV, die gleiche Performance durch weniger Material erreichen, z.B. dünnere Schrumpffolie, Korrosionsschutzfolie mit kontrollierter Wirkstoffabgabe ▪ IV, die durch passgenaueres Design («weniger Luft») eine höhere Volumenauslastung im Transport ermöglichen ▪ Lokales Sourcing, z.B. bei standardisierten P(H)M, s. Use Case «Beschaffung Gefahrgut-Labels»
Substituieren etablierter Lösung mit gleichem Material aus **nachhaltigerer Herstellung/ Verarbeitung**	Reduktion CF aus **Beschaffung PM/PHM**	▪ Biogene «drop-in solutions» (z.B. bioPP) statt fossilem Plastik ▪ Kunststoffe mit Rezyklatanteil ▪ Beschaffung bei Herstellern mit nachhaltigerer Produktion (tieferem CF), z.B. höherer Energieeffizienz
Substituieren etablierter Lösung mit **neuartigem Material** mit geringerem CF in der Herstellung	Reduktion CF aus **Beschaffung PM/PHM**	▪ Biogene Materialien zum Ersatz von Kunststoffen: z.B. PLA, Inlays aus Mycel (pilzbasiert) ▪ Verbundmaterialien aus (Bio-)Kunststoff und Holz
Substituieren etablierter Lösung mit **alternativem, durch PPK-Stoffstrom besser rezyklierbarem Material**	Reduktion CF aus **Beschaffung PM/PHM; End of life**	▪ Mit PPK-Recycling verträgliche, neuartige IV-Materialien wie Faserguss oder Holz-Schaum statt EPS ▪ IV mit neuartigem Design auf PPK-Basis, s. z.B. Use Case «Hexacomb-Wabenpappe… als EPS-Ersatz» ▪ «1:1» Ersatz von Kunststoff-IV durch Monomaterial-PPK: s. z.B. Use Case «Beschaffung Gefahrgut-Labels»
Substituieren etablierter Lösung mit ähnlichem, aber **besser rezyklierbarem** Material/ rezyklierbarer Verpackungslösung	**End of life**	▪ Monomaterial statt Kunststoffgemisch, s. z.B. Use Case «Rezyklierbare MW-Kunststoff-Trays» ▪ Monomaterialien durch Barrierebeschichtung ▪ Verwendung unvernetzter statt vernetzter Polymere (z.B. für PE-Schäume) ▪ *S. Nachhaltigkeitshebel «Befolgen von Recycling-Guidelines»*[2]
Substituieren etablierter Lösung mit **Material/IV-Design, das einfache MW-Lösung** erlaubt	Reduktion CF aus **Beschaffung PM/PHM**	▪ MW-Hauben für Paletten/Rollbehälter ▪ MW-Kunststoffbox, die wie EW-Kartonage in Fertigungslinien funktioniert ▪ MW-Kunststoffverpackungen für KEP-Transport

1: Eine Liste an konkreten, in Frage kommenden Materialien findet sich im Kapitel 7, mit Rückgriff auf Erkenntnisse aus allen drei Themenclustern.
2: Themencluster «Verbessertes Recycling»



5. Themencluster II: Verbessertes Recycling



Motivation und Stand

Ein wesentlicher Nachhaltigkeitshebel, auch bei der Bewertung alternativer Materialien, ist das Recycling von Industrieverpackungen. Ziel ist es, nicht vermeidbare Packstoffe möglichst lang im Kreislauf zu halten und so geringere Umweltwirkungen zu erzeugen als durch das Herstellen von Industrieverpackungen basierend auf frischem («virgin») Material. Um hier anzusetzen, sind theoretische und praktische Rezyklierbarkeit von der effektiven Recyclingquote zu unterscheiden.

Motivation und Bedeutung «Recycling»
In der europäischen Abfallhierarchie wird das Recycling angemahnt für Packstoffe, die weder vermieden (Nachhaltigkeitshebel «Reduzieren oder eliminieren von Verpackungsmaterial»), noch im Rahmen einer MW-Lösung als Verpackung wiederverwendet werden können. Begrifflich wird im Rahmen dieser Studie auf das werk- und rohstoffliche («Material»-)Recycling abgezielt, das eine entsorgte Verpackung verwertet: Entweder in Form einer Wiederverwertung, also dem Einsatz des Rezyklats für die gleiche Anwendung, oder in Form einer Weiterverwertung, bei der das Rezyklat für eine andere, auch qualitativ weniger anspruchsvolle Anwendung genutzt wird («Downcycling»), jedoch nicht durch Verbrennung.[1] In der ökologischen Bewertung des Recycling ist dieses z.B. für Kunststoffe nicht nur hinsichtlich des Kreislaufpotentials, sondern auch hinsichtlich des CF üblicherweise einer Verbrennung vorzuziehen.[2] Dabei spielt auch die Qualität des Recyclinginputs eine zunehmende Rolle, um die Qualität des Rezyklat sicherzustellen. Auch hierfür weisen gerade IV ein hohes Potential auf: So treten sie häufig sortenrein auf, weshalb sie z.B. im PPK-Recycling als sehr gute Altpapierquelle gelten.

Begriffe «Rezyklierbarkeit», «Recyclingquote»
Um die Nachhaltigkeitshebel für IV durch verbessertes Recycling aufzuzeigen, ist die unten abgebildete Unterscheidung zwischen «prinzipieller» und «praktischer Rezyklierbarkeit» und dem «effektiven Recycling» hilfreich. Die effektive Recyclingquote zu erhöhen stellt (in vielen Anwendungsumgebungen) eine Verbesserung der Nachhaltigkeit dar – sie setzt aber die prinzipielle und praktische Rezyklierbarkeit voraus.

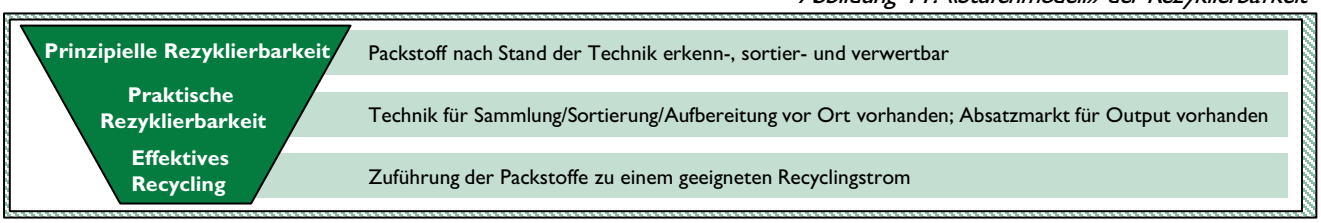
Stand: Prinzipielle Rezyklierbarkeit von IV
Bei wichtigen IV-Packstoffen ist die prinzipielle Rezyklierbarkeit nur in wenigen Fällen entscheidend – nach Stand der Technik wären sehr viele verwendete Packstoffe rezyklierbar. Wichtige Ausnahmen sind:[3]

- Elastomere/Duromere, insbesondere vernetzte Kunststoffe (Bsp.: vernetzte PE-Schäume)
- Kunststoffgemische, wie ABS/TPU (wie im Use Case «Rezyklierbare MW-Kunststoff-Trays»), aber auch Gemische von Kunststoff mit PPK
- Verunreinigte Verpackungen

Bereits beim IV-Design wird so durch Verzicht auf diese Materialien das Recycling-Potential erhöht.

Stand: Praktische Rezyklierbarkeit von IV
Häufig stellt die praktische Rezyklierbarkeit eine Herausforderung dar. Sie wird in der Literatur mit Fokus auf Verpackungen aus Privathaushalten definiert, wo die Sammlung extern gegeben ist: Bei IV, wo die Empfänger häufig gewerblich sind und ihre Entsorgung bilateral mit Dienstleistern organisieren, kann darauf aktiv Einfluss genommen werden. Dennoch stellt die Verfügbarkeit vor Ort, z.B. von Recycling-Kapazität, eine Herausforderung dar. Nach der Sammlung ist dann die Identifizierbarkeit der Materialien für ihre Sortierbarkeit eine wesentliche Voraussetzung.

Abbildung 11: «Stufenmodell» der Rezyklierbarkeit[4]



1: Die Studie folgt der Nomenklatur z.B. des deutschen KrWG; die VDI 2243 kennt auch ein «Produktrecycling», das Wiederverwendung (für IV: MW-Systeme) und Weiterverwendung umfasst, und würde das Recycling im Sinne dieser Studie als «Materialrecycling» davon abgrenzen.
2: Für die ökol. Bewertung, vgl. Orth et al. 2022, S. 146-151, worin Kunststoff-Recycling allgemein analysiert wird. Relevante Ausnahme stellt die Müllverbrennung in Zementwerken als Kohleersatz dar. Um Recycling insbesondere im Rahmen von LCA-Berechnungen zu berücksichtigen, gibt es mehrere Ansätze, die verschiedene «umweltpolitische Priorisierungen» abbilden, s. Fraunhofer UMSICHT/IBP 2022, S. 15.
3: Vgl. Fraunhofer CCPE, S. 55. Für Polystyrol wird insb. die Sammlung/Sortierung als Problem angegeben, für den mechanischen Recycling-Prozess von Polystyrol vgl. z.B. Christiani/Beckamp 2020, S. 149, sowie diverse Recyclingdienstleister/Hersteller.
4: Begriff aus Pomberger 2021, S. 29. Die hier genutzten Definitionen sind angelehnt an Fraunhofer CCPE 2022, S. 57, Swiss Recycling 2022, sowie Pomberger 2021, S. 29, der prinzipielle R. aufteilt in «theoretische» R. (Werkstoff) und «technische» R. (Erkennung, Sortierung). Die Verbände APR und PRE haben eine globale Definition der R. für Plastik beschlossen, die jedoch unschärfer ist als die hier vorgestellte (RecyClass 2022).

Herausforderungen und Entwicklungen (I/II)

Die effektive Recyclingquote verbessern können neuartige Verfahren, welche die prinzipielle Rezyklierbarkeit erhöhen, sowie Fortschritte bei der praktischen Rezyklierbarkeit oder eine Erhöhung des effektiven Recyclings. Im Folgenden werden ausgewählte Entwicklungszüge für die jeweiligen Herausforderungen dargestellt.

Prinzipielle Rezyklierbarkeit: Neue Verfahren
Forschung findet zur Verbesserung verschiedener Schritte der Recycling-Technik, insbesondere für Kunststoffe, statt: Dazu gehört verbesserte Sortier- und Sensortechnik, die in der Lage wäre, mehr Materialien zu erkennen und zu trennen.[1] Grosse Änderungen würden sich aus dem Ausrollen des «Chemischen Recyclings» ergeben, das Verfahren umfasst, die eine rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen in ihre Grundbausteine ermöglichen. Sie sollten insbesondere dazu in der Lage sein, Kunststoffgemische und verunreinigten Kunststoff zu verwerten, erfordern jedoch einen hohen Energieaufwand. In den nächsten 5-10 Jahren sahen Studien, die vor der Erschütterung der Energiemärkte 2022 abgeschlossen wurden, einen signifikanten Rollout vor allem in Europa und Nordamerika als möglich an. Nachdem viele, teilweise auch sehr grosse Projekte angekündigt wurden, wurden einige bereits wieder zurückgezogen. Aktuell sind in Westeuropa Werke in Planung, die bis 2025 einen zweistelligen Prozentsatz zur Plastik-Recycling-Kapazität in diesen Ländern beitragen könnten. Es scheint fraglich, ob sich die prinzipielle Rezyklierbarkeit dadurch flächendeckend ändern wird – angesichts des Energieaufwands ist auch die Nachhaltigkeit jeweils zu prüfen.[2]

Auch an weiteren Verfahren wie einem biologischen Recycling auf Basis von Enzymen wird aktiv geforscht: Dies soll erlauben, Kunststoffe ohne den Energieaufwand des Chemischen Recyclings in ihr Ausgangsmaterial zu zerlegen, in «virgin»-Qualität. Die Methode ist im Wesentlichen für PET, aufgrund dessen besonderer chemischer Struktur, in der Entwicklung, wo sie vielversprechende Ergebnisse zeigt. Auch dort ist die Herausforderung insbesondere, den Prozess auf grosse Mengen zu skalieren und dabei eine tatsächliche Verbesserung der Nachhaltigkeit zu erzielen. Eine weitere Entwicklung kann die verbesserte Separierbarkeit von Verbundverpackungen darstellen, z.B. durch neue Klebstoffe.

Praktische Rezyklierbarkeit: Kapazitäten
Auch wenn zukünftig mehr Arten von Packstoffen prinzipiell rezyklierbar sein können, bleibt die Herausforderung bestehen, sie diesem Recycling auch zuzuführen. Gerade für Unternehmen, die global versenden, bedeutet dies sich mit den Recycling-Möglichkeiten vor Ort auseinandersetzen zu müssen. Dazu ist die Datenlage allerdings sehr intransparent. So finden sich für das Recycling von Plastik-Verpackungen meist nur aggregierte Werte, die «Plastik» – nicht getrennt nach den einzelnen Kunststoffen – in einem gesamten Land darstellen. Die vereinzelten Überblicksquellen (z.B. von der World Bank) machen deutlich, wie wenig Daten es gibt. Eine Auswertung dieser Datenquellen für das Recycling von Plastikverpackungen für die im Konsortium priorisierten Länder zeigt auf, dass die Recyclingquoten in vielen Ländern tief oder sehr tief (weniger als 40 / 20 Prozent) sind. Kein Land erreicht eine Quote über 80 Prozent. Dabei gilt es zu beachten, dass diese Durchschnittswerte insbesondere das Bild von Konsumverpackungen wiedergeben werden.

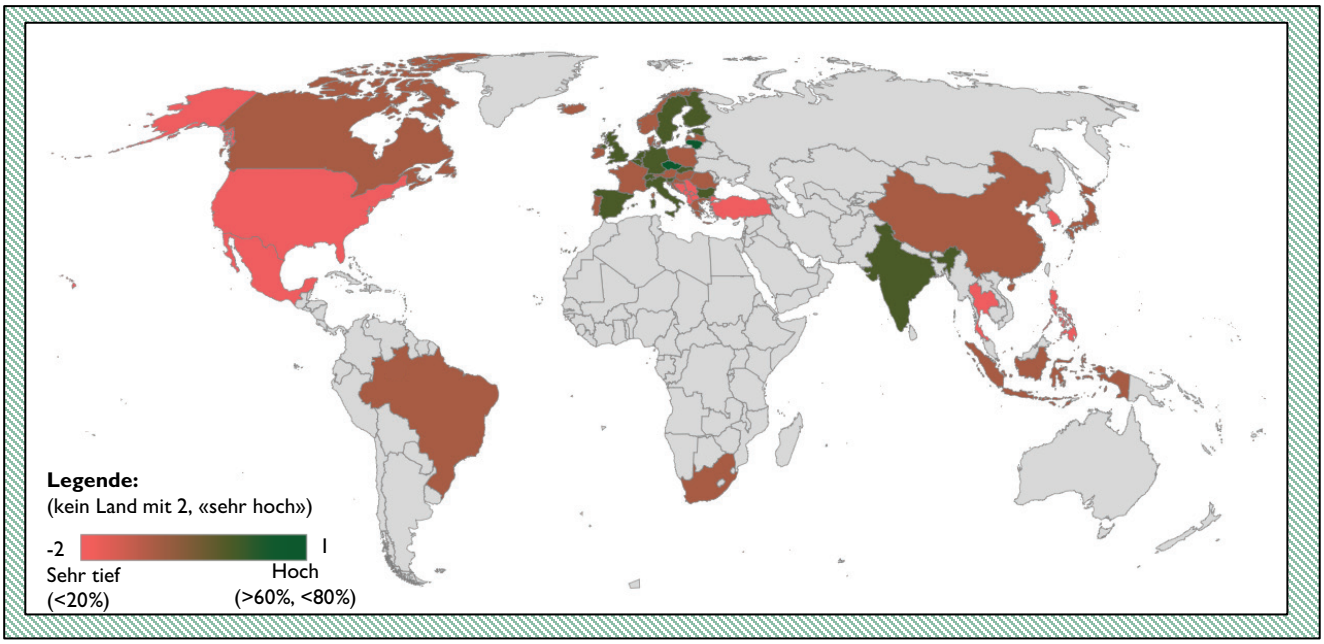
Für das PPK-Recycling, das eine geringere Stoffvielfalt aufweist als das Recycling von «Kunststoffen», werden in vielen Ländern (sehr) hohe Recyclingquoten erzielt – bei den in der Abbildung untersuchten Ländern etwa über 70 Prozent. Wesentliche Ausreisser nach unten stellen Süd(ost)asien, Nicht-EU-Südosteuropa, Mexiko sowie die Türkei dar, wobei z.B. für die Türkei und einige asiatische Länder Zuwächse beobachtet werden.[3] Dabei stellt die Zunahme von Störstoffen im PPK-Recyclingprozess eine Herausforderung dar, wenn die Menge an PPK-Kunststoff-Gemischen als Ersatz reiner Kunststoff-Verpackungen zunimmt.

Die Kapazität sagt dabei noch nichts darüber aus, wie effizient das Recycling geschieht – so gibt es z.B. auch im PPK-Recycling Unterschiede in der ökologischen Nachhaltigkeit, durch die Maschinen oder die Logistik.

1: Vgl. etwa das Fraunhofer «Leitprojekt Waste4future», in dem derzeit sieben Fraunhofer-Institute kollaborieren.
2: Umfassender Überblick in ECHA 2021; wesentliche Vorteile vgl. ebd., S. 82f. Zu Vor- und Nachteilen vgl. Solis/Silveira 2020, S. 134. Ausblick über die nächsten 5-10 Jahre vgl. de Mello Soares et al. 2022, S. 8. Projektkapazitäten bei Maisels et al. 2021, Supporting Information, ergänzt um Medienberichte; verglichen mit Recyclingkapazitäten aus Plastics Recyclers Europe 2020, S. 6. Zu zurückgezogenen Projekten vgl. Berichte bei Reuters (Brock et al. 2021). Eine vorteilhafte Ökobilanz, allerdings nur bezogen auf «Food Grade Film», gibt Sphera 2022.
3: Quellen: Eurostat 2022a (Scope: PPK-Verpackungen) für die EU, NO; Einzelländer- und regionale Daten in Environmental Paper Network 2018 (Scope: PPK allgemein) für CN, BR, ZA, US, CA, CH, UK, JP; für TR vgl. Tutus/Çiçekler 2018; übrige Länder nach World Bank 2018 (Scope: Recycling allgemein). Granulare Daten für PPK können bei Datendienstleistern wie RISI Fastmarkets kostenpflichtig bezogen werden.

Herausforderungen und Entwicklungen (II/II)

Abbildung 12: Recyclingquoten für Plastikverpackungen in ausgewählten Ländern[1]



Praktische Rezyklierbarkeit: Markierung der PS
Insbesondere wenn die Sammlung im informellen Sektor stattfindet, aber auch bei der Zuordnung von Materialien in den richtigen Entsorgungsstrom in Ländern mit etablierten Sammelinfrastrukturen ist die fehlende Erkennbarkeit, was für Materialien für eine IV verwendet wurden, hinderlich. Hier setzen verschiedene Techniken zur Materialkennzeichnung an.[2]

Erhöhung des effektiven Recyclings
Auch wenn prinzipielle und praktische Rezyklierbarkeit gegeben sind, ist eine IV schliesslich auch tatsächlich dem Recycling zuzuführen. Das erfordert darauf ausgerichtete intralogistische Prozesse, die etwa an den Anfallstellen die Stoffsammlung und -trennung ermöglicht. Hier sind oftmals organisatorische Veränderungen der wesentliche Hebel.

Des Weiteren können Massnahmen zum Schliessen von Stoffkreisläufen eine Rolle spielen. So bieten manche Hersteller die Rücknahme ihrer IV an – es entstehen aber auch ganz neue Geschäftsmodelle, welche aktiv den Kreislauf schliessen. Diese verstärkte Zusammenarbeit von Partnern, wo neben Wissen über Abfallverwertung und Rohstoffhandel häufig auch die Logistik zentral ist, wird so als Kernstossrichtung bei dem Weg hin zu einer Kreislaufwirtschaft geführt.[3]

Vielfach scheitert das Recycling also an der Organisation, nicht am Material: Sowohl intern, als auch mit externen Partnern. Die identifizierte «Good Practice» zeigt dafür ein neues Potential in der Gegenwart auf: PET-Umreifungsbänder sind bereits ein Stoffstrom mit einer hohen Sortenreinheit, der also sehr gut rezyklierbar wäre – jedoch in den seltensten Fällen gesammelt, und deshalb verbrannt wird.

Tabelle: Übersicht Use Case zu «verbessertem Recycling»

Use Case	Anwendungsumgebung
Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungsbändern	▪ Bänder zur Umreifung von Paletten, um diese beim Transport zusammenzuhalten und dafür hohe Reissfestigkeit aufweisen müssen ▪ Verwendung im Handel: In der Anlieferung ins Lager, aber insbesondere vom Lager zu stationären Verkaufsstellen

1: Verwendete Quellen: Eurostat 2022b (Scope: Plastikverpackungen) für die EU und NO; Einzelländeranalysen in Conversio 2020 (Scope: Plastikverpackungen) für BR, ZA, US, CA, CH, UK, sowie die asiatischen Staaten ausser TR, KR, MX sowie Nicht-EU-Südosteuropa; für diese wurden die regionalen Daten genutzt aus OECD 2022 (Scope: Plastik-Abfall). Die Visualisierung wurde erstellt mit Microsoft Excel: Powered by Bing; © Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom.
2: Vgl. Fraunhofer UMSICHT 2018, S. 8, mit Verweis auf «Strichcodes, Fotoerkennung oder auch Markierungsadditive», wobei diese Massnahmen eher auf Länder mit formaler Sammlungsinfrastruktur abzielen.
3: Vgl. z.B. PlasticsEurope Deutschland 2022, S. 4.

Steckbrief:
Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungsbändern (I/II)

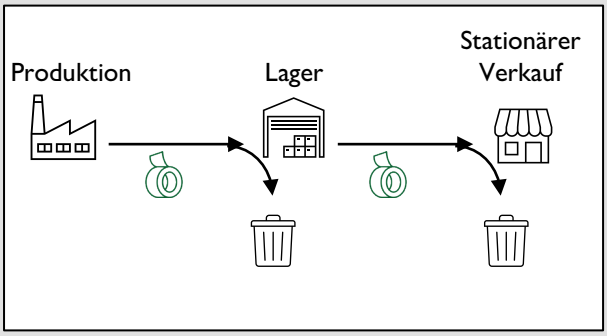
Hebel

Recycling

Anwendungsumgebung

- Bänder zur Umreifung von Paletten, um diese beim Transport zusammenzuhalten – dafür hohe Reissfestigkeit benötigt
- Verwendung im Handel: In der Anlieferung ins Lager, aber insbesondere vom Lager zu stationären Verkaufsstellen

Bisherige Verpackungslösung



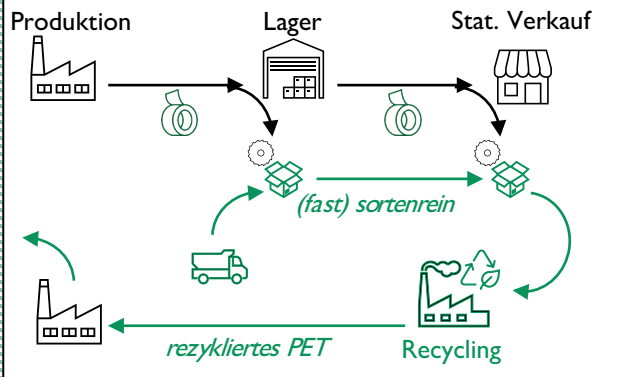
Wesentliche Supply Chain (vereinfacht)

- **Umreifungsbänder** aus Polyethylenterephthalat (PET), fast vollständig aus rezykliertem PET hergestellt, zur Umreifung von Paletten (anstelle des günstigeren, dafür weniger reissfesten Polypropylen (PP))
- Material klar unterscheidbar gekennzeichnet: Grün für PET-Umreifungsbänder
- Am Empfangsort kommen jeweils einzelne, sperrige Bänder an – häufig **keinem separaten Stoffstrom** zugeführt, sondern gemischt entsorgt

Herausforderungen für Verpackungslösung

Erhöhung der Nachhaltigkeit der PET-Umreifungsbänder, die beim Versand von Paletten anfallen, durch effektives Recycling am Lebensende

Neue Verpackungslösung



Wesentliche Supply Chain – vereinfacht

- Sammlung und Recycling der PET-Bänder durch neuen Dienstleister – **Etablieren eines nahezu sortenreinen Mikro-Stoffkreislaufs**
- Erwerb einer Zerkleinerungsmaschine durch Empfänger, welche die entsorgten Bänder volumenreduziert
- Regelmässige Abholung der Entsorgungsbehälter durch Dienstleister, mit Vergütung der entsorgten Menge
- Recycling in eigenem Werk des Dienstleisters

Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
Umstellung auf neue Verpackungs-lösung	▪ Analyse, an welchen Anfallstellen der Stoffkreis geschlossen werden kann	▪ Etablieren des Stoffkreislaufs an geeigneten Anfallstellen

Steckbrief:
Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungsbändern (II/II)

Bewertung der neuen Verpackungslösung

Ökonomisch

- **Beschaffungskosten**
  - Gleiche Kosten
- **Handlingkosten**
  - Gleiche Kosten, neu PET-Umreifungsbänder getrennt entsorgt
- **Transportkosten**
  - Gleiche Kosten
- **Übrige Kosten**
  - Wiederkehrende Vergütung für PET-Rezyklat anstatt Entsorgungskosten; dafür Initial-Investition in Zerkleinerungsmaschine

Ökologisch

- **CO_2e Footprint** (Global Warming Potential)**:**
  - **End of Life Emissionen:** Werkstoffliche Verwertung der Umreifungsbänder anstatt Verbrennung; dafür gegebenenfalls erhöhte Transportwege zum Recyclingstandort
- **Kreislaufpotential:**
  - **Effektives Recycling**: bisher gering; durch neue Lösung hoch mit hochqualitativem, da beinahe sortenreinem Stoffstrom
  - **Anteil Rezyklat**: gleiche Bänder verwendet wie zuvor (mit bereits sehr hohem Rezyklatanteil)

Bedrohungen/Risiken/Trends für die neue Verpackungslösung, wenn relevant:

- **Risiko:** Volatile Preise für PET-Rezyklat (**Trend**: zunehmende Nachfrage)
- **Trend:** Angebot von alternativen Materialien für Umreifungsbänder – diese aber v.a. für PP-Bänder, z.B. bioPP, PLA; bioPET könnte als «drop-in solution» ebenfalls rezykliert werden

Implementierung der neuen Verpackungslösung

Erfolgsfaktoren:
- Verwertung eines einfach erkennbaren und sehr sortenreinen Stoffstroms, dadurch hochqualitativ und vergütbar
- Lösung kann in bestehende Prozesse mit beschränktem Aufwand eingepflegt werden
- Erlösquelle für bislang entsorgte Verpackungen

Roadmap:
- Analyse, an welchen Stellen genügend viele PET-Umreifungsbänder anfallen
- Beschaffung der geeigneten Zerkleinerungsmaschinen
- Lieferung der initialen Sammelboxen
- Schulung der Mitarbeitenden

Dauer: ca. 2 Monate (je nach benötigten Maschinen)

Risiken → Mitigation:
- Umreifungsbänder aus PET und PP schwierig zu trennen → Sortierung findet später statt, beides kann gemeinsam entsorgt werden
- Unklare Anfangsinvestition für Zerkleinerungsmaschine → «Testoption» durch Dienstleister

Barrieren:
- Notwendige Menge an PET zuverlässig zu erreichen
- Daten bzgl. Menge an anfallenden Umreifungsbändern liegen häufig nur eingeschränkt vor
- Notwendiger Platz für eine weitere Maschine
- Eingeschränkter Durchgriff auf Entsorgung an der Anfallstelle, z.B. bei gemischter Anlieferung zu Einkaufszentren

Übertragbarkeit der neuen Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:
- PET-Umreifungsbänder: Gebündelt von mehreren Empfängern am gleichen Ort, um Mengen zu erreichen
- Überall da, wo sortenreine Packhilfsmittel aus rezyklierbaren Stoffen regelmässig bzw. in grosser Menge anfallen

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:
- Etablieren von Mikro-Stoffkreisläufen, z.B. mit Verpackungsherstellern, die Verpackungen nach Gebrauch zurücknehmen

Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

Der Use Case zeigt auf, wie Unternehmen ein effektives Recycling ihrer Industrieverpackungen sicherstellen und so deren Nachhaltigkeit verbessern können. Solche Nachhaltigkeitshebel bestehen unabhängig von neuen Entwicklungen bei Recycling-Verfahren. Sie werden um Hebel aus Literatur und Interviews sowie Beispielen ergänzt.

Die Nachhaltigkeitshebel nutzen heutige Recycling-Infrastrukturen: Sie stellen sicher, dass IV rezyklierbar sind und effektiv (möglichst hochwertig) rezykliert werden. Indem rezyklierbare Materialien genutzt und auch als solche markiert werden, wird der entsorgte Packstoff zum Wertstoff und ermöglicht damit Geschäftsmodelle zu ihrer Sammlung und Verwertung. Das IV-Design stellt sich aufgrund der Abläufe bei der Entsorgung als besonders wichtig heraus.

Tabelle: Mögliche Nachhaltigkeitshebel im Cluster «Verbessertes Recycling», mit relevanten Treibern und Beispielen für IV

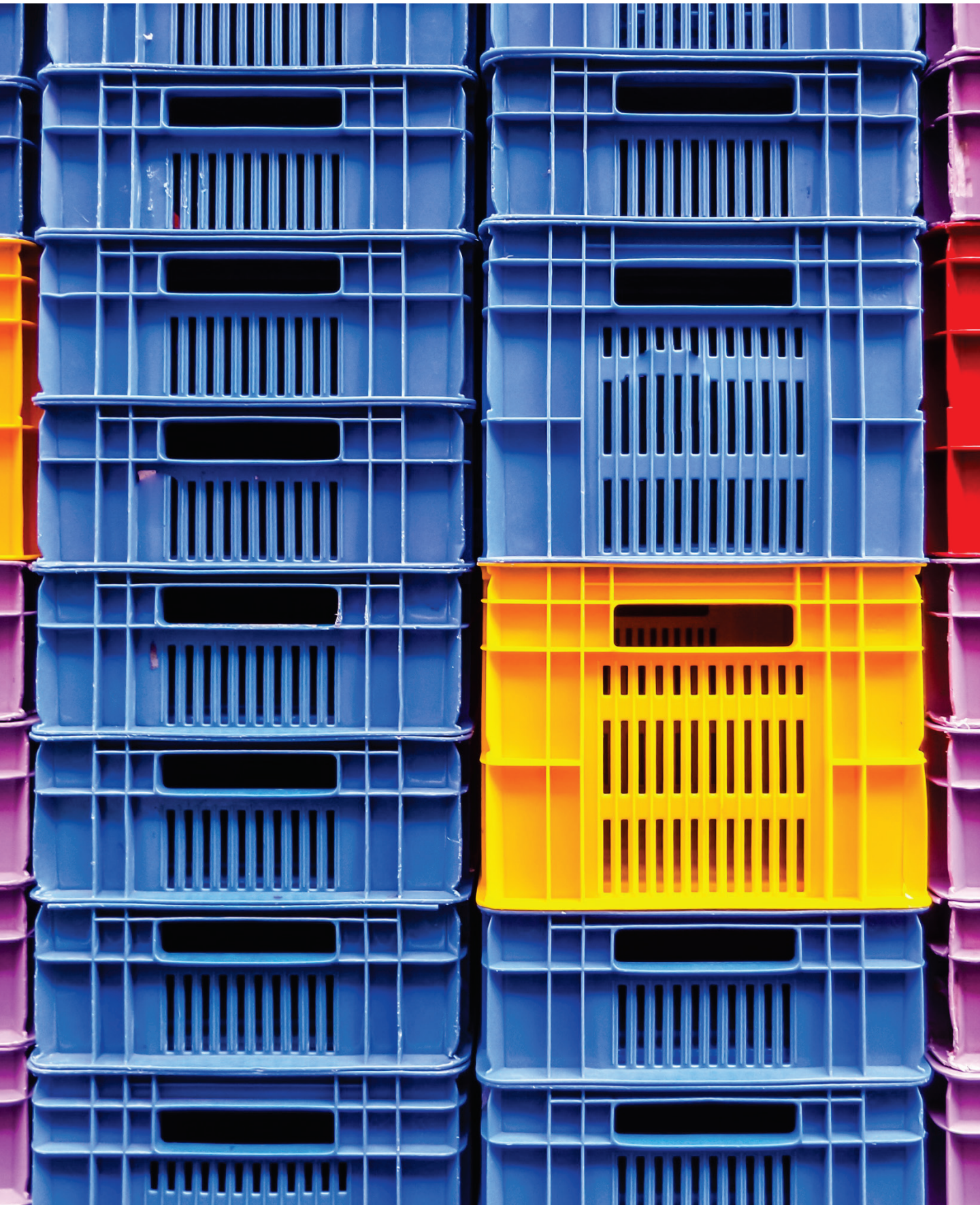
Nachhaltigkeitshebel	Treiber	Beispiele für IV / Anwendungsumgebungen
Etablieren von (Mikro-)Stoffkreisläufen: neue Entsorgungs-Geschäftsmodelle	**Erhöhtes effektives Recycling**	▪ Wo sortenreine, rezyklierbare PM/PHM regelmässig in grosser Menge anfallen und der Verwender die Kontrolle über die Anfallstelle hat, s. z.B. Use Case «Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungsbändern»
Etablieren von (Mikro-)Stoffkreisläufen: Rücknahme durch Hersteller nach Verwendung		▪ Wo Entsorgungsmengen gebündelt werden können (z.B. bei MW-Systemen) ▪ Angebote verschiedener Hersteller, z.B. für PE-Schäume, Biocomposites, MW-Verpackungen
Effektive Zuführung zum Recyclingstrom an der Anfallstelle ermöglichen und durchsetzen		▪ Wo Recyclingmöglichkeit besteht und durch Anpassung der intralogistischen Prozesse ermöglicht werden kann (z.B. einfache sortenreine Sammlung nahe der Anfallstelle)
Markierung der IV mit den darin verwendeten Materialien	**Erhöhte Rezyklierbarkeit** (prinzipielle, praktische)	▪ Wo rezyklierbare, separierbare Packstoffe genutzt werden ▪ Regulatorische Anforderung z.B. ab 01.2023 in Italien ▪ Insbesondere auch bei Transporten in Länder, in denen Sammlung/Sortierung im informellen Sektor geschieht ▪ «Digitale Wasserzeichen» mit Produkteigenschaften auf IV (für Konsumverpackungen vorangetrieben von HolyGrail 2.0)
Befolgen von Recycling-Guidelines im Design/ Beschaffung von IV, einschl. der Verwendung **besser rezyklierbarer Materialien**		▪ Flächendeckend anwendbar, solange Performance-Anforderungen geprüft und erfüllt werden ▪ Verwendung von sortenreinen (Mono-)Materialien statt Materialgemischen, teilweise durch Barrierebeschichtung ▪ Unvernetzte Polymere statt vernetzte (z.B. PE-Schäume) ▪ Guidelines u.a.: umfassend durch die FH Wien;[1] für PPK durch die europäische Papierindustrie[2]

Empfehlungen aus Recycling-Guidelines, mit Relevanz für IV (Auswahl):[3]
- Verwendung von «möglichst weitverbreiteten Materialien» (vor allem bei Kunststoffen)
- «Einsatz von Monomaterialien oder für das Recycling kompatible Materialkombinationen»; «einfache Trennbarkeit der einzelnen Komponenten aus unterschiedlichen Materialien im Sortier- bzw. Recyclingprozess»
- Beschichtungen, insbesondere auf PPK: Auf Einfluss auf tatsächliche Rezyklierbarkeit achten
- Einsatz von Klebstoffen so gering wie möglich halten, auf Separierbarkeit von PPK achten
- Möglichst geringe Färbung der Materialien; bei Kunststoff insbesondere kein Schwarz (Carbon Black/Industrieruss); recyclinggerechte Druckfarben
- PHM abgestimmt auf das Material des PM (Monomaterial oder leicht trennbar)

1: FH Wien et al. 2022, S. 2
2: CEPI et al. 2019
3: FH Wien et al. 2022, S. 24, S.17; CEPI et al. 2019, S. 3, 4, 14



6. Themencluster III: Einführung oder Verbesserung von Mehrweg-Systemen



Motivation und Stand

Mehrweg-Systeme, d.h. die Wiederverwendung von Verpackungen, nehmen einen vorderen Platz in der europäischen Abfallhierarchie ein. Sie erfordern eine Lösung für die Rückführung einer Verpackung zum Versender durch Rückführlogistik oder Pooling. Sie reduzieren den Materialeinsatz und erlauben, dass auch höhere Herstellkosten für die Verpackung und ihre Bestandteile amortisiert werden können. Als Industrieverpackung sind sie in bestimmten Anwendungsumgebungen bereits seit langer Zeit etabliert, in anderen haben sie sich vor allem in den letzten Jahren herausgebildet.

Ökonomische Motivation

Die ökonomische Motivation für eine MW-Verpackung kann je Anwendungsumgebung unterschiedlich ausfallen. In produzierender Industrie und Handel standen bei der Einführung z.B. grössere Effizienzen in Handling, Wareneingang, Lagerung und Transport durch standardisierte MW-Verpackungen und damit auch die Reduktion der Verpackungsvielfalt sowie die Möglichkeit zur Automatisierung im Vordergrund. Dabei wirken die Verbesserungen oft auch beim Empfänger, weshalb die Kostenteilung entlang der Supply Chain zu diskutieren ist. Vor- und Nachteile von MW-Systemen, im Vergleich zu EW, sind umfassend dokumentiert und werden in VDI-Richtlinien diskutiert.[1] Insbesondere bei Verpackungen, die (auch) an Konsumenten gelangen, können zudem Marketingfunktionen relevant sein. Fokus in dieser Studie ist dabei, ausgewählte MW-Verpackungen zu betrachten, die ein Nachhaltigkeitspotential bergen.

Ökologische Motivation

Das Nachhaltigkeitspotential einer MW-Verpackung kann darin bestehen, z.B. anstatt eine Kartonverpackung nach einmaligem Gebrauch unter Aufwand von Energie und Wasser stofflich zu recyclen und danach, unter Ressourceneinsatz und Faserverlust, neu zu fertigen, die Belastbarkeit einiger Packstoffe, insbesondere bestimmter Kunststoffe, zu nutzen und daraus MW-Verpackungen zu fertigen. Nach der Verwendung werden diese (gebündelt) zurückgeführt, gereinigt und aufbereitet und stehen so einer erneuten Verwendung zur Verfügung. Zudem kann durch die Bündelung beim Aufbereitungsprozess, bei gegebenen Mengen, sichergestellt werden, dass defekte Gebinde einem hochqualitativen Recycling zugeführt oder dem Hersteller zurückgegeben werden. Bei der Bewertung der Nachhaltigkeit über den Lebenszyklus hinweg sind die Aufwände für Rückführlogistik und Aufbereitung den Einsparungen aus der Mehrfachverwendung der PS gegenüberzustellen, wobei insbesondere die Rotationszahl und die Transportdistanz (wegen der Rückführung) eine zentrale Rolle spielen. Die in der Literatur angenommenen Werte liegen dabei teilweise weit auseinander, was einen signifikanten Einfluss die Bewertungen hat. Aus diesem Grund ist die Erhebung und Sicherstellung dieser Parameter für eine konkrete Anwendung entscheidend.[2]

Stand: Handel und produzierende Industrie

Etablierte Anwendungsumgebungen von MW-Systemen finden sich in Lieferketten der produzierenden Industrie und des Handels. Dazu zählen Systeme wie der VDA-KLT, Fleischkisten, die Europalette oder der Gebindepool, den die Migros in ihrem Netzwerk von den Produktionsbetrieben über die Verteilbetriebe bis in die verschiedenen Filialen hinein betreibt. Für diese Lieferketten werden auch MW-Lösungen als einfacher Ersatz bestehender EW-Lösungen angeboten, die eine unternehmensinterne Prozessanpassung benötigen.[3] Für diese «klassischen» Anwendungsumgebungen von IV, die häufig über ein einzelnes Unternehmen hinausgehen, wird im Folgenden sowohl die Etablierung neuer nachhaltiger MW-Systeme, als auch die Verbesserung bestehender MW-Lösungen dargestellt.

Stand: Transporte via KEP

Neue MW-Lösungen habe sich insbesondere in den letzten Jahren durch die zunehmenden Lieferströme des eCommerce im Bereich MW für KEP-Transporte entwickelt. Einzelne Lösungen wie z.B. die «Dispoboxen» der Schweizerischen Post, die im Hin- und Rücktransport den Paketkanal nutzen, sind schon längere Zeit am Markt; in den letzten Jahren sind zahlreiche Lösungen mit unterschiedlichen Modellen der Rückführlogistik (für die Leerretoure) hinzugekommen. Im (elektronischen) Versandhandel verbreiten sich MW-Lösungen im DACH-Raum zunehmend – «eine Etablierung als Alternative ist bisher jedoch nicht erfolgt». Ebenso sind aber Anwendungen im B2B-Bereich möglich. Für die MW-Transporte via KEP wird im Folgenden auf die Etablierung neuer nachhaltiger Systeme fokussiert.[4]

1: Zur Motivation der Einführung des VDA-KLT, vgl. Boeckle 1994, S. 126-131. Dokumentation der Vor- und Nachteile vgl. z.B. Lange 2020, S. 337f. Die VDI 3617, VDI 4407 und VDI 4460 diskutieren Kostenvergleich, Anforderungsprofil an die Ladungsträger und die Logistikkette.
2: Vgl. Fraunhofer CCPE 2022 als Meta-Studie zu mehreren Anwendungsumgebungen und die Diskussion ihrer Kernparameter in Fraunhofer Umsicht/IBP 2022; bzgl. Rückführtransport weist Fraunhofer CCPE 2022, S. 14 auf die analogen Wege im EW-Kreis hin, wie die Abfallsammlung.
3: Vgl. Hebel «Substituieren etablierter Lösung mit Material/IV-Design, das einfache MW-Lösung erlaubt» im Themencluster alternative Materialien.
4: Zitat s. PraxPack 2022, S. 4, für eCommerce. Start der Dispoboxen war 1995, vgl. PraxPack 2020, S. 5, die exemplarische Lösungen beschreiben.

Herausforderungen und Entwicklungen (I/II)

Die Einführung eines neuen nachhaltigen MW-Systems steht häufig vor der Herausforderung, einen tragbaren Business Case vorzuweisen. Entwicklungen wie die Digitalisierung von Verpackungen können hier helfen; diese tragen auch zur Verbesserung bestehender MW-Systeme bei. Zudem unterstützt es den Business Case, wenn eine Verpackung über ein Unternehmen hinaus angewendet wird, wofür die Standardisierung von Material- und Informationsflüssen eine wesentliche Voraussetzung darstellt.

Entwicklung «intelligenter Verpackungen»
Ein Business Case für ein MW-System kann nicht nur auf der Reduktion der Kosten, sondern auch auf der Erhöhung des Mehrwerts gegenüber einer EW-Lösung basieren. Hier gewinnen MW-Systeme hinzu durch die Möglichkeit, sie mit Identifikationstechnik und Sensoren zu versehen und so zu «Smart Objects» zu werden, die ihre Umgebungsparameter wahrnehmen und die Logistikkette steuern können. Es können vier Stufen der Digitalisierung unterschieden werden:[1]

1) «Automatische Identifikation», «Lokalisierung, Tracking & Tracing»
2) «Messung von Umgebungsparametern», «Diebstahlsicherheit»
3) «App-Anwendungen», «Einsatz von Smart Devices»
4) «Cloud-Services», «Neue Geschäftsmodelle»

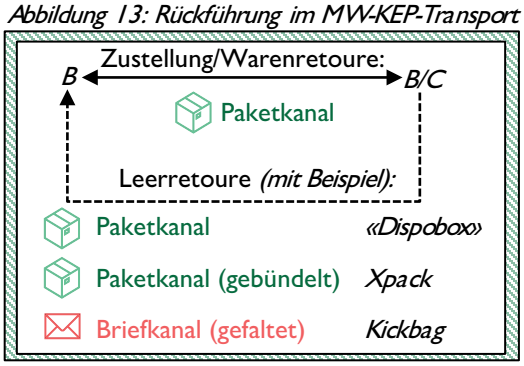
Der Use Case «Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten Mehrweg-Pool» zeigt auf, wie heute auf grossen Skalen diese Lösungen umgesetzt werden können und z.B. in der Frischelogistik zu mehr Transparenz in der Supply Chain führen. Auch bei den MW-Verpackungen für den KEP-Transport werden Möglichkeiten wie Sensoren, z.B. zur Erhöhung des Produktschutzes, diskutiert. Dabei gilt eine Digitalisierung über «optische Codes (Barcode, QR-Code)» hinaus als bei EW-Verpackungen nicht zu erwarten.[2] So amortisieren sich die Kosten für die Sensorik erst bei einer gewissen Rotationszahl.

Zentrale Herausforderung für die Einführung dieser Lösungen sind die hohen Investitionsaufwände: Neben den Gebinden ist auch die notwendige Infrastruktur zum Identifizieren, Steuern, etc. anzuschaffen; zudem ist eine hinreichende Menge an Gebinden, z.B. ein gesamter Pool, der bei einer Anwendung zum Einsatz kommt, auszurüsten. Schliesslich sind IT-Entwicklungen für die mehrwertstiftenden Applikationen notwendig. Hier benötigt es also einen starken Akteur oder ein hohes Commitment zwischen mehreren Unternehmen, um diese Transformation auch über einen längeren Zeitraum hinweg gemeinsam anzustossen.

Entwicklung standardisierter Branchenlösungen
Entlang einer Lieferkette z.B. im Handel ist vielfach ein mehrmaliges Umpacken der Packgüter zwischen den Schritten notwendig: wegen unterschiedlicher Anforderungen in den Prozessen zwischen den einzelnen Partnern, aber auch innerhalb einer Unternehmung, wenn eine IV nicht auf alle Anforderungen aus Produktion oder Transport ausgelegt wurde. Während unternehmensintern selbstständig Massnahmen ergriffen werden können, ist unternehmensübergreifend eine Standardisierung z.B. innerhalb eines Branchenverbands ein Weg, wie es Automobilhersteller und -zulieferer Ende der 1980er Jahre für den VDA-KLT taten.[3] Ein aktuelles Beispiel, wie Standardisierung innerhalb einer Branche einen Nachhaltigkeitshebel darstellen kann, gibt die GS1 SMART Box (s. Abbildung auf der nächsten Seite).

Entwicklung neuartiger MW-KEP-Lösungen
Die Mehrkosten infolge einer ineffizienten Rückführungslogistik gelten als das «zentrale Hemmnis» für den Einsatz von KEP-Transporten am Beispiel Online-Handel. Dies umfasst neben der Rückführung insbesondere die «Umstellung der logistischen Prozesse […] und der IT-Systeme».[4] Für die Rückführung wurden daher verschiedene Modelle auf den Markt gebracht (vgl. beispielhaft die Abbildung unten).

Abbildung 13: Rückführung im MW-KEP-Transport



1: Gemäss Fraunhofer IML, so zitiert in Lange 2020, S. 334
2: Fraunhofer 2022, S. 6
3: Umfang horizontaler und vertikaler Kooperation wird aus den beteiligten Unternehmen deutlich: «BMW, Bosch, Continental, Daimler-Benz, FAG Kugelfischer, Fichtel&Sachs, Ford, Carl Freudenberg, Goetze, Hoesch, Opel, Porsche, Textar, VDO, Volkswagen» (s. Boeckle 1994, S. 126)
4: PraxPack 2022, S. 4

Herausforderungen und Entwicklungen (II/II)

Abbildung 14: Mehrweg durch Standardisierung in einer Branche[1]

«GS1 SMART Box» (produziert von der Georg Utz GmbH, betrieben durch IPP):
Anwendungsumgebung: Transport von Einzelhandelsgütern von dem produzierenden Unternehmen zum Handelsunternehmen, wobei ein zunehmend hoher Automatisierungsgrad bei den einzelnen Schritten besteht.
Bisherige Verpackungslösung: Einwegkartonage aus der produzierenden Industrie, die bei Ankunft im Handelszentrallager in Handelsbehälter umgepackt wird. Diese sind häufig Mehrwegbehälter, um Automatisierung zu nutzen.
Neue Verpackungslösung: Einheitliche GS1 SMART Box, angepasst auf die Prozesse und Abläufe in der Branche; ausgestattet mit Barcode/ RFID-Label auf jeder Box, erweiterbar
Ziele: Einsatz vorerst im deutschen Drogeriemarkt-Segment, Erweiterung auf andere Produktsegmente und weitere Länder angedacht
Effekt: 20% geringere Logistikkosten, bis zu 35% geringerer CF
Erfolgsfaktoren: Gemeinsames Commitment, unternehmensübergreifende Standardisierung zu erreichen



Mit freundlicher Genehmigung des Abdrucks durch die Georg Utz GmbH / GS1 Germany GmbH.

Die Implementierung dieser Lösungen bei neuen Verwendern stellt eine grosse Herausforderung dar. Der Use Case «MW-Verpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister» zeigt auf, welche Rolle die Logisitk-Dienstleister (LDL), in diesem Fall die Schweizerische Post, als «Enabler» von solchen MW-Lösungen spielen können: Etwa indem sie die Entwicklung von MW-Lösungen begleiten, die auf die Prozesse des LDL validiert werden und dadurch effizient bearbeitet werden können. Dabei ist das Spektrum, wie stark sich der LDL einbringt, gross – so treten z.B. Postunternehmen im DACH-Raum vermehrt selbst als Anbieter von MW-Verpackungen, z.B. für den Onlinehandel, auf und übernehmen für diese dann mitunter auch die Reinigung und Aufbereitung.[2]

Zudem zeigt der Use Case auf, wie eine MW-Lösung bei Anwendern erfolgreich umgesetzt werden kann: Hierbei sind insbesondere die Anforderungen an eine IT-Implementierung (oder an die Qualität von Produkt-Stammdaten, um die MW-Versandfähigkeit zu bestimmen) möglichst tief zu halten.

Diese Herausforderung ist insbesondere dann gering, wenn das *gesamte* Sortiment eines Versenders mit der gewählten MW-Verpackung versendet werden kann. Für diesen Fall zeigt der Use Case «MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln» auf, wie ein Abonnement-Liefermodell für ein konkretes MW-System mit gebündelter Rückführung im Paketkanal genutzt werden kann.

Es bleibt, für eine Anwendungsumgebung eine passende Lösung zu finden bzw. zu gestalten. Hier ist auch bei der Identifikation geeigneter, z.B. regelmässiger Materialströme im B2B Potential für nachhaltigere Verpackungslösungen zu sehen.

Use Case	Anwendungsumgebung
Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten MW-Pool	▪ Transporte des Einzelhandels in die eigene Produktion und Verteilzentren, von internen und externen Lieferanten, sowie in die eigenen stationären Filialen ▪ Hoher Anteil kurzer Transportdistanzen: mehrheitlich Transport innerhalb der Schweiz
MW-Verpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister	▪ Pakettransporte innerhalb der Schweiz, ausgeführt durch Logistik-Dienstleister, mit sehr heterogenen Packgütern und damit Schutzanforderungen ▪ Hoher Anteil eCommerce-Sendungen an private Konsumentinnen und Konsumenten
MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln	▪ Regelmässiger Transport von Boxen mit frischen Lebensmitteln innerhalb Deutschlands an Privathaushalte, die das Angebot (zwei-)wöchentlich abonniert haben ▪ Erhöhter Schutzbedarf des Packguts, insbesondere gegen Krafteinwirkung (Eindrücken), Feuchtigkeit; Anforderungen bzgl. Lebensmittelechtheit

1: Vgl. Haubenreisser 2021; Logistik Heute 2021; GS1 Germany 2022. Beteiligt sind verschiedene grosse Industrieunternehmen wie Beiersdorf, Henkel, Procter & Gamble, und auf Handelsseite dm-drogerie markt, Edeka, Müller, Rossmann.
2: Vgl. die Mitteilung der Österreich. Post, OTS 2022. Zur wissenschaftlichen Untersuchung der Rolle von Postunternehmen vgl. Arlandis 2022.

Steckbrief MIGROS: Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten Mehrweg-Pool (I/II)

Hebel

Mehrweg-Systeme

Anwendungsumgebung

- Transporte des Einzelhandels in die eigene Produktion und Verteilzentren, von internen und externen Lieferanten, sowie in die eigenen stationären Filialen
- Hoher Anteil kurzer Transportdistanzen: mehrheitlich Transport innerhalb der Schweiz

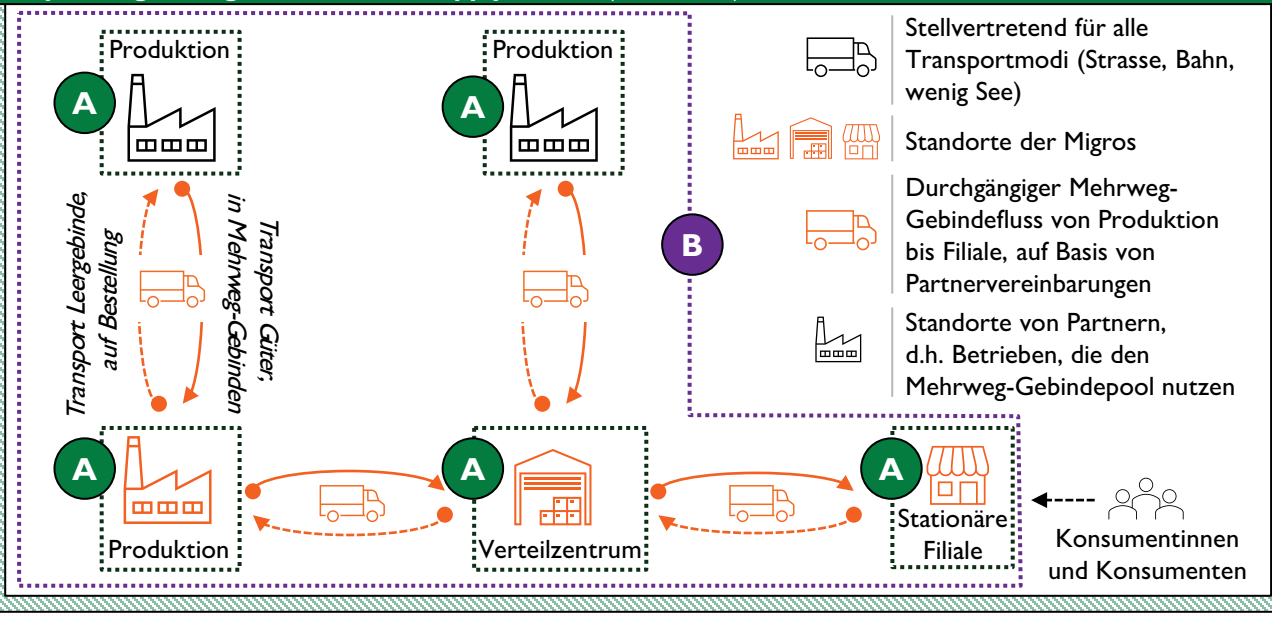
Ausgangslage

- Mehrweg-Lösung langjährig etabliert, vielseitige Prozesse und Automatisierungen darauf basierend realisiert
- Lösung bei Partnern breit etabliert

Vision

Hochautomatisierte **logistische und betriebsübergreifende Zusammenarbeit** in der Supply Chain **mit möglichst vielen Partnern**, gesteuert vom Daten- statt Materialfluss, auf Basis eines eigenbetriebenen Pools von verschiedenen standardisierten Mehrweg-Ladungsträgern mit Identifikationstechnik

Verpackungslösung – wesentliche Supply Chains (vereinfacht)



Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
A Erweiterung des Netzwerks	▪ Drittlieferanten und Migros-eigene Betriebe als Partner eingebunden ▪ Grosses Angebot an verschiedenen Gebinde-Typen	▪ Dichtes Netzwerk durch einfach nutzbares, effizientes Angebot für alle Beteiligten; einfacher und effizienter Systemzugang mit Mehrwert
B Automatisierung und Zusammen-arbeit	▪ Alle Gebinde und Infrastruktur mit Identifikationstechnik ausgestattet ▪ Erste erfolgreiche Applikationen im Einsatz – Bsp.: «Marktplatz für Logistikdaten» in der Frischelogistik[1]	▪ Automatisierter Datenfluss, der Warenfluss vorausläuft und Transparenz für alle Akteure schafft ▪ Möglichst hohe (Daten-)Automatisierung in Kommissionierung, Wareneingang

Herausforderungen für Zielerreichung

A **Einfache, effiziente Nutzbarkeit des Mehrweg-Gebindepools** durch viele Netzwerk-Partner, um diese möglichst weitreichend einzubinden und möglichst tief in den Logistikketten zusammenarbeiten zu können

B Entwicklung der Supply Chain zu einer **hochdigitalisierten und automatisierten logistischen Zusammenarbeit**

1: Gewinner des Swiss Logistics Award 2020

Steckbrief MIGROS: Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten Mehrweg-Pool (II/II)

A Ziel: Erweiterung des Netzwerks um neue Partner

Erfolgsfaktoren:
- Hohe Effizienz für möglichst tiefe Kosten; dafür auch Entwickeln optimierter Verpackungen, innerhalb gegebener Standards (u.a. GS1)
- Flexibler Kollaborationsansatz mit den Partnern
- Sehr hohe Gebinde-Verfügbarkeit, keine Sicherheitsbestände bei Partnern nötig
- Services: Aufbereitung, Waschen durch Migros
- Keine IT-Anforderungen, IT-Tools werden gestellt
- Möglichst einfaches On-boarding

Roadmap:
- Gemeinsame Definition der Zusammenarbeitsform (Regeln der Partnerschaftsbeziehung)
- Einweisung des Partners in IT-Tools für Bestellung von Gebinden und Management des Gebinde-Bestands
- Bestellung und Nutzung der ersten Gebinde

Dauer: ca. 2 Monate

Risiken → Mitigation:
- Konfliktpotential bei schlechtem Management des Gebinde-Bestands, was mit (Miet-)Kosten verbunden ist
  → Fokus beim Onboarding, einfache Tool-Unterstützung

Barrieren:
- Ausrichtung eines Lieferanten auf automatisierte Einweg-Warenströme
- Erhöhte operative Komplexität bei Mehrweg
- Fehlende Erfahrung mit Gebinde-Bewirtschaftung: Gebinde-Bestand neu mit Kosten verbunden, keine «Lagerhaltung» wie bei Einwegkartonage möglich

B Ziel: Steigerung des Mehrwerts des Gebindepools durch Automatisierung und Zusammenarbeit

Erfolgsfaktoren:
- Dauerhafte strategische Zusage seitens des treibenden Akteurs (Migros), um Partner-Involvement trotz langer Umsetzungsdauer sicherzustellen
- Umsetzung sinnvoller Erstanwendungen («MVP»[1]), die operativen Mehrwert ergeben

Roadmap:
- Ausrüstung aller notwendigen Gebinde mit ID-Technik (Barcode/RFID)
- Entwicklung erster kleiner Applikationen, um konkreten Nutzen aufzuzeigen
- Entwicklung zur logistischen Zusammenarbeit

Risiken → Mitigation:
- Unsicherheit, ob Technologie-Investition lohnt
  → Einsatz erprobter Technologien
  → Fokus auf Applikationen mit Nutzen für alle Akteure – Bsp. «Marktplatz für Logistikdaten» in der Frischelogistik[2], mit Datentransparenz in der Supply Chain für alle Partner

Barrieren:
- Sehr hohe Initial-Investitionen für Ausstattung des Gebindepools nötig
- Fortlaufende Investition von Mitteln und Energie
- Nutzen erst mittel - langfristig sichtbar

Übertragbarkeit der Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:
- Mehrweg-Gebindepool mit starkem Commitment der Akteure, die Standardisierung/Digitalisierung treiben
- Logistische Zusammenarbeit: Insbesondere bei schnell drehenden Waren, bei denen zeitnahe Daten einen signifikanten Mehrwert liefern

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:
- Fokusunternehmen mit grosser Strahlkraft und langfristiger Investitionsfähigkeit
- Branchenlösung, die neuen gemeinsamen Standard etabliert und starken Pool-Betreiber an Bord hat (z.B. durch Verband vorangetrieben)

1: MVP: «Minimum Viable Product»
2: Gewinner des Swiss Logistics Award 2020

Steckbrief DIE POST : Mehrwegverpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister (I/II)

Hebel

Mehrweg-Systeme

Anwendungsumgebung

- Pakettransporte innerhalb der Schweiz, ausgeführt durch die Schweizerische Post (Post), mit sehr heterogenen Packgütern und damit Schutzanforderungen
- Hoher Anteil eCommerce-Sendungen an private Konsumentinnen und Konsumenten – Fokus der Post-Abteilung Kreislaufwirtschaft: faltbare Mehrwegverpackung (MW)

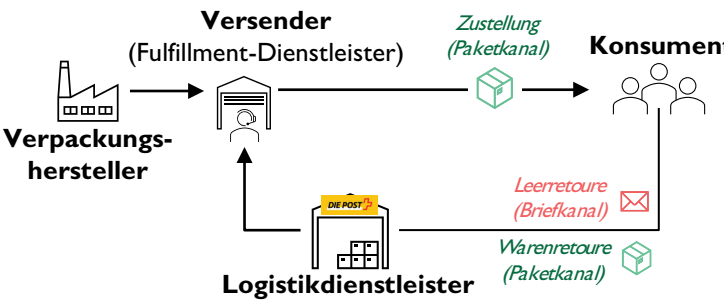
Ausgangslage

- Aufbau heterogener MW-Verpackungslösungen durch Verpackungshersteller/-anbieter
- Verpackungslösungen und Prozesse sind nicht aufeinander abgestimmt

Vision

Die Post möchte mit ihrem flächendeckendem Netz der Enabler für MW-Verpackungslösungen sein. MW-Verpackungen sollen auf die Prozesse der Post «validiert» werden. Insbesondere im eCommerce soll dadurch der Umstieg von Einweg- auf MW-Verpackungen kosteneffizient, pragmatisch und mit der höchstmöglichen Convenience für Versender und Konsumenten umgesetzt werden.

Verpackungslösung – wesentliche Supply Chain (vereinfacht)



Prozesserweiterung bei Post, falls Menge vorhanden:

Briefkanal:
- synergetische Sammlung und Verarbeitung
- zukünftig separater Stream im Briefzentrum

Paketkanal:
- Bearbeitung im Paketzentrum

Akteur	Rolle
	Verkaufsmodell: Produkt-entwicklung (mit Post), Herstellung und Vertrieb; Mietmodell: Bestands-management, Abrechnung
	Verwendung MW-Verpackung für geeignete Packgüter
	Retournierung durch gewohnten Postkanal
	Validierung Verpackung: optimierte Rückführung im Brief-/Paket-Kanal Weitere Value Added Services: z.B. Bündelung, Reinigung

Ziele und Zielerreichung

		Aktuell	Angestrebt
A	System-öffnung	▪ Erfolgreiche Validierung von einem Schweizer MW-Verpackungsanbieter ▪ Weitere Anbieter im Test ▪ Mehrere Anbieter nicht validierbar	▪ Standardisiertes Validierungssystem für Verpackungsanbieter und Versender ▪ Fokus auf Wachstums- und Trendfeld faltbares Packaging im eCommerce
B	Marktdurch-dringung	▪ MW-Verpackung erfolgreich bei Versendern verschiedener Branchen im Einsatz, mit mehreren Ansätzen der Implementierung	▪ Signifikanter Mehrweg-Anteil bei Versandverpackungen, die durch die Post verarbeitet werden ▪ Onboarding von KMUs sowie grossen eCommerce-Versendern

Herausforderungen für Zielerreichung

A **Erfolgreiche Einführung von Mehrwegverpackungslösungen** im Schweizer Markt, die auf die logistischen Prozesse der Post abgestimmt sind

B Etablierung der Mehrwegverpackungen bei **«geeigneten» Versendern**

Steckbrief DIE POST : Mehrwegverpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister (II/II)

A Ziel: Systemöffnung durch ein standardisiertes Validierungssystem

Erfolgsfaktoren:
- Verpackung designt für automatische Postverarbeitung (Format, Beschaffenheit etc.), stetige Weiterentwicklung
- Nähe zu etablierter Lösung, dadurch kein zusätzlicher interner Schulungsaufwand bei der Post
- Enger Austausch mit Post zur Anpassung geeigneter Post-Prozesse und damit Kostensenkung
- Möglichkeit für schlanke (IT-)Implementierung

Roadmap:
- «Optische Validierung» der Verpackung
- «Operative Validierung»: Test Verpackungsperformance / Aufwand im Postsystem und Erhebung der Kosten
- Iterative Verbesserungen im Verpackungsdesign
- Vereinbarung mit Post mit Konditionen und Preis

Dauer der Validierung: 3 Monate – 1 Jahr

Risiken → Mitigation:
- Geringe Rücklaufquote → Simple Step-by-Step Erklärung zur Retournierung auf Verpackung
- Konflikt mit Branding des Versenders → neutrales oder Versender-spezifisches Design (erhöhte Rücklaufquote)
- Fehlende Erfahrung über ökologischen Vorteil bei Nutzung → Daten und Berechnungen für Versender bereitstellen

Barrieren:
- Verpackungsdesign entwickelt, ohne die gegebenen Logistik-Prozesse zu beachten
- Komplizierter, kostenintensiver Rücklauf-Mechanismus
- Zu grosser Fokus auf Softwarelösung (Bedeutung je Versender unterschiedlich) und zu grosse Anforderungen an die IT für Implementierung

B Ziel: Marktdurchdringung dank erfolgreicher Implementierung bei Versendern

Erfolgsfaktoren (prozess- u. konsumentenseitig):
- Bereitschaft für Pilotbetrieb, iteratives Vorgehen
- Pragmatismus im Fulfillment, «Mut etwas zu wagen»
- Schnelles Feedback vom Kundenservice
- Hoher Retourenanteil; wiederkehrende Warenströme
- Nachhaltigkeitsorientierte Kundschaft
- Einsparpotentiale, durch zuvor teure Verpackung
- Bedürfnis nach Absicherung gegen volatile Kartonpreise

Roadmap:
- Identifikation einer geeigneten Mehrweglösung
- Entscheid bzgl. Umfang der Einführung
- Aufsetzen Bestandsmanagement
- Schulung der Mitarbeitenden an den Packplätzen, für Retouren eventuell auch im stationären Handel
- Iteratives Einführen

Dauer: ca. 6 Monate (abhängig vom Umfang der Einführung)

Risiken → Mitigation:
- Geringe Rücklaufquote, dadurch erhöhte Kosten → gute Aufklärung der Konsumenten; gegebenenfalls Nutzung von Kundendaten, um besonders geeignete Konsumentengruppen zu identifizieren (beispielsweise Abonnenten)
- Negatives Kundenfeedback wegen Anlaufschwierigkeiten → proaktive Kommunikation über Herausforderungen

Barrieren:
- Erwartung: Verpackung sieht «wie neu» aus
- Anforderung: Konsument muss Verpackung wählen können (hohe IT-Anforderungen)
- Fokus: nur Kosten, nicht Wert der Verpackung
- Vollautomatisiertes Lager, auf Karton optimiert
- Nutzung von Fulfillment-Partnern, die je verarbeitetem Packstück abrechnen (IT-Anbindung nötig)

Übertragbarkeit der Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:
- B2C-Modelle mit regelmässigem Verbrauch, dadurch erhöhte Kundenbindung
- MW-Verpackung, optimiert für mehrere Länder
- Warenkreisläufe identifizieren: «Mietmodelle» (Ware, die auf Zeit überlassen wird), «Testboxen» (Ware, die nach Test zurückgeschickt wird)

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:
- Wenn Logistiker als zentrale Poolbetreiber auftreten: attraktiver für weitere Branchen, wegen tieferer Kosten durch Netzwerkeffekte
- Fulfillment-Dienstleister als mögliche Pooler, die über mehrere Versender hinweg MW-Verpackungen anbieten können

Steckbrief xpack green logistics : Mehrweg-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln (I/II)

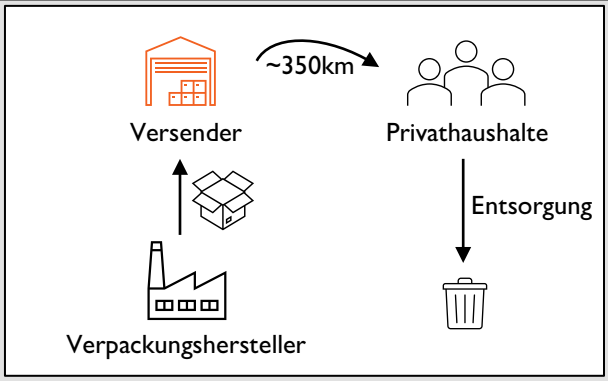
Hebel

Mehrweg-Systeme

Anwendungsumgebung

- Regelmässiger Transport von Boxen mit frischen Lebensmitteln innerhalb Deutschlands an Privathaushalte, die das Angebot (zwei-)wöchentlich abonniert haben
- Erhöhter Schutzbedarf des Packguts, insb. gegen Krafteinwirkung (Eindrücken), Feuchtigkeit
- Anforderungen bzgl. Lebensmittelechtheit

Bisherige Verpackungslösung



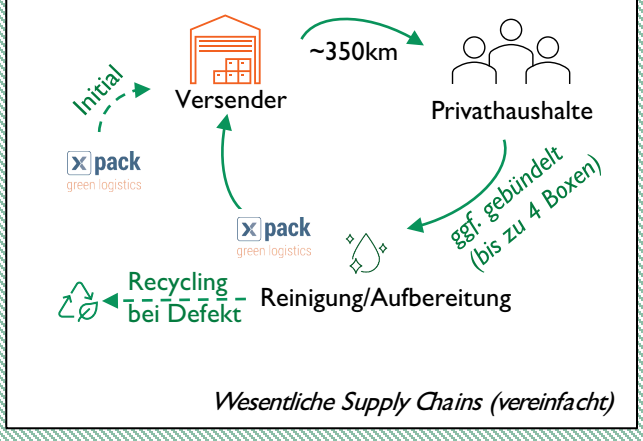
Wesentliche Supply Chain (vereinfacht)

- Transporte durchschnittlich über mittellange Distanzen innerhalb Deutschlands, mittels Paketversand
- Versandverpackung: Boxen aus Papier-Pappe-Karton, wobei aufgrund der geforderten Lebensmittelechtheit die Innenseite zwingend aus Frischfasern besteht
- Schutzwirkung nicht optimal: Rückmeldung über defektes Packgut, Verzicht auf bestimmte Lebensmittel da Schutz nicht gewährleistet ist
- Entsorgung der (sperrigen) Boxen derzeit durch die Konsumenten

Herausforderungen für Verpackungslösung

Nachhaltige Alternative für den regelmässigen Versand von Lebensmitteln an private Konsumenten, anstelle von Einwegkarton

Neue Verpackungslösung



Wesentliche Supply Chains (vereinfacht)

- Möglichkeit für Konsumenten, für den Transport MW-Verpackung aus Polypropylen (PP) zu wählen
- Bereitstellung der PP-Verpackungen durch xpack: spezifisch entwickelt, an Versender vermietet
- Wegen Lebensmittelechtheit erfordert Einsatz von *rezykliertem* PP eine besondere Zertifizierung
- Rückführung der Verpackungen durch Paketversand; dabei können mehrere PP-Boxen ineinander gefaltet und so als ein Paket verschickt werden (Bündelung)
- Lebensmittelechte Reinigung und Aufbereitung der PP-Verpackungen an dezentralen xpack-Hubs
- Pricing nach Verwendung: Komplettpreis je verschickter Verpackung
- Kosten für Nichtrückführung einer Verpackung: bei Konsumenten (Schutzgebühr bei Nichtrückgabe)

Ziele und Zielerreichung

	Aktuell	Angestrebt
Umstellung auf neue Verpackungs-lösung	▪ Prototyp für PP-Verpackung auf Basis bestehender Lösung entwickelt ▪ Möglichkeiten zur Implementierung mit Versender evaluiert	▪ Einführung für Transporte innerhalb Deutschlands aus Hauptlager ▪ Entwicklung zur Standard-Transportverpackung bei Versender

Die Daten für die Bewertung des konkreten Use Case wurden bereitgestellt von der etepetete GmbH, München.

Steckbrief xpack green logistics : Mehrweg-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln (II/II)

Bewertung der neuen Verpackungslösung

Ökonomisch

- **Beschaffungskosten**
  - ↑ xpack-Miete, Reinigung und Retoure teurer als Beschaffung Karton
- **Handlingkosten**
  - ↓ Leicht geringer durch schnelleres Verpacken; zusätzlicher Schritt zum xpack-ID lesen, Bereitstellung IT-System, Kundenservice
- **Transportkosten**
  - → Transport zum Konsument gleich teuer (Paketdienst)
- **Übrige Kosten**
  - ↓ Wegfall Inverkehrbring-Gebühren des Kartons

Σ TCO: +25-28%; bis +13-16%[1]

Ökologisch

- **CO_2e Footprint** (Global Warming Potential)**:**
  - ↓ **Produktion, Transport, End of Life,** für Mehrweg zusätzlich **Rücklauf, Aufbereitung:** Bei (in ähnlichen Umgebungen übertroffenen) 25 Rotationen weit geringer als bei Nutzung Kartons[2]

Σ CO_2e, p.a.: bis zu -450t[2]

- **Kreislaufpotential:**
  - → **Effektives Recycling**: Für Monomaterial-PP-Boxen durch xpack nach Lebensende sichergestellt, dadurch ähnlich hohes Recycling wie Karton
  - ↓ **Anteil Rezyklat**: Anteil bei Herstellung xpack von Verfügbarkeit von für Lebensmittelkontakt zertifiziertem rezykliertem PP abhängig

Bedrohungen/Risiken/Trends für die neue Verpackungslösung, wenn relevant:

- **Bedrohung:** Erhöhte Preissensibilität der Endkunden
- **Trend:** Erhöhte Verfügbarkeit von rezykliertem PP mit Lebensmittelzertifizierung, durch steigende Nachfrage

Implementierung der neuen Verpackungslösung

Erfolgsfaktoren:

- Gesamtes Sortiment mehrwegversandfähig – dadurch Wahl*option* sofort implementierbar, so dass unklare Kundennachfrage keinen Hinderungsgrund darstellt
- Mehrwert für Versender durch Komplettbetrieb der MW-Lösung durch xpack (Reinigung, IT, Service, ..)
- Verbesserter Produktschutz gegenüber Karton

Roadmap:

- Erhebung kundenspezifischer Anforderungen an die Verpackung
- Soweit notwendig: Entwicklung und Test eines Prototyps
- Bereitstellung Ressourcen für Aufbereitung; IT-Anbindung
- Bereitstellung initialer PP-Boxen

Dauer: ca. 3 Monate (bei manuellem Verpackungsprozess), bis zu 6-9 Monate (bei Teilautomatisierung, die anzupassen ist)

Risiken → Mitigation:

- Geringes Kundeninteresse → xpack-Boxen an Versender *vermietet*, dadurch geringe Initialaufwände
- Geringe Rückführquote der Mehrweg-Boxen → Kosten durch Geschäftsbedingungen an Konsument abgetreten

Barrieren:

- Lager extern betrieben durch Fulfillment-Dienstleister – dort schwieriger umzusetzen
- Länderübergreifende Transporte
- Sehr hoher Automatisierungsgrad im Lager
- Stückgutverkehre: keine standardisierten Schnittstellen für Tracking/Zustellnachweis, lückenhafte Datenverfügbarkeit

Übertragbarkeit der neuen Verpackungslösung

.. auf weitere Anwendungsumgebungen:

- Wiederkehrende Warenströme, wodurch eine schnelle Aufklärung der Konsumenten und damit schnell höhere Rücklaufquoten möglich sind
- Kartonverpackungen, welche die Schutzfunktion nur eingeschränkt erfüllen (z.B. bei Frischfood-Transport)

.. auf weitere Unternehmen/Branchen:

- Weitere Ströme im Paketversand (Datenströme von KEP-Dienstleistern stehen standardisiert zur Verfügung)

1: Bei max. Bündelung pro Retoure (4 Boxen) und Nutzung eines günstigeren Paketdiensts
2: Annahme: alle Transporte mit Mehrweg, kein Einweg mehr; 25 Rotationen je xpack im Durchschnitt. Ökologischer Break-even bei 6-7 Rotationen
3: Wesentliche Quelle: Fraunhofer IML 2020, über vergleichbare xpack-Verpackungslösung, angepasst auf die vorliegende Verpackungslösung

Übersicht möglicher Nachhaltigkeitshebel

Die drei Use Cases zeigen Nachhaltigkeitshebel für Industrieverpackungen durch die Verbesserung von bereits bestehenden MW-Systemen und durch die Etablierung neuer nachhaltiger MW-Lösungen auf. Sie werden um Hebel aus der Literatur und den Interviews sowie aus Beispielen ergänzt. Dies betrifft MW-Systeme in industriellen Lieferketten ebenso wie solche, die KEP-Transporte nutzen. Darüber hinaus geben die Use Cases auch Hinweise für die erfolgreiche Implementierung, die bei MW-Lösungen häufig der Abstimmung zwischen mehreren Akteuren bedarf.

Die Nachhaltigkeit hängt dabei stets von der konkreten Anwendungsumgebung ab, wobei die Faktoren Rotationszyklen und Transportdistanz bei MW-Systemen besonders hervorzuheben sind.

Bezüglich möglicher Nachhaltigkeitshebel und ihrer Implementierung ist, durch die Zusammenstellung des Konsortiums, die Rolle von externen Pool-Betreiber nicht explizit betrachtet worden. Die Überschneidung zu einem anderen Themencluster (Recycling) ist farblich hervorgehoben.

Tabelle: Mögliche Nachhaltigkeitshebel im Cluster «MW-Systeme», mit relevanten Treibern und Beispielen für IV

Nachhaltigkeitshebel	Treiber	Beispiele für IV
Standardisierte MW-IV innerhalb einer Branche / entlang einer Supply Chain	**Etablierung neuer** nachhaltiger MW-Lösungen	▪ VDA-KLT (seit Ende der 1980er Jahre) ▪ MW-IV in Supply Chains, in denen (mehrfach) umgepackt werden muss, z.B. Einführung der «GS1 SMART Box» für deutsche Drogerien 2021
Verwendung kosteneffizienter MW-Lösung, durch **reduzierten Aufwand für Rückführungslogistik**		▪ Faltbarkeit oder Bündelbarkeit der MW-Verpackung ▪ Abstimmung einer Verpackung auf logistische Prozesse des Logistik-Dienstleisters, um Synergien zu heben, s. z.B. Use Cases «MW-Verpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister», «MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln»
Verwendung von MW-Lösung mit Sicherstellung **hoher Rücklaufzahlen und hoher Umlaufgeschwindigkeit**		▪ Verwendung Track&Trace-Informationen, Schutzgebühren, s. z.B. Use Case «MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln»
Substituieren etablierter Lösung mit **Material/IV-Design, das einfache MW-Lösung** erlaubt		▪ MW-Hauben für Paletten/Rollbehälter ▪ MW-Kunststoffbox, die in Fertigungslinien wie EW-Kartonage funktioniert ▪ MW-Kunststoffverpackungen für KEP-Transport
Logistische Zusammenarbeit innerhalb einer Supply Chain durch effizienten MW-Pool	**Verbesserung bestehender** MW-Lösungen	▪ MW-Gebindepool mit starkem zentralen Akteur, der Standardisierung/ Digitalisierung treibt – insbesondere bei schnell drehenden Waren, bei denen zeitnahe Daten Mehrwert liefern, z.B. Use Case «Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten Mehrweg-Pool»
Verwendung von IoT zur **Erhöhung des Produktschutzes**		▪ MW-Gebinde mit hochwertigen Sensoren für Temperatur, Feuchtigkeit, Erschütterungen, insbesondere für Transport sensibler Güter
Verwendung von **vollständig rezyklierbaren Materialien** für MW-Gebinde		▪ Monomaterial-MW-Transportbox mit aufblasbarem Innenpolster statt Füllmaterial ▪ Use Case «Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays»

7. Ergebnisse und Interpretation



Einordnung «Good Practices» und Ergebnisse (I/II)

Die sieben Use Cases haben als exemplarische «Tiefenbohrung», jeweils für eine konkrete Anwendungsumgebung und einen Hebel für eine nachhaltigere Industrieverpackung aufgezeigt, welche Potentiale heute bestehen. Diese Ergebnisse sollen mit den weiteren Nachhaltigkeitshebeln aus den drei Themenclustern nachstehend, soweit möglich, verallgemeinert werden. Des Weiteren werden die Erkenntnisse aus Use Cases und Konsortial-Workshops zur Implementierung zusammengeführt und Handlungsempfehlungen daraus abgeleitet.

Aufbau dieses Kapitels
Zuerst werden aus der Analyse der Use Cases (Übersicht unten) konkrete Rückschlüsse auf das Vorgehen bei der **Bewertung** von alternativen IV-Lösungen gezogen, wobei insbesondere das übertragbare Vorgehensmodell im Vordergrund steht.

Darauf aufbauend werden die Nachhaltigkeitshebel zu einer **Anwendungsmatrix** verdichtet, die für verschiedene Anwendungsumgebungen (regional unterschiedliche) mögliche Massnahmen darstellt. Zur Ausgestaltung dieser Massnahmen werden konkrete Materialien und Verpackungslösungen mit einem Potential für erhöhte Nachhaltigkeit überblickshaft als **Materialliste** vorgestellt.

Für die Implementierung solcher Massnahmen bestehen für jeden Akteur spezifische Herausforderungen, die sich in den Use Cases als Erfolgsfaktoren und Barrieren der Implementierung ergaben und im Konsortium diskutiert wurden. Daraus werden schliesslich **Handlungsempfehlungen** abgeleitet, die so den Bogen von theoretischen Verpackungslösungen zur praktischen Umsetzung schlagen.

Tabelle: Übersicht Use Cases mit Anwendungsumgebungen, relevanten Nachhaltigkeitshebeln und Treibern

Use Case	Anwendungsumgebung	Nachhaltigkeitshebel	Treiber
Beschaffung von Gefahrgut-Labels	▪ Gefahrgut-Labels für den Transport von Batterien, als Bestandteil von sehr hochwertigen Messinstrumenten, häufig per Luftfracht ▪ Labels zwingend auf Transportverpackung anzubringen – Anforderungen: unter keinen Um-ständen Ablösen von der Transportverpackung; Wetterbeständigkeit; Wertigkeit des Labels	▪ Substituieren etablierter Lösung mit alternativem, besser rezyklierbarem PPK-Material ▪ Reduzieren (oder eliminieren) von Transporten	Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM; aus Transport; aus End of life
Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays	▪ Kunststoff-Trays für den Transport scharfkantiger Bauteile zwischen Zulieferern und Werken, mit 18 kleinen, normierten Bauteilen je Tray ▪ Sehr hohe Anforderungen wegen Einsatz in der automatisierten Fertigung: wenig bis kein Abrieb; normierte Dimensionen für bestehende Logistikprozesse; Langlebigkeit	▪ Substituieren etablierter Lösung mit ähnlichem, aber besser rezyklierbarem Material	End of life
Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe als EPS-Ersatz	▪ Verpackung für den Transport von grossen, schweren, einzeln verpackten Packgütern per Landverkehr aus Deutschland nach DACH, insbesondere um Stossschutz zu gewährleisten ▪ Transport vom produzierenden Unternehmen zum Fachgrosshandel, von dort nach Lagerung an gewerbliche Kunden (Handwerker) und Entsorgung	▪ Substituieren etablierter Lösung mit alternativem, besser rezyklierbarem PPK-Material	Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM; End of life
Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungs-bändern	▪ Bänder zur Umreifung von Paletten, um diese beim Transport zusammenzuhalten und dafür hohe Reissfestigkeit aufweisen müssen ▪ Verwendung im Handel: In der Anlieferung ins Lager, aber insbesondere vom Lager zu stationären Verkaufsstellen	▪ Etablieren von (Mikro-)Stoffkreisläufen: neue Entsorgungs-Geschäftsmodelle	Erhöhung effektives Recycling
Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten MW-Pool	▪ Transporte des Einzelhandels in die eigene Produktion und Verteilzentren, von internen und externen Lieferanten, sowie in die eigenen stationären Filialen ▪ Hoher Anteil kurzer Transportdistanzen: mehrheitlich Transport innerhalb der Schweiz	▪ Logistische Zusammenarbeit innerhalb einer Supply Chain durch effizienten MW-Pool	Verbesserung bestehender MW-Lösungen
MW-Verpackung, validiert durch Logistik-Dienstleister	▪ Pakettransporte innerhalb der Schweiz, ausgeführt durch Logistik-Dienstleister, mit sehr heterogenen Packgütern und damit Schutzanforderungen ▪ Hoher Anteil eCommerce-Sendungen an private Konsumentinnen und Konsumenten	▪ Verwendung kosteneffizienter MW-Lösung, durch reduzierten Aufwand für Rückführungslogistik	Etablierung neuer nachhaltiger MW-Lösungen
MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln	▪ Regelmässiger Transport von Boxen mit frischen Lebensmitteln innerhalb Deutschlands an Privathaushalte, die das Angebot (zwei-) wöchentlich abonniert haben ▪ Erhöhter Schutzbedarf des Packguts, insbesondere gegen Krafteinwirkung (Eindrücken), Feuchtigkeit; Anforderungen bzgl. Lebensmittelechtheit	▪ Verwendung von MW-Lösung mit Sicherstellung hoher Rücklaufzahlen ▪ Verwendung kosteneffizienter MW-Lösung, durch reduzierten Aufwand für Rückführungslogistik	Etablierung neuer nachhaltiger MW-Lösungen

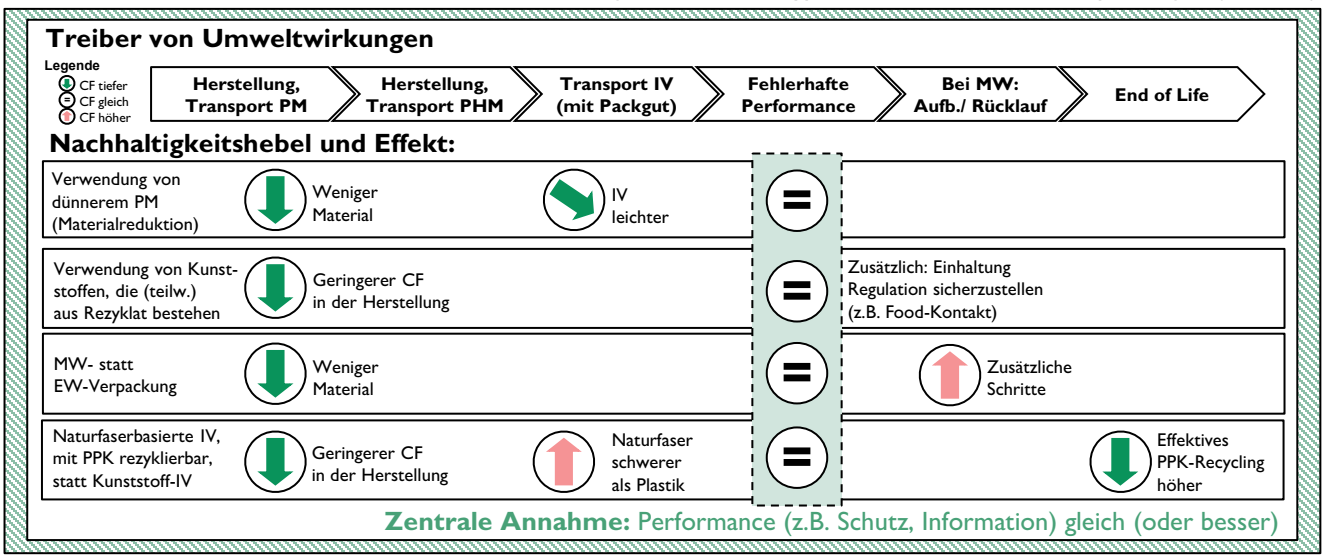
Einordnung «Good Practices» und Ergebnisse (II/II)

Die Use Cases beschreiben unterschiedliche Anwendungsumgebungen, in denen jeweils unterschiedliche Verpackungslösungen «Good Practices» in Gestalt effektiver Nachhaltigkeitshebel darstellen. Sie wirken auf verschiedene Treiber von Umweltwirkungen und können auch zu gegenläufigen Effekten führen. Entscheidend ist demnach, den Gesamteffekt zu bewerten, unter realistischen Annahmen sowie über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Zielkonflikte sind dabei nicht ausgeschlossen.

Vorgehensmodell für die Bewertung

Entlang des Lebenszyklus wurde der Effekt einer Änderung der IV auf die Treiber ausgewertet und mit Rückgriff auf verfügbare Daten quantifiziert. Dabei zeigte sich, dass die Nachhaltigkeitshebel häufig eine Mischung von Effekten nach sich ziehen (Bsp.: Hebel, die sowohl zu einem verbesserten Recycling als auch einem anderen CF aus der Herstellung führen). Insbesondere können sie auch in unterschiedliche Richtungen wirken. Die Abbildung illustriert diese teils gegenläufigen Effekte für «idealtypische» Hebel. Daher können nur *Kandidaten* für Hebel aufgeführt werden, die dann in den einzelnen Anwendungsumgebungen zu modellieren und zu testen und mit der eigenen Nachhaltigkeitsstrategie abzustimmen sind. Dabei kommt erschwerend hinzu, dass eine vollständige Betrachtung auch die Folgewirkungen berücksichtigen muss: So können Effekte aus verbesserter Performance gerade auch beim Empfänger entstehen, wie dies bei industriellen MW-Systemen oft der Fall ist.

Abbildung 15: Effekt idealtypischer Hebel auf CF von Verpackungen (illustrativ)



Umgang mit Annahmen

Für die Bewertung ist eine mindestens gleich gute Performance der IV zentral: Insbesondere eine gleich gute Erfüllung der Schutz-, aber auch z.B. der Informationsfunktion, damit der Transport nicht beeinträchtigt wird.[1] Dies wurde in mehreren Use Cases durch ausgiebige Tests etabliert. Je nach IV haben weitere Annahmen einen grossen Effekt, etwa die Rotationszahl bei MW-Lösungen oder die effektive Recyclingquote. Hier sind für die Bewertung möglichst verlässliche, in der konkreten Anwendungsumgebung abgestützte Abschätzungen zu wählen.

Datenquellen

Bei der Bewertung zeigt sich, dass die Beschaffung der nötigen Daten Schwierigkeiten unterworfen ist. Zwar existieren für Ökobilanz-Analysen umfassende (oft kostenpflichtige) Datenbanken; für Analysen, die ohne das Expertenwissen angefertigt werden sollen, stehen öffentliche Daten hingegen nur eingeschränkt zur Verfügung.[2] Umso wichtiger ist es, die wesentlichen Treiber zu identifizieren und auf sie den Fokus der Analyse zu legen. Auch hilft die Beschränkung auf CF und Kreislaufpotential, für die häufiger Daten zu finden sind als für spezifischere Zielgrössen.

1: Es kann auch der Fall sein, dass die etablierte IV überperformant ist, d.h. z.B. einen unnötig hohen Schutz bietet. Dann kann z.B. eine Materialreduktion eine nachhaltige Massnahme sein, *ohne* Einschränkung der Verpackungsperformance.

2: Positiv zu nennen z.B. die öffentlichen «EcoProfiles» von Plastics Europe, die für die häufigsten Kunststoffe Output-Daten («Cradle to resin») angeben und die europäische Durchschnittsproduktion abbilden. Sie sind damit für Use Cases in Europa genauer als Werte aus der chemischen Literatur, wie z.B. Biron 2018. Für den CF aus dem Transport existieren verschiedene Kalkulatoren, z.B. «CarbonCare» entsprechend EN16258.

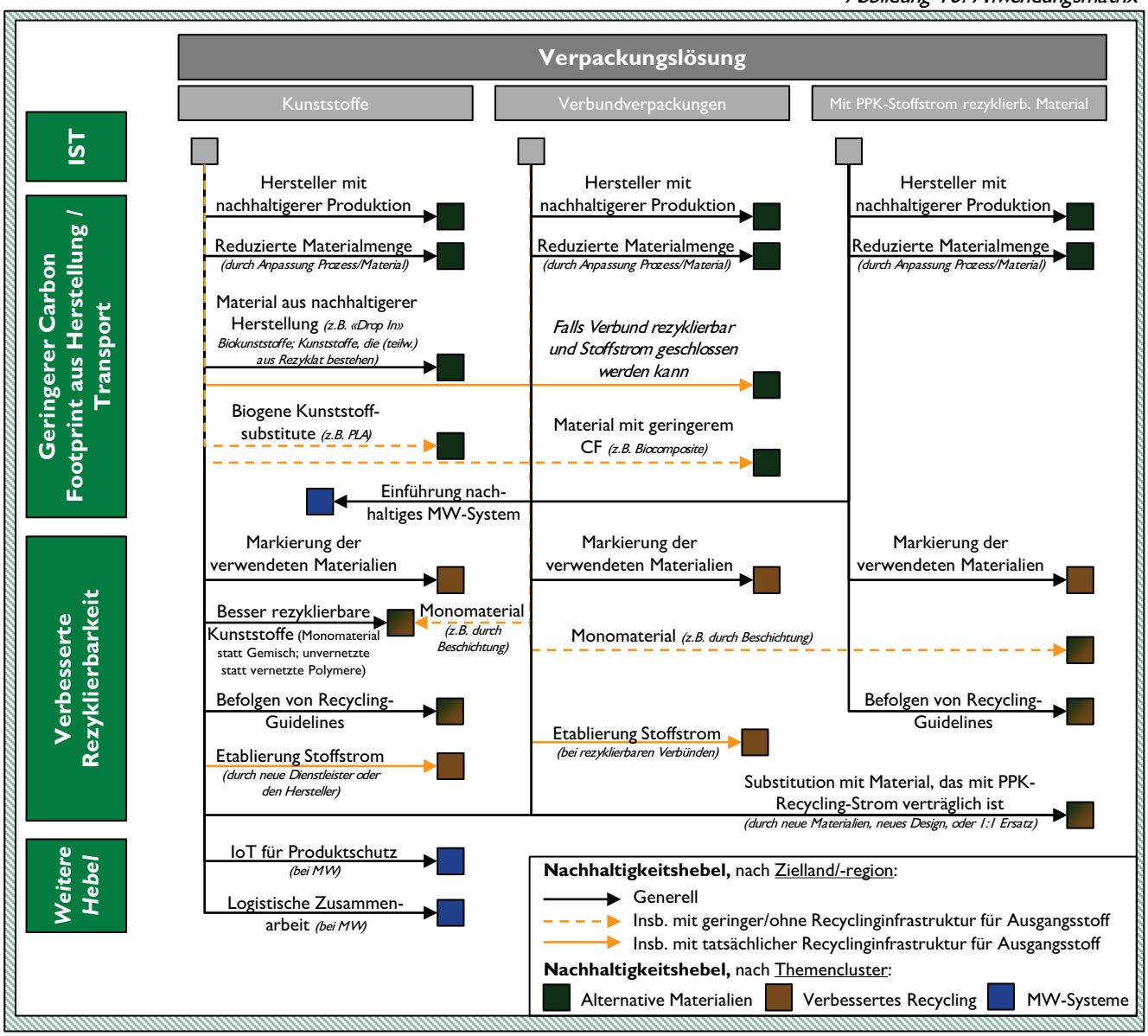
Anwendungsmatrix

Aus den in Use Cases und Themenclustern identifizierten Nachhaltigkeitshebeln lassen sich geeignete Massnahmen ableiten, die in bestimmten Anwendungsumgebungen zu nachhaltigeren Verpackungslösungen führen können. Diese werden in einer Anwendungsmatrix zusammen gestellt, welche regional differenziert ist. Sie soll eine Hilfestellung bei der Auswahl möglicher Massnahmen geben und kann zudem als Grundlage für einen Entscheidungsbaum dienen.

Die Daten zu Recyclingraten sind, wie in Kap. 5 dargestellt, weltweit wenig transparent. Dennoch soll im Folgenden eine regionale Unterscheidung danach vorgenommen werden, ob in der Zielregion für den Ausgangsstoff eine Recycling-Infrastruktur existiert oder nicht. Viele Hebel können jedoch auch unabhängig davon ökologisch vorteilhaft sein.

Für eine Entscheidung ist dabei stets eine Bewertung für die konkrete Anwendungsumgebung vorzunehmen.

Abbildung 16: Anwendungsmatrix



Materialliste (I/II)

Um die Anwendungsmatrix in spezifischen Anwendungsumgebungen zu nutzen, braucht es konkrete Materialien/Verpackungslösungen. Die folgende Liste zeigt basierend auf den Use Cases, Interviews, Recherche und der strukturierten Befragung von Herstellern beispielhafte Massnahmen auf. Sie soll dabei helfen, sich bei der Vielzahl an neuen Materialien zu orientieren.

Dabei sind sie die Materialien stets in der spezifischen Anwendungsumgebung zu bewerten, wobei es auch zu Konflikten zwischen ökologischen Zielgrössen kommen kann. Die Sortierung der Liste stellt keine Wertung dar, sondern folgt den wesentlichen ökologischen Nachhaltigkeitshebeln. Sie spiegelt eine Auswahl des heutigen Wissensstands dar, und muss für zukünftige Anwendungen gepflegt werden.

Tabelle: Materialliste, Stand Dezember 2022 (I/II)

Nachhaltigkeits-hebel, Treiber	Material/ Verpackungslösung	Ersetzte etab-lierte Lösung	Kurzbeschreibung	Beispiel für IV
Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM: **Substituieren mit gleichem Material aus nachhaltigerer Herstellung/ Verarbeitung**	Biogene «drop-in solutions» (bioPE, bioPP, bioPET) anstelle etablierter Kunststoffe	Kunststoffe aus fossilen Quellen	Kunststoffe, die aus biogenen Quellen hergestellt wurden und dabei chemisch von ihrem etablierten Pendant aus fossilen Quellen nicht zu unterscheiden sind – Einsatz deshalb als «1:1 Ersatz» möglich, auch in Recycling-Strömen.	▪ Umreifungsbänder aus 100% bioPP (z.B. bioPURE® von LINDER)
	Kunststoffe, die (teilw.) aus Rezyklat bestehen	Kunststoffe, die (vollständig) aus Neumaterial bestehen	Kunststoffe, die (teilw.) aus Rezyklat hergestellt wurden und dadurch einen geringeren Footprint in der Herstellung aufweisen sowie die Nachfrage nach Rezyklaten erhöhen, was Business Cases für Sammel-/Sortierlösungen vereinfacht.[1]	▪ Umreifungsbänder aus rezykliertem PP bis zu 100% / PET bis zu 99% (z.B. von MOSCA)
	Materialien aus nachhaltigerem Produktionsprozess (z.B. höherer Energieeffizienz)	Insbesondere austauschbare Materialien / IV	Hersteller mit nachhaltigerem Herstell-/Verarbeitungsprozess, z.B. durch nachhaltigere Maschinen.	▪ Hersteller mit Reduktion des CF ihrer Produktionslinie (z.B. bei Kunststoff-Herstellung/ Verarbeitung, Papierrecycling)
Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM: **Substituieren mit neuartigem Material mit geringerem CF in der Herstellung**	Neuartige, biogene Kunststoffsubstitute (z.B. PLA, pilz-basierte Lösungen)	Kunststoff aus fossilen Quellen	Neuartige, biogene Kunststoffsubstitute bei Anwendungen, in denen zuvor Kunststoffe aus fossilen Quellen eingesetzt wurden. Die neuartigen Lösungen sind dabei typischerweise auch biologisch abbaubar. Dabei ist die Performance der neuen Lösung vorab zu prüfen.	▪ Verpackungs-/Laminierfolie aus PLA (z.B. von LAM'ON) ▪ Pilzbasierte, formgenau wachsende Inlays für Transportverpackugnen (z.B. Mushroom® packaging von grown.bio)
	Verbundmaterialien aus (Bio-)Kunststoff und Holz	Feste Verpackungen aus Kunststoff / Kartonage	Kombination aus den Materialeigenschaften von Kunststoff mit dem vorteilhaften CF von Holz, um feste Kunststoffverpackungen zu ersetzen. Für ein Recycling können diese Lösungen den etablierten Recyclingströmen üblicherweise nicht zugeführt werden, sondern sind sortenrein zu sammeln.	▪ Verbundmaterial aus Kunststoffen und Holz (z.B. DuraSense® von Stora Enso) ▪ Verbundmaterial aus PLA und Kiefer/Buche (z.B. von IHD und BFSV)

1: Beachte: In bestimmten Anwendungsumgebungen ist kein oder nur geringer Rezyklatanteil zugelassen bzw. möglich, z.B. bei Lebensmittelkontakt oder bei sehr hohen Anforderungen.

Materialliste (II/II)

Tabelle: Materialliste, Stand Dezember 2022 (II/II)

Nachhaltigkeits-hebel, Treiber	Material/ Verpackungslösung	Ersetzte etablierte Lösung	Kurzbeschreibung	Beispiel für IV
Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM; End of life: **Substituieren mit alternativem, durch PPK-Stoffstrom besser rezyklierbarem Material**	Mit PPK-Recycling verträgliche, neuartige IV-Materialien (wie Faserguss, Holz-Schaum)	Kunststoff-IV (z.B. EPS)	Verpackungslösungen auf der Basis von Naturfasern wie Faserguss oder Holz, welche mit PPK rezykliert werden können. Dabei steht oft ein günstigerer CF in der Herstellung und eine verbesserte Rezyklierbarkeit einem erhöhten Gewicht gegenüber.	▪ Faserguss-Verpackungen, z.B. für Transporttrays ▪ Schaum auf Holzbasis
	PPK-IV mit neuartigem Design	EW-Kunststoff-IV, weitere schwer rezyklierbare IV	PPK-basierte Lösungen, welche durch ein neuartiges Verpackungsdesign die etablierte Kunststofflösung ersetzen können. Dabei steht oft ein günstigerer CF in der Herstellung und eine verbesserte Rezyklierbarkeit einem erhöhten Gewicht gegenüber.	▪ Wabenpappe (z.B. Smurfit Kappa «Hexacomb») ▪ Gefahrgutgeeigneter Monomaterial-Karton (Faltmechanismus statt Klebstoffen) von Packengeneers
	PPK-IV als direkter Ersatz von Kunststofflösungen	EW-Kunststoff-IV	PPK-basierte Lösungen, welche direkt als Ersatz dienen können. Dabei steht oft ein günstigerer CF in der Herstellung und eine verbesserte Rezyklierbarkeit einem erhöhten Gewicht gegenüber.	▪ Gefahrgut-Labels und Umreifungsbänder aus Papier ▪ Füllmaterial aus PPK
End of Life: **Substituieren mit ähnlichem, aber besser rezyklierbarem Material/ rezyklierbarer IV**	Materialien/ Verpackungslösungen mit verbesserter Rezyklierbarkeit	Schlecht rezyklierbare Kunststoffe/ Material-verbünde	Materialien oder Verpackungslösungen, welche die Ursachen beseitigen, deretwegen gewisse etablierte IV heute nicht rezyklierbar sind (prinzipiell oder praktisch): ▪ Ausführung als Gemisch verschiedener Kunststoffe ▪ Ausführung als vernetzte Kunststoffe ▪ Verwendung seltener Materialien ▪ Eingeschränkte Identifizier-/Sortierbarkeit des Materials	▪ Unvernetzte PE-Schaumstoffe statt vernetzter (z.B. WETROPA reFOAM) ▪ Monomaterial-MW-Transportbox mit aufblasbarem Innenpolster statt Füllmaterial (z.B. Fraunhofer LBF) ▪ Monomaterial durch Barrierebeschichtungen (z.B. BioORMOCER® des Fraunhofer ISC)
Reduktion CF aus Beschaffung PM/PHM: **Substituieren mit Material/IV-Design, das einfache MW-Lösung erlaubt**	Neuartige Verpackungen, die MW erlauben	Verschiedene EW-Lösungen (aus Karton, Plastik)	Neuartige Verpackungslösungen aus alternativen Materialien, die eine einfache Einführung von MW in einer Anwendungsumgebung ermöglichen, in denen EW vorherrscht.	▪ MW-Hauben für Paletten, Rollbehälter, etc., anstelle von Schrumpffolie (z.B. REUSA-WRAPS) ▪ MW-Kunststoffbox, die in Fertigungslinien wie EW-Kartonage funktioniert (z.B. ORBIS PlastiCorr®) ▪ MW-Kunststoffverpackungen für KEP-Transport (z.B. xpack, hey circle; kickbag)

Handlungsempfehlungen

Die Nachhaltigkeitshebel und Materialien setzen bei der Industrieverpackung an. Zu ihrer Implementierung sind ergänzend Massnahmen auf organisatorischer Ebene zu ergreifen. Diese werden im Folgenden unter Rückgriff auf die Use Cases, die Literatur, Experteninterviews und die Diskussion im Konsortium als Handlungsempfehlungen zusammengefasst.

Akteure für die erfolgreiche Implementierung
Es lassen sich drei Ebenen unterscheiden, auf denen Massnahmen getroffen werden können:[1]

1 Durch einzelnen Verwender allein – dies stellt die «low-hanging fruits» dar, etwa Material zu reduzieren oder mit nachhaltigeren Materialien zu substituieren, die bei Verpackungsherstellern bereits verfügbar sind

Bsp.: Use Cases «Rezyklierbare Mehrweg-Kunststoff-Trays», «Beschaffung Gefahrgut-Labels»

2 Mit up-/downstream-Partnern zusammen – dies setzt eine bilaterale Kooperation voraus, z.B. für das Design einer spezifischen IV oder für die Etablierung eines neuen Stoffkreislaufs für das Recycling

Bsp.: Use Cases «Hexacomb-Wabenpappe und Wellpappe als EPS-Ersatz», «Werkstoffliche Verwertung von PET-Umreifungsbändern»; MW-Angebote, die etablierte KEP-Infrastruktur nutzen, wie im Use Case «MW-Verpackung für regelmässige B2C-Belieferung mit Lebensmitteln»

3 Als systemweite Veränderung, die eine Vielzahl von Akteuren involviert – dies erfordert oft hohe Entwicklungs- und Implementierungskosten, die ein starkes Alignment zwischen den Akteuren und grosses Commitment voraussetzen

Bsp.: die Entwicklung neuer MW-Angebote im Use Case «MW-Verpackung, validiert von Logistik-Dienstleister», der Use Case «Automatisierte, logistische Zusammenarbeit durch effizienten MW-Pool»; oder einer standardisierten, durchgehenden IV-Lösung in einer Branche wie durch GS1

Die Use Cases zeigen also auf, dass für IV «low-hanging fruits» existieren und ein Unternehmen durch Analyse der eigenen IV seine Nachhaltigkeit verbessern kann: Viele technische Lösungen existieren, herausfordernd ist die Organisation ihrer Umsetzung. Die Use Cases zeigen dabei auch, dass die Kooperation entlang der Supply Chain, mit Verpackungsherstellern und Dienstleistern, vielfach unumgänglich ist.

Dabei stehen Unternehmen vor der Herausforderung, dass eine IV, vor allem wenn sie keine Sichtbarkeit gegenüber Konsumenten hat, häufig bloss als *Beiwerk* wahrgenommen wird. Als Folge kann es sich z.B. als schwierig erweisen, Lieferanten von Vorprodukten Änderungen an den IV vorzuschreiben. Mehrfach wurde deshalb die Bedeutung guter Partnerschaften, mit Kunden, Produkt- und Verpackungslieferanten, als zentral für das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen bei IV betont, was sich auch in den folgenden Handlungsempfehlungen wiederspiegelt.

Implementierung: Materialien und Recycling

Eigenständig umsetzbar, durch Verwender:
- Ideen pilotieren, dann «best practices sharing» in der Organisation, Verfassen von Empfehlungen
- IV / Materialien priorisieren

Mit Logistikern/Dienstleistern:
- Recycling als möglichen Business Case etablieren
- Um Erstellung unabhängiger, ökologischer Vergleichsanalysen von IV-Lösungen bemühen

Mit Kunden:
- Benefit für Kunden aus nachhaltiger IV im Rahmen der Zusammenarbeit ausarbeiten
- Endkundenaufklärung bewirken

Mit Lieferanten:
- Konkretes IV-Handbuch (als «Leitfaden») erstellen
- Lieferanten konsolidieren, um Einhaltung von Standards besser überprüfen zu können

Implementierung: Mehrwegsysteme

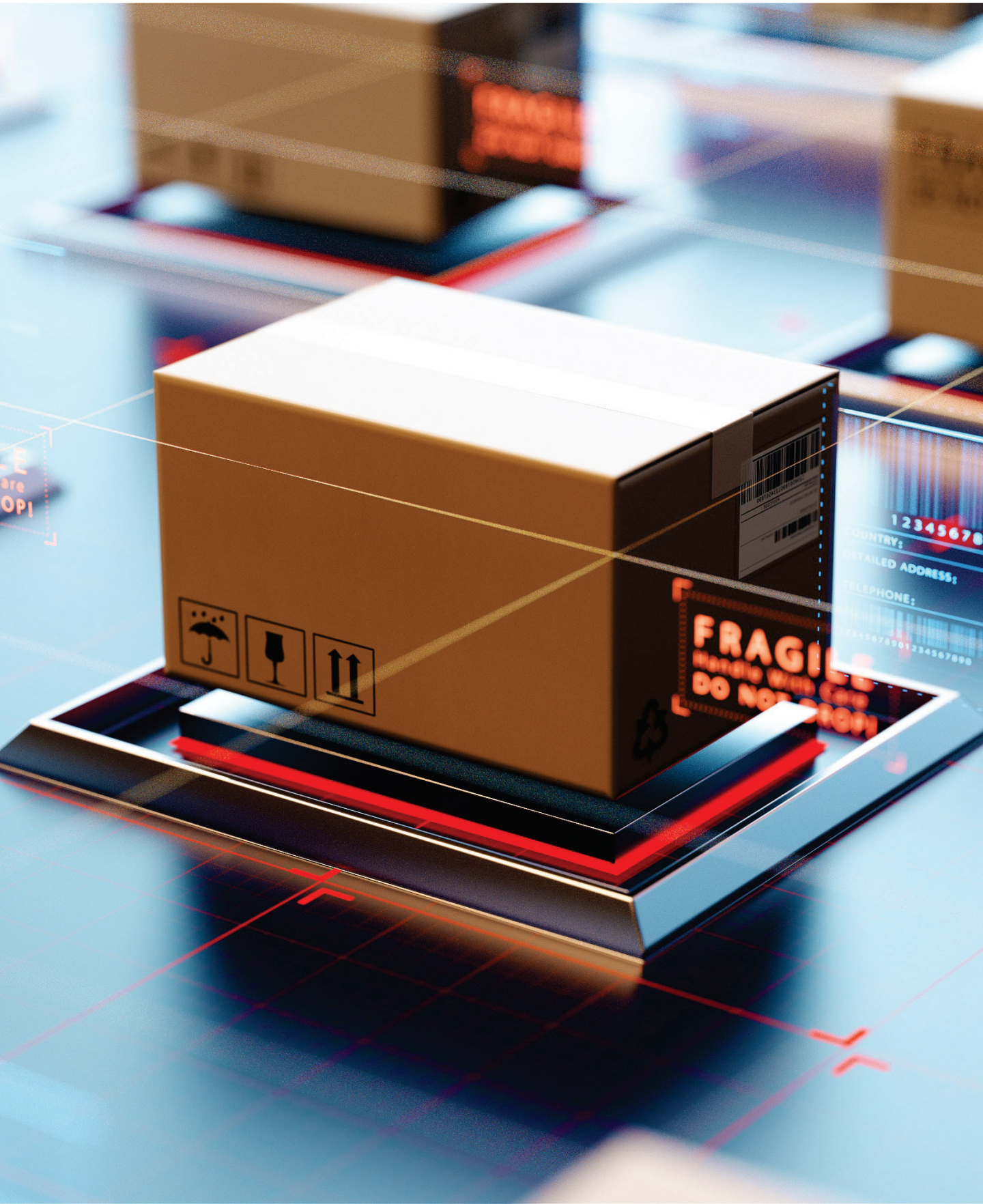
Verwender:
- Auf Standards für Bewirtschaftung der MW-Systeme bei Daten und Hardware achten
- Versandhandel: Endkundenaufklärung bzgl. Retouren, Änderung Aussehen; Bereitschaft mit pragmatischer Lösung zu starten, Pilot auszuprobieren

Für MW-Systemanlauf:
- Kleinen, spezifischen Piloten aufsetzen mit Zugeständnissen an Wirtschaftlichkeit, in geschlossenem Kreis
- Möglichst bestehende Strukturen nutzen (z.B. bestehende KEP-Infrastruktur)
- Wichtige KPIs «end-to-end» aufsetzen, um Messbarkeit zu etablieren

Mit Marktbegleitern, Zulieferern, Verbänden:
- Standards über Einzelunternehmen hinweg anstossen

1: Adaptiert nach McKinsey & Company 2020, S.9

8. Limitationen und Ausblick



Limitationen und Ausblick

Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen dieser Studie beziehen sich auf ein sehr breites Themenfeld. Damit verbunden sind inhaltliche Limitationen, die im Folgenden zusammen mit den methodischen Limitationen und der daraus resultierenden Aussagekraft der Ergebnisse benannt werden. Abschliessend wird ein Ausblick skizziert, der sich auf Handlungsfelder der Praxis konzentriert.

Limitation des Untersuchungsumfangs
Im Rahmen dieser Studie konnten die einzelnen Themencluster nur überblickshaft dargestellt und gezielt fokussiert beleuchtet werden. Daraus ergibt sich insbesondere eine Limitation hinsichtlich der Vollständigkeit der vorgestellten Ansätze. Ebenso wurden die Hebel und Beispiele mit Blick auf den thematischen Fokus der Konsortialpartner gewählt.

Limitationen von Methoden und Daten
Die Good Practices und die Experten-Interviews konzentrierten sich in geographischer Hinsicht auf den DACH-Raum.

Bei der Bewertung der Verpackungslösungen wurde ausschliesslich auf öffentlich verfügbare und Unternehmensdaten zurückgegriffen, was teilweise dazu führte, dass keine Bewertung des vollständigen Lebenszyklus möglich war. Insbesondere für den Footprint der konkreten Hersteller, von denen Verpackungen bezogen werden, standen nur in wenigen Fällen Daten zur Verfügung. Die Verwendung von Industrie-Durchschnitten führt dadurch zu einer Unschärfe in der Aussagekraft für den konkreten Fall.

Bei der ökologischen Bewertung stellt die Fokussierung auf den Carbon Footprint und das Kreislaufpotential, wie es zu Beginn dieser Studie definiert wurde, eine signifikante Einschränkung dar, etwa im Vergleich zu umfassenden Ökobilanzierungen, die sowohl validere Ergebnisse bzgl. des Carbon Footprints ergeben, als auch die Betrachtung umfassenderer ökologischer Zielgrössen erlauben.

Die Erhebungen, insbesondere hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Materialien, entsprechen aus heutiger Sicht dem State of the Art. Angesichts der zügigen Entwicklung auf diesem Gebiet ist die Liste für die Anwendungen in der Praxis jeweils aktuell zu halten.

Limitationen der Aussagekraft der Ergebnisse
Die Aussagen zu möglichen Nachhaltigkeitshebeln konnten jeweils nur mit der Einschränkung getroffen werden, dass eine Bewertung in einer konkreten Anwendungsumgebung vorzunehmen ist. Während allgemeine Faktoren, welche die Nachhaltigkeit beeinflussen, beschrieben werden können, bleibt für die Anwendung in der Praxis jeweils eine konkrete Bewertung unerlässlich, was einen hohen Aufwand bezüglich Modellierung und Datenerhebung bedeuten kann.

Ausblick auf weitere Ansatzpunkte
Es liegt nahe, die Arbeit an nachhaltigeren Industrieverpackungen anhand von vertiefenden Cases mit fundierter Fokussierung voranzutreiben, um «best practices» zu identifizieren. Auch können in jedem einzelnen Themencluster noch weitergehende Fragen bearbeitet werden – seien es weitere alternative Materialien, MW-Systeme für Übersee-Lieferketten im Handel und der Industrie, eine Vertiefung der Konsumentenperspektive bei MW-KEP-Transporten, oder die Etablierung von Recycling-Strömen durch grosse Verwender, gegebenenfalls auch durch Kooperationen mit anderen Unternehmen.

Die in der Studie behandelten Themen weisen dabei eine hohe, unmittelbare Relevanz für die Praxis auf und können als Hilfestellung für das Verfolgen nachhaltigerer Industrieverpackungslösungen verwendet werden.

Literaturverzeichnis



Literaturverzeichnis

Bücher, Aufsätze, Fachbeiträge und Medienberichte

Arlandis, A. (2022). «The Role of Postal Operators in the Circular Economy», in: Parcu, P.L., Brennan, T.J., Glass, V. (Hrsg.): «The Economics of the Postal and Delivery Sector. Business Strategies for an Essential Service», 1. Auflage, S. 285-302

Biron, M. (2018). «Thermoplastics and Thermoplastic Composites», 3. Auflage

Boeckle, U. (1994). «Modelle von Verpackungssystemen. Lebenszyklusorientierte Untersuchung», 1. Auflage

Brock, J., Volcovici, V., Geddie, J. (2021). «The recycling myth. Big oil's solution for plastic waste littered with failure. A Reuter's Special Report», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

CEPI, citpa, Alliance for Beverage cartons and the environment, & FEFCO. (2019). «Paper-based packaging recyclability guidelines. How to specify and design paper-based packaging in a way to ensure high quality recycling by the paper industry», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 01.12.2022)

Christiani, J. & **Beckamp**, S. (2020). «Was können die mechanische Aufbereitung von Kunststoffen und das werkstoffliche Recycling leisten?», in: Thiel, S., Thomé-Kozmiensky, E., Quicker, P., Gosten, A. (Hrsg.): «Energie aus Abfall, Band 17», 1. Auflage, S. 139-152

Conversio Market & Strategy GmbH (Hrsg.) (2020). «Global Plastics Flow 2018»

De Mello Soares, C.T., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., Karlsson, S. (2022). «Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios», in: Resources, Conservation & Recycling, Bd. 176, Art. 105905

ECHA [European Chemical Agency] (Hrsg.). (2021). «Chemical Recycling of Polymeric Materials from Waste in the Circular Economy", veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

Eisenhardt, K. (1989). «Building Theories from Case Study Research», in: The Academy of Management Review, Oct. 1989, Jg. 14, Nr. 4, S. 532-550

Ellen MacArthur Foundation (Hrsg.). (2020). «Upstream Innovation. A guide to packaging solutions», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

Environmental Paper Network (Hrsg.). (2018). «The State of the Global Paper Industry. Shifting Seas: New Challenges and Opportunities for Forests, People and the Climate», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

European Bioplastics (Hrsg.). (2022). «Bioplastics Market Development Update 2022», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

European Commission, Joint Research Centre (Hrsg.). (2012). «Product Environmental Footprint (PEF) Guide. Consolidated Version», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 01.12.2022)

Eurostat (Hrsg.). (2022a). «Recycling rates of packaging waste for monitoring compliance with policy targets, by type of packaging. Paper and cardboard packaging», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Eurostat (Hrsg.). (2022b). «Recycling rates of packaging waste for monitoring compliance with policy targets, by type of packaging. Plastic packaging», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

FH Campus Wien, Circular Analytics, Packforce Austria – das österreichische Verpackungsforum (Hrsg.) (2022): «Circular Packaging Design Guideline. Empfehlungen für recyclinggerechte Verpackungen», Version 05, veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

FNR [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.] (Hrsg.). (2020). «Biokunststoffe. Pflanze Rohstoffe Produkte», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 03.12.2022)

Fraunhofer Cluster of Excellence Circular Plastics Economy (CCPE) (Hrsg.). (2022). «Kunststoffbasierte Mehrwegsysteme in der Circular Economy. Eine Systemanalyse», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Fraunhofer-Institut für Umwelt-Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (Hrsg.). (2022). «Mehrwegsteige aus Kunststoff vs. Einwegkarton aus Pappe. Zwei Verpackungssysteme im Wettbewerb», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 03.12.2022)

Fraunhofer IML (Hrsg.). (2020). «Vergleichende CO2 Bilanz. Einweg-Kartonage versus Mehrweg-Verpackung für PKW-Räder und -Reifen», unveröffentlicht

Fraunhofer UMSICHT (Hrsg.). (2018). «Recycling von Biokunststoffen. UMSICHT nimmt Stellung», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Literaturverzeichnis

Bücher, Aufsätze, Fachbeiträge und Medienberichte (fortgesetzt)

García-Arca, J., Prado-Prado, J. C. & Gonzalez-Portela G. A. T. (2014). ‹‹Packaging logistics›: promoting sustainable efficiency in supply chains», in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Jg. 44, Nr. 4, S. 325-346

García-Arca, J., Comesaña-Benavides, J. A., Gonzalez-Portela G. A. T. & Prado-Prado, J. C. (2020). «Rethinking the Box for Sustainable Logistics», in: Sustainability, Jg. 12 Bd. 5, Art. 1870

Geissdörfer, K., Gleich, R., Wald, A. (2009). «Standardisierungspotentiale lebenszyklusbasierter Modelle des strategischen Kostenmanagements», in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 79, S. 693-716

GS1 Germany (2021). «Mehrwegsysteme (CC MTV)», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 08.12.2022)

Haubenreisser, M. (2021). «Transparent, sustainable and cost-effective. The GS1 SMART-Box in manufacturers to retail networks», Vortragsunterlagen veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 08.12.2022)

Lange, V. (2020). «Verpackungslogistik», in: Monika Kassmann (Hrsg.), «Grundlagen der Verpackung: Leitfaden für die fächerübergreifende Verpackungsausbildung», 3. Auflage, S. 325-355

Logistik heute (2021). «Behälter: Smart-Box von GS1 jetzt im Regelbetrieb», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 08.12.2022)

Maisels, A., Hiller, A., Simon, F.-G. (2021). «Chemisches Recycling für Kunststoffe, Status und Perspektiven», in: Chemie Ingenieur Technik, Jg. 93, Bd. 11, S. 1742-1750

Martin, H. (2014). «Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik», 9. Auflage

McKinsey & Company (Hrsg.). (2020). «The drive toward sustainability in packaging – beyond the quick wins», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 15.11.2022)

Molina-Besch, K. & **Pålsson**, H. (2020). «A simplified environmental evaluation tool for food packaging to support decision-making in packaging development», in: Packaging Technology and Science, Jg. 33, Bd. 4-5, S. 141-157

Nachbagauer, A., Schirl-Böck, I., Weiss, E. (2020). «Unerwartete Herausforderungen in Projekten erfolgreich managen. Erfahrungen aus der Human-Factors-, Hochsicherheits- und Resilienzforschung», 1. Auflage

Netherlands Institute for Sustainable Packaging (Hrsg.). (2020). «The State of Sustainable Packaging. Beyond Closing the Loops: PackForward», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

OECD [Organization for Economic Co-operation and Development] (Hrsg.). (2020). «Plastic waste by region and end-of-life fate», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Olsmats, C. & **Dominic**, C. (2003). «Packaging Scorecard – a Packaging Performance Evaluation Method», in: Packag. Technol. Sci. 2003; Jg. 16, Nr.1, S. 9–14

Orth, P., Bruder, J. & Rink, Manfred (2022). «Kunststoffe im Kreislauf. Vom Recycling zur Rohstoffwende», 1. Auflage

OTS (2022), «Grüne Verpackung. Neues Service ab Frühjahr 2023 für Versandunternehmen», veröffentlicht online am 03.11.2022 (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Packaging Europe (2018). «The case for industrial packaging sustainability», veröffentlicht online am 06.04.2018 (Link, zuletzt abgerufen am 18.11.2022)

Pfohl, H. C. (2018). «Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen», 9. Auflage

Plastics Recyclers Europe (Hrsg.). (2020). «Report on plastcs recycling statistics 2020», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

PlasticsEurope Deutschland (Hrsg.). (2022). «KreislaufwirtschaftPLUS. Handlungsempfehlungen für eine Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

Pomberger, R. (2021). «Über theoretische und reale Recyclingfähigkeit», in: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2021, Jg. 73, S. 24-35

Literaturverzeichnis

Bücher, Aufsätze, Fachbeiträge und Medienberichte (fortgesetzt)

PraxPack (Hrsg.). (2020). «Mehrwegversandverpackungssysteme im Business-to-Consumer und Business-to-Business Bereich. Werkstattpapier», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

PraxPack (Hrsg.). (2022). «Drei Jahre Forschung zu Mehrwegversandverpackungen im Onlinehandel. Lessons Learned und Ausblick. Abschlusskonferenz», Vortragsunterlagen veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Ramboll (Hrsg.). (2022a). «Comparative Life Cycle Assessment (LCA). Packaging solutions for the food segment», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Ramboll (Hrsg.). (2022b). «Hot-spot analysis of eCommerce logistic chain. Single use vs. reusable solutions», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

RecyClass (Hrsg.). (2022). «Definition Recyclability», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.09.2022)

Rosenboom, J. G., Langer, R. & Traverso, G. (2022). «Bioplastics for a circular economy», in: Nat Rev Mater 7(2), S. 117-137

Sala, S., Amadei, A. M., Beylot, A. & Ardente, F. (2021). «The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades», in: The International Journal of Life Cycle Assessment, Jg. 26, S. 2295–2314

Silva, N. & **Pålsson**, H. (2022). «Industrial packaging and its impact on sustainability and circular economy: A systematic literature review», in: Journal of Cleaner Production, Bd. 333, Art. 130165

SimaPro (Hrsg.). (2016). «Introduction to LCA with SimaPro», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 01.12.2022)

Solis, M. & **Silveira**, S. (2020), «Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL assessment», in: Waste Management 105, S. 128-138

Sphera (Hrsg.). (2022). «Life Cycle Assessment of Chemical Recycling for Food Grade Film», veröffentlicht online (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Swiss Recycling (Hrsg.). (2022). «Rezyklierbarkeit / Zirkularität», veröffentlich online (Link, zuletzt abgerufen am 05.12.2022)

Tutus, A. & **Çiçekler**, M. (2018), «Waste Paper Recycling. Contributions to Giresun and Turkey Economies», in: International Technological Sciences and Design Symposium

Victory, M. (2022). «EU Commission Packaging and Packaging Waste Directive revision will have major consequences for packaging chain», veröffentlicht online am 30.11.2022 bei ICIS Independent Commodity Intelligence Services (Link, zuletzt abgerufen am 05.12.2022)

Wandosell, G., Parra Merono, M.C., Alcayde, A., Banos, R. (2021). «Green Packaging from Consumer and Business Perspective», Sustainability, Bd. 13 (3), Art. 1356

Weiss, U. (2020). «Verpackungsentsorgung und Kreislaufwirtschaft», in: Monika Kassmann (Hrsg.), «Grundlagen der Verpackung: Leitfaden für die fächerübergreifende Verpackungsausbildung», 3. Auflage, S. 357-377

World Bank (Hrsg.). (2018). «What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050» (Link, zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Normen und Richtlinien

Deutsches Institut für Normung:
DIN 55405:2014-12: Verpackung - Terminologie - Begriffe

International Organization for Standardization:
ISO 14040:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework
ISO 14044:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

Richtlinien des VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.:
VDI 2243: Recyclingorientierte Produktentwicklung (2002)
VDI 3617: Einweg-/Mehrwegverpackungen - Anforderungen und Entscheidungshilfen für den Kostenvergleich (2010)
VDI 4407: Entscheidungskriterien für die Auswahl mehrwegfähiger Ladungsträger in Form von Transportverpackungen (2009)
VDI 4460: Mehrwegtransportverpackungen und Mehrwegsysteme zum rationellen Lastentransport (2003)

Anhang



Übersicht der geführten Interviews

Die Autoren bedanken sich herzlich bei allen Expertinnen und Experten, die für Interviews zur Verfügung standen:

Alternative Materialien für Packstoffe	
Dipl.-Ing. Dirk Breitkreuz	Geschäftsführer/CEO, WETROPA Kunststoffverarbeitung GmbH & Co. KG [DE]
Jürgen J. Krahé	Senior Commercial Director EMEA, ORBIS Europe [DE]
Matthew Smyth	Director of Circular Services, Stora Enso [SE]
Felix Mynarek	Projektmanager Compliance Services, Interseroh+ GmbH [DE]
	Professor im Fachgebiet Organische und Prozesschemie an einer Hochschule [CH]
Prof. Dr. Selcuk Yildirim	Leiter des Zentrums für Lebensmittelherstellung und -verpackung, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) [CH]
Prof. Dr. Rudy Koopmans	Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR); Director des Plastics Innovation Competence Center, Fribourg [CH]
Dr. Alexander Kronimus	Leiter Geschäftsbereich Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft, PlasticsEurope Deutschland [DE]
Verbessertes Recycling	
David Model	Head of Recovered Paper, Model Holding AG [CH]
Dr. Christian Sonnendecker	Postdoktorand am Institut für Analytische Chemie, Universität Leipzig [DE]
Matthias Schäfer	Gründer/Geschäftsführer, re-strap GmbH [DE]
Prof. Dr. Jürgen Belle	Professur für Verfahrenstechnik der Papier- und Kartonherstellung, Hochschule München [DE]
Heinz Böni	Forschungsgruppenleiter CARE (Critical Materials and Resource Efficiency), Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt [CH]
Prof. Dr. Sonia Valdivia	Scientific Director, World Resources Forum; Convener der ISO 59014 [CH]
Einführung oder Verbesserung von Mehrwegsystemen	
	Geschäftsleitung, kickbag GmbH [CH]
	CSR Management bei einem deutschen Versandhändler [DE]
	Logistik, JUMBO (Coop Bau+Hobby) [CH]
	Strategie, JUMBO (Coop Bau+Hobby) [CH]
Jochen Wessels	Geschäftsleitung Vertrieb, Georg Utz GmbH [DE]
	Supply Chain Management bei einem internationalen Konsumgüterhersteller [CH]
	Geschäftsleitung, hey circle [DE]
Übergreifend	
	Forscher im Bereich Verpackungen [DE]
	Recycling-Experte [CH]

Studieninventar (I/IV)

Das Studieninventar fasst einige der herausstechenden Forschungsbeiträge, die in diese Studie eingegangen sind, in steckbriefartiger Form zusammen.

Es kann als Ausgangspunkt dienen, um sich vertieft mit dem Forschungsgebiet auseinanderzusetzen. Die folgenden beiden Studien geben dabei einen Überblick über die **übergreifenden Forschungstrends**.

Titel	«Industrial packaging and its impact on sustainability and circular economy. A systematic literature review»
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Journal of Cleaner Production, Bd. 333, Art. 130165
Autor/Organisation	Nathalie Silva, Henrik Pålsson (beide: Lunds Universitet)
Auftraggeber	---
Umfang	13 Seiten
Ziel	Überblick über die Forschung im Bereich Industrial Packaging, ihre Beziehung zu Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft sowie mögliche Forschungsrichtungen
Methodik	Systematischer Literaturreview von englischsprachigen, peer-reviewed Forschungsartikeln in der Datenbank «Web of Science», die sich mit «Industrial Packaging» beschäftigen
Inhalt und Ergebnis	▪ Explorative Identifikation von 98 relevanten Forschungsartikeln (aus 2227 Einträgen) zu «Industrial Packaging» ▪ Identifikation von vier Hauptkategorien von Papern, auf Basis von Inhaltsanalysen: «Improve supply chain efficiency encompassing industrial packaging», «Minimise environmental impact of industrial packaging», «Enhance industrial packaging development process», «Implications of industrial packaging regulatory compliance» ▪ Angewandte Forschungsmethodiken: Vor allem Case Studys, Theoretische und mathematische Modellbildung ▪ Zeitliche Entwicklung des Forschungsfokus der relevanten Journals: Nachhaltigkeit insbesondere seit 2015 ▪ Untersuchte Nachhaltigkeitsdimensionen: Fokus zu Beginn auf Wirtschaftlichkeit, seit einigen Jahren vermehrt Untersuchung ökologischer Aspekte; geringere Berücksichtigung der sozialen Nachhaltigkeitsdimension ▪ Kreislaufwirtschafts-Ansätze im Fokus: «Classic Long Life» (Reuse/Repair), «Extending resource value» (Recycle) ▪ Forschungsmöglichkeiten zu Nachhaltigkeit und Circular Economy bestehen in allen vier Hauptkategorien
Zentrale Prämissen & Limitationen	Beschränkung der Stichprobe durch Nutzung der spezifischen Literaturdatenbank und der spezifischen Suchwörter

Titel	«Green Packaging from Consumer and Business Perspective»
Veröffentlichungsdatum	2021
Ort	Sustainability, Bd. 13 (3), 1356
Autor/Organisation	Gonzalo Wandosell, María C. Parra-Meroño (beide: Catholic University of Murcia), Alfredo Alcayde, Raúl Baños (beide: University of Almería)
Auftraggeber	---
Umfang	19 Seiten
Ziel	Überblick über Forschung zu «Green Packaging», insb. mit Blick auf die Kunden- und Geschäftsperspektive
Methodik	Systematischer Literaturreview in der Datenbank «Scopus» und Analyse mittels bibliometrischer Verfahren
Inhalt und Ergebnis	▪ Explorative Identifikation von 1620 Forschungsartikeln, insbesondere stark anwachsend seit 2017 ▪ Identifikation der wesentlichen Journals ▪ Identifikation von drei inhaltlich verschiedenen, wesentlichen «Communities» auf Basis von statistischen Analysen der Worthäufigkeit: Materialien für Packstoffe, mit Fokus auf Lebensmittelsicherheit; Materialien für Packstoffe, mit Fokus auf Materialforschung; Consumer and Business Management ▪ Überblick über die existierende Forschung aus Kunden- und Geschäftsperspektive (insbesondere Design und Materialien, Kosten, Waste Management und Kreislaufwirtschaft, Logistik und Supply Chain Management, Marketing-Strategien und Corporate Social Responsibility)
Zentrale Prämissen & Limitationen	Beschränkung der Stichprobe durch Nutzung der spezifischen Literaturdatenbank und der spezifischen Suchwörter

Studieninventar (II/IV)

Die folgenden beiden Studien stellen umfangreiche Übersichten zu **alternativen Materialien** dar. Zu einzelnen Materialarten sind dabei häufig spezifische Überblicksartikel erschienen.

Titel	«Upstream Innovation. A guide to packaging solutions»
Veröffentlichungsdatum	2020
Ort	Veröffentlicht im Internet
Autor/Organisation	Ellen MacArthur Foundation project team
Auftraggeber	---
Umfang	101 Seiten
Ziel	Praktische Ansätze für die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft für Verpackungen durch «Upstream Innovation» (neuartige Ansätze für die Gestaltung von Verpackungen)
Methodik	Fallstudien
Inhalt und Ergebnis	▪ Vorstellung der drei relevanten Ansatzhebel «Rethinking the packaging», «Rethinking the product», «Rethinking the business model» ▪ Darstellung von über 100 Fallstudien für Upstream Innovation, unterteilt in die Strategien «Elimination» (direkt / innovativ), «Reuse» und «Material circulation» (Plastikrecycling, Plastikkompostierung, Substitution mit Nicht-Plastik-Material) für Konsum- und Industrieverpackungen ▪ Diskussion von Massnahmen zur Implementierung der beschriebenen Hebel in einem Unternehmen (unternehmensweite Vision und Ziele, eine Intrapreneurial Culture, Nutzung von externem Input, Aufbrechen von Silos, und geduldiges Kapital) und der drei Schritte «Define», «Identify» und «Evaluate» sowie dem Einsatz und den Beschränkungen von Ökobilanzen (LCA)
Zentrale Prämissen & Limitationen	Auswahl der Fallstudien

Titel	«Bioplastics for a circular economy»
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Nature Reviews Materials, Bd. 7, S. 117-137
Autor/Organisation	Jan-Georg Rosenboom, Robert Langer, Giovanni Traverso (alle: Massachusetts Institute of Technology)
Auftraggeber	---
Umfang	21 Seiten
Ziel	Untersuchung der Vorteile und Herausforderungen von Bioplastik für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
Methodik	Literaturreview von Quellen zu Biokunststoffen aus der wissenschaftlichen Forschung, von Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen sowie Industriedarstellungen, bis Ende 2021
Inhalt und Ergebnis	▪ Übersicht über die verschiedenen, heute relevanten Arten von Biokunststoffen und Diskussion der wesentlichen Polymere, u.a. Darstellung ihres CF, typischer Preise sowie die für den Abbau benötigte Zeitspanne ▪ Diskussion der verschiedenen End of Life-Szenarien und relevanter Labels ▪ Biokunststoffe können geringeren CF haben als konventionelle Kunststoffe, können mit bestehenden Recycling-Strömen kompatibel oder bioabbaubar sein – dies hängt jeweils vom einzelnen Kunststoff ab. Ihre Nachhaltigkeit hängt von ihrer Herstellung, Verwendung und Entsorgung ab. Dabei stellt der biologische Abbau von Biokunststoffen häufig keine besonders nachhaltige Entsorgung dar. Der Preis von Biokunststoffen ist vielfach noch eine Barriere für ihre Verwendung. ▪ Um die ökologische Nachhaltigkeit einer Anwendung von Bioplastik zu bewerten, ist eine Ökobilanz (LCA) notwendig, diese sind jedoch komplex in der Erstellung und nicht vereinheitlicht und können deshalb nur beschränkt eine Entscheidungsgrundlage darstellen. ▪ Regulatorische Änderungen können einen wesentlichen Einfluss auf die Adoption von Biokunststoffen nehmen.
Zentrale Prämissen & Limitationen	Auswahl der Kunststoffe, globale Durchschnittswerte

Studieninventar (III/IV)

Für den Themencluster **Recycling** finden sich im Folgenden eine Übersichtsdarstellung von Recycling-Guidelines, sowie eine Studie zum Ausblick auf den globalen Rollout neuartiger Recyclingverfahren.

Titel	«Circular Packaging Design Guideline. Empfehlungen für recyclinggerechte Verpackungen», Version 05
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Veröffentlicht online
Autor/Organisation	FH Campus Wien, Circular Analytics, Packforce Austria – das österreichische Verpackungsforum (Hrsg.)
Auftraggeber	---
Umfang	108 Seiten
Ziel	Zusammenfassende Empfehlungen für recyclinggerechte Verpackungen, insbesondere für Haushaltsverpackungen, mit geographischen Fokus AT, DE, NL und Länder mit ähnlicher Entsorgungsinfrastruktur
Methodik	Konsolidierung von über 15 «Design for Recycling»-Guidelines, Abstimmung der Ergebnisse mit Experten
Inhalt und Ergebnis	▪ Darstellung der grundlegenden Designprinzipien «Effektivität», «Effizienz», «Gesundheit und Sicherheit», «Zirkularität», des relevanten regulatorischen Hintergrunds, insbesondere mit Blick auf die Vorgaben seitens der Europäischen Union z.B. bzgl. Recycling-Zielen, sowie der grundlegenden Abfallhierarchie (Vermeidung – Vorbereitung zur Wiederverwendung – Recycling – Sonstige Verwertung – Beseitigung) ▪ Darstellung relevanter Bewertungsmethoden für die Recyclingfähigkeit ▪ Hauptkriterien zur Gestaltung recyclingfähiger Verpackungen: Dies beinhaltet insbesondere die Materialien/Zusätze, die Material- und Druckfarben, die Rest-Entleerbarkeit, Verschluss/Kleinteile ▪ Materialspezifische Designempfehlungen, für Verpackungen aus Kunststoffen, Verbundmaterialien, PPK, Glas, Weissblech und Aluminium ▪ Darstellung materialspezifischer Sammel-/Verwertungsstrukturen für Deutschland, Österreich, die Niederlande
Zentrale Prämissen & Limitationen	Geographische Einschränkung, Fokus auf Haushaltsverpackungen

Titel	«Recycling of multi-material multilayer plastic packaging. Current trends and future scenarios»
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Resources, Conservation & Recycling, Bd. 176, Art. 105905
Autor/Organisation	Camila Távora de Mello Soares, Monica Ek, Sigbritt Karlsson (alle drei: KTH Royal Institute of Technology, Stockholm), Emma Östmark, Mikael Gällstedt (beide: Stora Enso Innovation Centre for Biomaterials)
Auftraggeber	---
Umfang	10 Seiten
Ziel	Einschätzung der Entwicklung von Recycling-Infrastrukturen für Multi-material multilayer plastic packaging (MMPP), wobei Chemisches Recycling einen der möglichen Recycling-Wege darstellt
Methodik	Experteninterviews (mit Experten aus High-Income- und Low-Income-Ländern), Szenarien-Entwicklung, Online-Befragung der Experten zu den Szenarien, Inhaltsanalyse
Inhalt und Ergebnis	▪ Global unterschiedliche Entwicklung der Recycling-Infrastrukturen erwartet, auch über die nächsten 5-10 Jahre, unter Verwendung u.a. von fortgeschrittenen Sortiertechnologien, Chemischem Recycling ▪ Kerntreiber für Entwicklung: Regulatorischer Druck; Verfügbarkeit von Technologien zur Sortierung/Trennung ▪ Zu chemischen (feedstock) Recycling: Unterschiedliche Meinung unter den Experten hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Vorteile, z.B. mit Blick auf den hohen Energiebedarf und die Kosten für Betrieb und Skalierung – Rollout über die nächsten fünf bis zehn Jahre v.a. in High-Income-Ländern erwartet, insb. in Europa und Nordamerika
Zentrale Prämissen & Limitationen	Auswahl und Subjektivität der Experten, Auswahl der untersuchten Szenarien

Studieninventar (IV/IV)

Für **Mehrweg-Systeme** im industriellen Umfeld existieren etablierte Darstellungen; im Folgenden daher zwei aktuelle Beiträge, die sich mit Mehrweg-Systemen im (Online-)Handel beschäftigen.

Titel	«Mehrwegsteige aus Kunststoff vs. Einwegkarton aus Pappe. Zwei Verpackungssysteme im Wettbewerb»
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Veröffentlicht online
Autor/Organisation	Stefan Albrecht, Matthias Fischer, Florian Gehring, Tim Prescher (alle vier: Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP), Jürgen Bertling, Stephan Kabasci, Anna Schulte (alle drei: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT)
Auftraggeber	Stiftung Initiative Mehrweg (SIM)
Umfang	43 Seiten
Ziel	Erklärung der unterschiedlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen zwischen Studienergebnissen, welche MW-Systeme in bestimmten Anwendungsumgebungen als vorteilhaft einstufen (u.a. Fraunhofer CCPE 2022), und Studienergebnissen, welche EW als vorteilhafter sehen (Ramboll 2022a, Ramboll 2022b)
Methodik	Gegenüberstellung der Studien, Diskussion der jeweiligen Annahmen und Schlussfolgerungen
Inhalt und Ergebnis	▪ Diskussion der Ursachen für abweichenden Ergebnisse bei Ökobilanzen, insbesondere durch unterschiedliche Basisszenarien und Parameter sowie die Modellierung der End of Life-Prozesse ▪ Detaillierter Vergleich der Grundlagen und Annahmen der Studien Fraunhofer CCPE 2022 und Ramboll 2022a im Vergleich (Untersuchungsrahmen und variierte Parameterwerte, Umläufe, Bruchrate, stoffliche Verwertung) – signifikanter Einfluss dieser Parameter, die in den beiden Studien teilweise sehr verschieden gewählt wurden
Zentrale Prämissen & Limitationen	Spezifische Anwendungsumgebungen und Annahmen zu Kernparametern

Titel	«Drei Jahre Forschung zu Mehrwegversandverpackungen im Onlinehandel. Lessons Learned und Ausblick»
Veröffentlichungsdatum	2022
Ort	Veröffentlicht online
Autor/Organisation	Anna Falkenstein, Till Zimmermann, Lisa Rödig (alle: Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH)
Auftraggeber	---
Umfang	36 Seiten
Ziel	«Entwicklung und pilothafte Erprobung von praxistauglichen und ressourceneffizienten» MW-Systemen für den KEP-Transport im Onlinehandel und Ermittliung der notwendigen Änderungen an den Geschäftsmodellen, um wirtschaftliche Tragfähigkeit der MW-Systeme sicherzustellen
Methodik	Praktische Erprobung von MW-Lösungen für den KEP-Versand im Onlinehandel mit Pilotpartnern in Deutschland (2018-2022); Abschlussdiskussion: Aufbereitung der Lessons Learned und Paneldiskussionen in Expertengruppen
Inhalt und Ergebnis	▪ «Lessons Learned»: Reduktion der Umweltwirkungen aus Verpackungen im Onlinehandel durch MW möglich; Mehrkosten wesentliche Barriere, insbesondere aus Rückführtransport, Umstellung logistischer Prozesse für Rückführung und Anpassung IT-Systeme; Lösungsansatz wäre eine Vereinfachung der Rückführung durch «kollaborative Rückführungsinfrastruktur» und flächendeckende Rückgabemöglichkeiten (Höhere Rücksendequote bei Rückgabe via Briefkästen als via einzelner Paketshop-Ketten) ▪ MW im Onlinehandel in Deutschland noch nicht etabliert, weitere Entwicklung unklar ▪ Umstellung logistischer Prozesse als zentrale Herausforderung, erfordert «Hands-On-Mentalität» ▪ Ergebnisse der Abschlussdiskussionen: Mehrere kompatible, «idealerweise standardisierte» MW-Lösungen mit «effizienter kollaborativer Rückführungslogistik» als Ziel – Start solcher Kollaborationen als grosse Barriere; aus ökologischer Sicht besondere Bedeutung von hohen Umläufen und kurzen Transportwegen
Zentrale Prämissen & Limitationen	Anwendungsumgebungen der konkreten Pilotpartner (Versender, MW-Lösungsanbieter)

