



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Analyse von verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien ausgewählter Unternehmen der Milchindustrie in Bezug auf die neue Verpackungs- und Verpackungsabfallverordnung der Europäischen Kommission“

verfasst von / submitted by

Hannah Sophie Gebhard, B.Sc.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna, 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Doz. Mag. Dr. Manfred Tacker

Danksagung

Allen vorweg danke ich Hr. Univ.-Doz. Mag. Dr. Manfred Tacker für die gegebene Möglichkeit und Betreuung dieser spannenden Masterarbeit.

Besonderer Dank geht auch an das Team von Circular Analytics, an das ich mich ebenfalls bei Fragen immer wenden konnte und das mir mit fachlichen Inputs und Ratschlägen sehr weitergeholfen hat.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner Familie, die mich während des gesamten Studiums stets unterstützt haben und mir stets zur Seite gestanden sind.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Formelverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung	1
1.1. Ausgangslage und Relevanz des Themas.....	1
1.2. Aufbau der Arbeit	2
2. Die Milchindustrie im D/A/CH-Raum.....	3
2.1. Strukturen der Milchwirtschaft	3
2.1.1. Deutschland	4
2.1.2. Österreich	6
2.1.3. Schweiz.....	8
3. Einordnung Nachhaltigkeit & Lebensmittelverpackungen	10
3.1. Lebensmittelverpackungen.....	10
3.1.1. Anforderungen an die Verpackung	10
3.1.2. Kontextrelevante Verpackungsmaterialien	11
3.2. Nachhaltigkeit: Entwicklung und Begriffsbestimmung.....	16
3.3. Nachhaltiges Verpackungsdesign	18
4. Analyse des Umfelds der Molkereiproduktverpackungen	22
4.1. Marktübersicht und Forschungsstand bzgl. nachhaltigen Alternativen.....	22
4.1.1. Milchverpackungen	23
4.1.2. Joghurtverpackungen.....	31
4.2. Recycling in der EU.....	38
4.2.1. Recycling von Kunststoffabfällen.....	40
4.2.2. Recycling von Joghurtbechern	42
4.2.3. Recycling von Getränkeverbundkartons	47
4.3. Rechtlicher Rahmen.....	50
4.3.1. Europäische Union	50

4.3.2.	Schweiz.....	55
4.3.3.	Vorschlag für eine Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfall (PPWR)	56
4.4.	Anforderungen an Verpackungen & Ziele im Lebensmitteleinzelhandels.....	65
5.	Material und Methoden.....	71
5.1.	Material: Unternehmen in der Milchwirtschaft.....	72
5.2.	Methodik	73
5.3.	Ergebnisse	76
6.	Diskussion.....	95
7.	Conclusio und Ausblick	110
8.	Kurzfassung	114
9.	Abstract.....	115
10.	Literaturverzeichnis	116
	Anhang.....	VI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Top 10 Milchunternehmen in Deutschland 2020 (eigene Darstellung nach MIV., 2020b).....	6
Abbildung 2 Umsatz der fünf größten Molkereien in Österreich in Millionen Euro (Eigene Abbildung nach VÖM, Nikolic,2022)	8
Abbildung 3 Milchmenge in Millionen Kilogramm in der Schweiz (nach SMP, 2023).....	9
Abbildung 4 Einteilung der Biopolymere (European Bioplastics, 2022).....	13
Abbildung 5 Die drei Säulen der Nachhaltigkeit (Batz, 2021).....	18
Abbildung 6 FSC MIX Logo (FSC, 2023)	22
Abbildung 7 PEFC-Logo (PEFC, 2023)	23
Abbildung 8 Abfallaufkommen in der EU in "kg per capita" in den Jahren 2006-2040 (European Commission, 2022)	38
Abbildung 9 Recyclingraten von Verpackungsabfall in der EU und der Europäischen Wirtschaftsumgebung 2019 (European Commission, 2022)	39
Abbildung 10 Recyclingkreisläufe (modifiziert nach Kaiser, 2006)	41
Abbildung 11 Arten des Kunststoffrecyclings (Kaiser, 2006).....	41
Abbildung 12 Recyclingverfahren von GVKs (Fachverband Kartonverpackungen & für flüssige Nahrungsmittel e.V., 2023)	48
Abbildung 13 Farbcodes D4R (ALDI Einkauf SE & CO. oHG & ALDI SÜD KG, 2023).....	67
Abbildung 14 Symbole für Trennhinweise der ALDI Süd Eigenmarkenverpackungen (ALDI SÜD, 2023a)	94
Abbildung 15 Gesamtübersicht der Verteilung innerhalb der Checkliste der untersuchten Unternehmen (eigene Darstellung).....	95
Abbildung 16 Verpackungen der Unternehmensgruppe Theo Müller. Von Links: Weihenstephan GVK, Landliebe Joghurt (Direktdruck), Müller Joghurt (Etikett), Weihenstephan Joghurt (Banderole).	XXIII
Abbildung 17 Verpackungen der Biomolkerei Söbekke. Von Links: Mehrweg-Pfandglas Joghurt, Joghurt mit Banderole.....	XXIII
Abbildung 18 Verpackungen der Upländer Bauernmolkerei. Von Links: GVK (PurePak Classic), Etikett Joghurt-Mehrwegglas (Recyclingpapier)	XXIII
Abbildung 19 Verpackungen der Milchwerke Berchtesgadener Land. Von Links: Knusper-Joghurt (Banderole), Mehrweg-Pfandflasche, GVK, Banderolen-Innenseite eines Joghurtbechers.....	XXIV
Abbildung 20 Verpackungen der Berglandmilch. Von Links: GVK, GVK (PurePak Classic), Mehrweg-Pfandglas Joghurt (Schärdinger), Joghurt (Banderole, Schärdinger)	XXIV
Abbildung 21 Joghurtmehrweg-Pfandglas und Milchflaschen des Lechnerhofs Bayrischzell.	XXV

Abbildung 22 Verpackungen von ALDI SÜD. Von Links: Joghurtbecher ("bio"), GVK (Milsani) ((ALDI SÜD, 2023c))	XXV
Abbildung 23 Verpackungen der Privatmolkerei Bechtel. Von Links: Joghurtbecher (Direktdruck), GVK (Tetra Rex).	XXV
Abbildung 24 Verpackungen der Erlebnissenerei Zillertal. Von Links: Joghurtbecher (mit Banderole), GVK Milch, GVK Honigmilch (PurePak Sense).	XXVI
Abbildung 25 Verpackung von Emmi: Caffè Latte	XXVI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Getränkeverbundkartons Tetra Pak für Frischmilch und haltbare Milch (aus Tetra Pak, 2023a)	24
Tabelle 2 Elopak Getränkekartons (aus Elopak, 2023)	25
Tabelle 3 SIG-Getränkeverbundkartons (aus SIG, 2023)	27
Tabelle 4 Ergebnisse der österreichischen Kunststoffstudie. Die beste Verpackungsoption für Frischmilch je Kategorie (nach Wenger et al., 2022).....	30
Tabelle 5 Becheroptionen von Greiner Packaging nach Material, Dekoration und Technologie (aus Greiner Packaging, 2023a)	31
Tabelle 6 Joghurtbecher-Möglichkeiten der Firma Optipak nach Material, Dekoration und Technologie (aus Optipack, 2023)	33
Tabelle 7 Nachhaltigere Verpackungslösungen von Paccor bezüglich Joghurtbechern nach Material, Dekoration, Option und Technologie (aus Paccor, 2023)	34
Tabelle 8 Ergebnisse der österreichischen Kunststoffstudie. Die beste Verpackungsoption für Joghurt je Kategorie (modifiziert nach Wenger et al, 2022).....	37
Tabelle 9 Recyclingziele nach Verpackungstyp 2025/2030: Recyclinganteil des Verpackungsabfalls je Verpackungstyp und Gesamt (aus European Commission,2022c)....	61
Tabelle 10 Recyclingfähigkeit von Verpackungen: Leistungsgerade und Bewertung der Rezyklierbarkeit pro Verpackungseinheit, in Gewicht (modifiziert nach European Commission, Annex II, Tabelle 2, 2022)	62
Tabelle 11 Geforderte Mindestmengen an PCPW je Verpackungstyp bis 2030/2040 (aus European Commission, 2022c)	62
Tabelle 12 Beispiele Wiederverwendungs-/Nachfüllungsziele nach verschiedenen verpackten Produkten bis 2030 und 2040 (aus European Commission, 2022c)	63
Tabelle 13 Zu untersuchende repräsentative Unternehmen der Milchwirtschaft	72
Tabelle 14 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie (eigene Darstellung).	74

Tabelle 15 Übersicht der "best case" Gestaltung der Verpackungen (PP, PS, Getränkearten) nach der ALDI-Guideline für Rezyklierbarkeit (ALDI, 2023).....	VI
Tabelle 16 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Privatmolkerei Bechtel.....	IX
Tabelle 17 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Milchwerke Berchtesgadener Land.....	X
Tabelle 18 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Biomolkerei Söbbeke.....	XI
Tabelle 19 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Lechnerhof Bayrischzell	XIII
Tabelle 20 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Unternehmensgruppe Theo Müller	XIV
Tabelle 21 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Upländer Bauernmolkerei.....	XV
Tabelle 22 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Berglandmilch.....	XVII
Tabelle 23 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Erlebnissenerei Zillertal	XVIII
Tabelle 24 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Emmi-Group.....	XIX
Tabelle 25 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: ALDI SÜD.....	XXI

Formelverzeichnis

Formel 1 Berechnung des recyclebaren Kunststoffanteils (PP, PS oder PET) einer Verpackung (nach RecyClass, 2022)	42
--	----

Abkürzungsverzeichnis

bio	biologisch
BIP	Bruttoinlandsprodukt
bzgl.	Bezüglich
bzw.	Beziehungsweise
CH₄	Methan
CO₂	Kohlenstoffdioxid
ct	Cent
D/A/CH	Deutschland, Österreich, Schweiz
DMK	Deutsches Milchkontor
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EU	Europäische Union
FSC	Forest Stewardship Council
GVK	Getränkeverbundkarton
h	Hektar
HD-PE	High-density Polyethylene
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
K3	Drei Komponenten
kg	Kilogramm
l	Liter
LCA	Lebenszyklusanalyse
LD-PE	Low-density Polyethylene
Mio.	Millionen
MO	Mikroorganismen
Mrd.	Milliarden
NO_x, SO_x	Sickstoffmonooxid, Schwefelmonoxid
NWAROS	Nachwachsende Rohstoffe
PA	Polyamid
PC	Post-Consumer
PCPW	Post-Consumer Plastic Waste
PCR	Post-Consumer-Rezyklat
PE	Polyethylen
PEF	Polyethylenterephthalat
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes

PET	Polyethylenterephthalat
PHA	Polyhydroxyalkanoate
PPWD	Packaging and packaging waste direction
PPWR	Packaging and packaging waste regulation
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
rPET	Recycletes PET
SIG	Schweizerische Industriegesellschaft
t	Tonnen
Tsd.	Tausend
u.a.	Unter anderem
UTM	Unternehmensgruppe Theo Müller
vgl.	vergleiche
µg	Mikrogramm

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurden in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung geschlechtsspezifischer Formulierungen verzichtet. Es soll hiermit aber ausdrücklich erwähnt werden, dass bei der Angabe der maskulinen Form alle Geschlechter gemeint sind.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage und Relevanz des Themas

Die Milchwirtschaft ist weltweit einer der wichtigsten Sektoren in der Land- und Ernährungswirtschaft, dabei gilt die Milch als das meist konsumierteste Milchprodukt der Welt (Cappiello et al., 2022). Beispielsweise ist der Milchsektor mit einem Produktionswert von 11,1 Milliarden Euro (€) im Jahr 2019 der wichtigste Produktionszweig der deutschen Landwirtschaft. Damit liegt er deutlich vor dem Getreideanbau oder der Schweinemast (MIV, 2020a). Sie spielt aufgrund ihrer ernährungsphysiologischen Vorteile wie dem Mikronährstoffreichtum und der leichten Verarbeitbarkeit eine wichtige Rolle in der Ernährung der Menschen. So sollten nach den Empfehlungen der österreichischen Ernährungspyramide täglich drei Portionen Milchprodukte konsumiert werden (AGES, 2023). Laut der FAO wurde, entgegen den COVID-19-Marktstörungen, ein Anstieg der weltweiten Milcherzeugung im Jahr 2020 um 1,4 % im Vergleich zum Vorjahr und ein Produktionswert von 860 Tonnen (t) vorhergesagt (FAO, 2020). Auch im Verpackungsbereich hat sie große Relevanz, da in einem Prognosezeitraum von 2020-2025 eine jährliche Wachstumsrate des Milchverpackungsmarktes von 5,2 % erwartet wird (Mordor Intelligence, 2020). Zudem sind Verpackungen ein Hauptverbraucher von neuen Materialien. Grund dafür ist, dass 40 % der Kunststoffe und 50 % des Papiers in der Europäischen Union (EU) für die Herstellung dieser verwendet werden. Hinzu kommt, dass die Umhüllungen allein 36 % der festen Siedlungsabfälle ausmachen (Coelho et al., 2020). Die Menge der Verpackungsabfälle steigt, häufig sogar schneller als das Bruttoinlandseinkommen (BIP). Der Abfall beläuft sich im Jahr pro Kopf auf 180 kg (2019) und soll laut Prognosen im Jahre 2030 auf 209 kg und 245 kg im Jahr 2040 steigen. Diese Art des Abfalls ist in der EU in den letzten zehn Jahren um mehr als 20 % angestiegen und wird bis 2030 um weitere 19 % ansteigen, wenn keine Maßnahmen ergriffen werden würden (European Commission, 2022a). Verpackungen und vor allem dessen Abfälle haben nachweislich erhebliche Folgen für die Umwelt und sind eine wesentliche Ursache für den Klimawandel. Neben dem Ausstoß von Emissionen in die Luft (z.B. CO₂, CH₄) bei der Herstellung und Entsorgung, sind die Abfälle auch Ursache erheblicher Boden- und Meeresverschmutzungen. Dabei machen sie etwa die Hälfte der Verschmutzung der Meere aus. Weiterhin gefährden sie nicht nur die Umwelt, auch das darin enthaltene Mikroplastik stelle eine Gefahr für die Gesundheit der Menschen und Tiere dar (Shen et al., 2020). Ebenfalls problematisch ist die Tatsache, dass ein großer Teil der wiederverwertbaren Abfälle verbrannt oder deponiert wird. Damit stehen der Verwirklichung einer kohlenstoffarmen Kreislaufwirtschaft eine geringe Wiederverwendung sowie ein unzureichendes Recycling der Verpackungen im Wege. Die derzeit geltende „Packaging and Packaging Waste Directive (PPWD)“ konnte diese Trends nicht umkehren. Die COVID-19-Pandemie könnte diese eher noch verstärkt haben, da mehr Internetverkäufe und mehr Verkäufe in Lebensmittelmärkten,

die zu Hause statt in Restaurants verzehrt werden, beobachtet wurden. Außerdem wurden mehr Lebensmittel zum Mitnehmen konsumiert oder nach Hause geliefert. Diese Problematiken sollen nun angegangen werden. Dafür hat die Europäische Kommission im November 2022 als Teil des grünen Deals der EU einen Antrag zu einer neuen Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfall (PPWR) gestellt. Dieser beinhaltet neue EU-weite Vorschriften und Herangehensweisen für Verpackungen, um diese ständig wachsende Abfallquelle anzugehen mit dem generellen Ziel, die Kreislaufwirtschaft im Verpackungsbereich voranzutreiben und Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen zu reduzieren (European Commission, 2022a, 2022b). Dieses Vorhaben könnte auch im Sinne der Verbraucher sein, da etwa neun von zehn EU-Bürgern über die Auswirkungen von Kunststoffen auf die Umwelt besorgt sind. Zudem sind 67 % der Bürger der Meinung, dass die Verringerung der Kunststoffverpackungen in den Händen der Industrie und des Einzelhandels läge. Außerdem herrscht die Meinung, dass die Produkte für das Recycling ausgelegt sein sollten. Weiterhin gewinnen die Themen Umweltschutz und Nachhaltigkeit immer mehr an öffentlichem Interesse, sowohl in der Industrie als auch bei den Konsumenten. Dies äußert sich in einer Eurobarometer-Umfrage, in der 94 % der EU-Bürger angeben, dass ihnen der Umweltschutz wichtig ist. Dabei bilden der Klimawandel, die Luftverschmutzung und der Abfall die drei wichtigsten Umweltthemen (European Commission, 2020). Das Ergebnis zeigt die Relevanz Maßnahmen zu ergreifen, um Lebensmittelverpackungen – inklusive Molkereiproduktverpackungen – nachhaltiger zu gestalten und zu reduzieren. Dafür soll die PPWR die Vorgaben und Ansätze liefern.

Ziel dieser Arbeit ist es verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrategien einzelner repräsentativer Unternehmen der Milchindustrie bezüglich dieser vorgeschlagenen Änderungen zu erheben und qualitativ zu analysieren. Dabei gilt es herauszufinden, welche praktischen Herausforderungen sich aus den Änderungen des momentan geltenden rechtlichen Rahmens für die Milchindustrie ergeben und welche davon schon in den aktuellen Nachhaltigkeitsstrategien umgesetzt werden. Zudem soll identifiziert werden, wo noch großer Handlungsbedarf besteht und welche Punkte noch nicht beachtet werden. Andererseits sollen mit Hilfe einer zusätzlichen empirischen Untersuchung offene Fragen an die Unternehmen hinsichtlich der Analyse und der Bedeutung der PPWR für die Milchindustrie beantwortet werden. Im Zuge dessen wird die folgende Forschungsfrage formuliert, die es zu beantworten gilt:

„Welche praktischen Herausforderungen für die Milchindustrie ergeben sich aus der PPWR und was wird davon schon umgesetzt?“

1.2. Aufbau der Arbeit

Im Zuge dieser Forschungsarbeit werden zunächst die theoretischen Grundlagen und Hintergründe diskutiert. Dabei wird die Milchindustrie im D/A/CH-Raum, insbesondere die Strukturen der Milchwirtschaft, thematisiert sowie allgemeine Informationen und Begriffsbestimmungen

über Nachhaltigkeit und Verpackungen dargelegt. Anschließend wird das Umfeld der Molke-reiverpackungen analysiert, indem neben dem rechtlichen Rahmen in der EU, inklusive der neuen PPWR, auch der Markt und Forschungsstand bezüglich (nachhaltigen) Molkereiver-packungen sowie das Recycling in der EU beleuchtet wird. Des Weiteren werden die Anfor-de-rungen der Lebensmitteleinzelhändler an Verpackungen bezüglich Nachhaltigkeit dargestellt. Anschließend werden die Herausforderungen der PPWR an die Milchindustrie herausgearbei-tet, eine Checkliste erstellt und anhand dessen verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrate-gien einzelner Unternehmen mit Hilfe der auf ihren Webseiten veröffentlichten Informationen sowie Nachhaltigkeitsberichten qualitativ analysiert. Alle dort nicht angegebenen und gänzlich geklärten Punkte werden durch einen Fragebogen erhoben. Untersucht werden dabei zehn Unternehmen im D/A/CH-Raum, darunter regional und international tätige Betriebe, Genos-senschaften und Privatmolkereien sowie Lebensmitteleinzelhändler.

2. Die Milchindustrie im D/A/CH-Raum

Ein Überblick über die Milchindustrie im D/A/CH-Raum ist für die Vollständigkeit dieser Arbeit unerlässlich, um die Hintergründe und Zusammenhänge dieses Landwirtschaftssektors zu ver-anschaulichen. Dazu werden die Strukturen der Milchwirtschaft mit allgemeinen Begriffsbe-stimmungen sowie jene Strukturen der einzelnen D/A/CH-Länder im Folgendem beschrieben.

2.1. Strukturen der Milchwirtschaft

Die Belichtung der Strukturen der Milchwirtschaft im DACH-Raum sollte auch allgemeine Be-griffsbestimmungen und grundsätzliche Schritte der Milchindustrie beinhalten. Somit wird als milchwirtschaftliches Unternehmen ein solches bezeichnet, das nach der Marktordnungs-wa-ren-Meldeverordnung eine Molkerei oder ein Abnehmer von Milch ist. Dabei können sie in unterschiedlichen Rechtsformen firmieren. Somit sind viele Molkereien im D/A/CH-Raum ge-nossenschaftlich organisiert, eine Unternehmensform, die für einen Zusammenschluss von mehreren Landwirten steht. Damit hat jeder Landwirt als Mitglied das Recht und die Pflicht, ihre Rohmilch an die Genossenschaft abzuliefern und ist damit auch an ihr beteiligt. Im Ge-genzug erhalten sie eine Auszahlung, die monatlich durch die Milcherzeuger in Vorstand und Aufsichtsrat festgelegt wird. Zudem gibt es auch private Molkereien, die oft als Familienunter-nehmen geführt werden und in der Regel mittelständische Betriebe sind. In den Molkereien werden die Rohstoffe Milch, Rahm und/oder bestimmte Halbfertigerzeugnisse bearbeitet und/oder verarbeitet. Dabei werden Zwischenerzeugnisse in die weiterverarbeitende Industrie geleitet und Enderzeugnisse über den Handel den Verbrauchern zugeführt. Stellt ein Betrieb hingegen nur Käse her, wird er als Käserei bezeichnet (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2021; MIV, 2023). Die weltweit führenden Molkereiunternehmen sind Nestle aus

der Schweiz, Danone aus Frankreich und der deutsche Milchkontor (DMK) sowie die Unternehmensgruppe Theo Müller (UTM) aus Deutschland (MIV, 2022).

Aus Gründen der Einfachheit ist mit dem Begriff „Milch“ in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich Kuhmilch gemeint. Deshalb stellt sich die Frage, wie diese Milch vom Euter der Kuh in eine Verpackung gelangt. Dazu werden mehrere grundlegende Schritte durchlaufen, die je nach Land und Hersteller im Ablauf variieren können. Zuerst werden die Kühe manuell oder maschinell gemolken. Anschließend wird die Milch filtriert, um Schmutzpartikel und Verunreinigungen zu entfernen. Es folgt eine Kühlung, damit das Wachstum von Bakterien verlangsamt wird und diese frisch bleibt. Weiters wird die gekühlte Milch in Milchtanks oder -Behältern zur Weiterverarbeitung in die Molkerei transportiert. Dort wird sie homogenisiert und pasteurisiert, um eventuell vorhandene Bakterien, Viren und andere MO abzutöten. Dazu wird die Milch auf eine bestimmte Temperatur erhitzt und dann wieder schnell abgekühlt. Nach der Pasteurisierung wird sie abgefüllt, etikettiert, zum Einzelhandel oder anderen Verkaufsstellen transportiert und dort zum Verkauf angeboten. Alternativ kann die Rohmilch vor der Abfüllung auch zu anderen Produkten, wie Joghurt, weiterverarbeitet werden (Land schafft Leben, 2023).

2.1.1. Deutschland

Die Milchwirtschaft in Deutschland ist geprägt von einer Vielzahl von Akteuren entlang der Wertschöpfungskette. Dabei sind die wichtigsten die Milchviehbetriebe, wo die Größe der Betriebe von kleinen Familienbetrieben bis hin zu großen Agrarunternehmen variiert, die Molkereien, an welche die Milchviehbetriebe liefern und inzwischen mehr als 50 in Deutschland sind, und die Genossenschaften, die durch ihre Organisation gemeinsam Milch an Molkereien verkaufen. Davon ist mit über 5.000 Mitglieder der DMK die größte Milchgenossenschaft in Deutschland. Ferner werden insgesamt rund 30 % der Milch durch die privaten Molkereien erfasst und nur etwa 35 % verarbeitet, was sich durch Milch-Zukauf von den Milchliefergenossenschaften erklären lässt. Vermarktet wird die Milch in Deutschland sowohl durch Händler als auch durch Direktvermarktung „ab Hof“. Zudem prägt die stetig wachsende Bio-Milchwirtschaft, die sich auf ökologische und nachhaltige Produktion spezialisiert und einen Anteil von 4,1 % an der gesamten Kuhmilchanlieferung (2021) hat, sowie zahlreiche Tierwohl-Initiativen, die für höhere Standards in der Milchviehhaltung und für mehr Transparenz in der Lieferkette eintreten, die Strukturen der deutschen Milchwirtschaft. Des Weiteren wird die Einhaltung von Lebensmittelstandards durch Behörden wie das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft überwacht, welche die Milchwirtschaft mit Forschung und Entwicklung unterstützen. Auch Interessenvertretungen wie der Milchindustrieverband (MIV) setzen sich für die Belange der Milcherzeuger und -Verarbeiter ein. All die genannten Beteiligten der Milchwirtschaft haben Auswirkungen auf Aspekte wie Tierwohl, Qualität, Nachhaltigkeit und Preispolitik (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2022; DMK, 2023; Initiative Tierwohl, 2023; MIV, 2023).

Der MIV spielt in der deutschen Milchwirtschaft eine wichtige Rolle. Ihm gehören 90 leistungsstarke private, genossenschaftliche und multinationale Unternehmen und Förderer an. Zudem werden 95 % der deutschen Milchanlieferung, rund 30 Mio. t Milch sowie 90 % des Exportvolumens von MIV-Mitgliedern erbracht. Mitglied sind der Großteil der deutschen Molkereien, darunter beispielsweise Berchtesgadener Land, Privatmolkerei Bechtel, BMI (Bayrische Milchindustrie), Meggle sowie die beiden größten Müller und DMK (MIV, 2023).

Mit 29,5 Mrd. € Jahresumsatz (2020) stellen milchwirtschaftliche Unternehmen den zweitstärksten Wirtschaftszweig der deutschen Ernährungsindustrie dar. Besonders auf Erzeugerstufe hält der beschleunigte Strukturwandel in der deutschen Milchwirtschaft seit dem Ende der Milchquote weiter an. Dies berichtete die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2022) in ihrem Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Milch und Milcherzeugnissen über das Jahr 2021. Seit mehreren Jahren ist eine rückläufige Anzahl der Milchvieh-Haltungen zu beobachten. Weiters soll es gegenüber dem Vorjahr 2.535 weniger Haltungen mit Milchkühen gegeben haben, wovon besonders kleinere Betriebe aus Bayern betroffen waren. Dieser Trend lässt sich zum einen auf Fragen der betriebswirtschaftlichen Effizienz sowie ein verbessertes Marketing, zum anderen auf Investitionen in Innovationen in einem zunehmend globalisierten Markt zurückführen. Ein weiterer Grund für die Abnahme ist eine kontinuierliche Fusionierung der einzelnen Betriebe. Dennoch stieg der Bestand je Haltung - durchschnittlich 70 Milchkühe - weiter an. Wohingegen sich die Kuhmilcherzeugung auf 32,5 Mio. t reduzierte. Zudem stieg der durchschnittliche Milchertrag pro Kuh und Jahr auf 8.488 kg an, wohingegen die Anzahl der Milchkühe deutlich abnahm. Bezüglich des Milchprodukt-Austausches ist der Import in Deutschland seit einigen Jahren geringer als der Export, wobei die größten Handelspartner die Mitgliedstaaten der EU sind. Im Zuge dessen wurden im beobachteten Jahr gesamt 4.445,8 Tsd. t Konsummilch, 2.666,2 Tsd. t Käse, 471,1 Tsd. t Butter und 352,8 Tsd. t Magermilchpulver hergestellt. Daraus ergibt sich ein pro Kopf-Konsum von 47,8 kg Konsummilch per anno und 29,1 kg Milchmodischgetränke, inklusive Joghurt. Dennoch waren bei den milchwirtschaftlichen Unternehmen keine grundlegenden strukturellen Veränderungen ersichtlich und der Milchpreis und die Milchverwertung wurden weiterhin vor allem durch hohe Käsepreise und den Export von Milcherzeugnissen gestützt. Ausländische Absatzmärkte spielen für deutsche Molkereiprodukte außerdem eine zunehmende Rolle. Die Statistik im Jahr 2022 ist dem Jahr 2021 recht ähnlich und lässt sich damit so zusammenfassen, dass 52.900 Milcherzeuger 3,8 Mio. Milchkühe halten, die 32,1 Mio. t Milch pro Jahr erzeugen, bei einer Milchleistung von 8.500 kg per anno (Börgermann, 2022; Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2022; MIV, 2023). Im Jahr 2022 ist der Milchpreis für konventionell erzeugte Milch stetig gestiegen. So lag der Preis durchschnittlich bei circa 53,5 €/100 kg, wobei er im Dezember den Höchstwert mit circa 60 €/100 kg erreicht hat und im Januar 2023 auf ca. 57 € gesunken ist. Bei der ökologisch erzeugten Kuhmilch beläuft sich der Preis 2022 durchschnittlich auf

58 €/100 kg, ebenfalls mit einem Höchstwert im Dezember mit über 60 €, der auch im Januar 2023 mit ca. 63 € keinen Trend der Abnahme zeigt (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2023).

Im Hinblick auf die zehn größten Milchunternehmen Deutschlands kristallisiert sich deutlich der DMK, sowohl mit der meisten Menge an verarbeiteter Milch (4.600 Mio. kg) als auch mit dem meisten Umsatz im Jahr 2019 (5.800 Mio. €), heraus. Bezüglich des Umsatzes gefolgt von der Unternehmensgruppe Theo Müller, Hochland SE beziehungsweise (bzw.) Hochland Foods und Arla Foods. Bezüglich der verarbeiteten Milchmenge ebenfalls gefolgt von der Unternehmensgruppe Theo Müller, Hochland Foods, Arla Foods und der Molkerei Ammerland. Diese Ergebnisse der Publikation des MIV sind in Abbildung 1 dargestellt (MIV, 2020b)

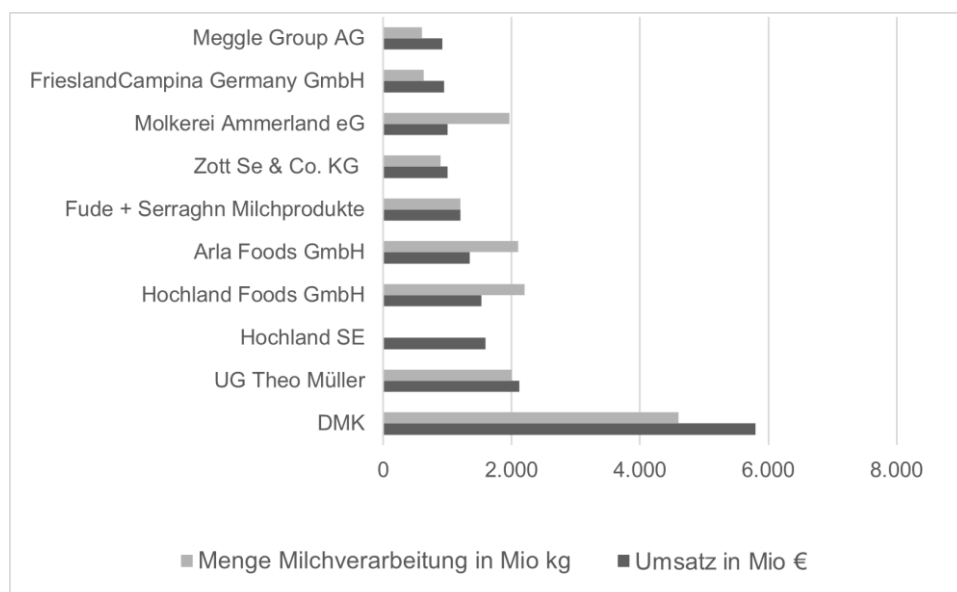


Abbildung 1 Top 10 Milchunternehmen in Deutschland 2020 (eigene Darstellung nach MIV., 2020b)

2.1.2. Österreich

Mit einem pro Kopf-Konsum von 70,1 kg Milch (2021) ist die Milchwirtschaft ein wichtiger Wirtschaftszweig in Österreich, der zur Versorgung der Bevölkerung, zur Sicherung von Arbeitsplätzen und zur Erhaltung der ländlichen Regionen beiträgt. Diese setzt auf Qualität, dessen Standards unter anderem (u.a.) in der "Milchstrategie 2020+" festgelegt sind, sowie Regionalität. Damit hat sie einen hohen Stellenwert in der österreichischen Lebensmittelindustrie. Die Strategie beinhaltet zudem die Förderung einer nachhaltigen Milchwirtschaft, die Sicherung einer hohen Milchqualität (Lebensmittelsicherheit), die Reduktion von Treibhausgasemissionen (Umweltschutz) und die Förderung von Tierwohl. Auch der Export von Milchprodukten ist ein bedeutender Faktor für die österreichische Wirtschaft. Wie in Deutschland wird auch hier die Milchwirtschaft durch verschiedene Organisationen und Verbände vertreten, wie zum Beispiel die Landwirtschaftskammer Österreich (LKÖ) und verschiedene Molkereigenossenschaften. Der Großteil der Milchproduzenten ist in Genossenschaften organisiert, die im regionalen

Rahmen die Milch einsammeln, verarbeiten und vermarkten, wie u.a. die Berglandmilch. Zusätzlich wird die Milchproduktion in Österreich von einer Almwirtschaft geprägt, die neben einer kulturellen Bedeutung auch zur Biodiversität und Landschaftspflege beiträgt. Die Produktion erfolgt nach Richtlinien der EU und der nationalen Gesetzgebung (AMA, 2023; Landschaft schafft Leben, 2023; Nikolić, 2022; Österreichischer Raiffeisen Verband, 2020).

Die Milchwirtschaft in Österreich hat im Jahr 2020 einen Produktionswert von 1.395 Mio. € erreicht, was 18 % der landwirtschaftlichen Produktion entspricht. Damit stellt sie den bedeutendsten landwirtschaftlichen Sektor in Österreich dar. Im Jahr 2021 sind die Umsätze der österreichischen Milchverarbeiter laut der Vereinigung österreichischer Milchverarbeiter (VÖM) um insgesamt rund 3,3 %, auf 3,05 Mrd. €, gestiegen. Allerdings sind trotz des Umsatzwachstums die Ertragslage der Molkereien weiter gesunken. Dafür können die massiven Preissteigerungen bei den Vorleistungen sowie jene Mehrkosten, die durch die Corona-bedingten Schutzmaßnahmen entstanden sind, Grund sein. In Österreich erzeugen 26.000 Milchbauern 3,8 Mio. Rohmilch, wovon circa 89 % an Molkereien geliefert werden. Im Jahr 2021 sind es bereits nur noch 23.868 Milchbauern mit einer durchschnittlichen Anlieferung je Landwirt von 142,6 t. Die Milchwirtschaft in Österreich ist kleiner als jene in Deutschland, da die größte deutsche Molkerei doppelt so viel Milch wie alle in Österreich zusammen verarbeitet und in Österreich weniger Milchvieh pro Betrieb geführt wird. Die meisten der dort tätigen Milcherzeuger sind überwiegend kleinstrukturierte und grünlandbasierte Familienbetriebe mit durchschnittlich 20 (2021: 22,1) Milchkühe je Betrieb. Jedoch sind auch einzelne große Betriebe ansässig. Zudem entwickelte sich das durchschnittlich ausbezahlte Milchgeld je Landwirt positiv, um 9,1 % höher als dem Vorjahr (63.907 €). Hinzu kommt, dass 75 % der Milchviehbetriebe im Berggebiet wirtschaften, was einen Beitrag zur optimalen Verwertung des extensiven Grünlandes beiträgt. Weiteres gilt es anzumerken, dass 100 % der an heimische Molkereien gelieferten Rohmilch Gentechnik frei hergestellt wird sowie 99 % ohne Qualitätsabzüge. Davon sind 19 % Bio-Milch und 15 % Heumilch. Außerdem kommt ein Drittel der gesamten an Molkereien gelieferten Milch aus Oberösterreich, wohingegen die meiste Bio-Milch aus Salzburg stammt. Besonderes Augenmerk liegt auf dem hohen Anteil an biologisch produzierter Milch in Österreich, womit sowohl Tierwohl-Standards als auch Aspekte zur Nachhaltigkeit in der heimischen Milchproduktion gewährleistet werden können (BML, 2023; Landschaft schafft Leben, 2023; Nikolić, 2022). Bezüglich des Außenhandels österreichischer Milchprodukte wird die größte Menge aus Österreich nach Deutschland und Italien exportiert, aus jenen - neben der Niederlande - auch am meisten importiert wird. Der Milchpreis lag im Jahr 2021 im Schnitt bei circa 44 Cent/kg, wohingegen im Februar 2023 durchschnittlich bei 57,46 ct/kg. Hinzu kommt, dass die Lieferanten für Heumilch im Februar 2023 im Schnitt 58,83 ct/kg und für Biomilch 62,84 ct/kg bekamen. Aufgrund dessen, dass einige Molkereien den

Auszahlungspreis für Milch gesenkt haben, schätzt die AMA eine Reduzierung des Erzeugermilchpreis für März 2023 auf 55,80 ct/kg (AMA, 2023).

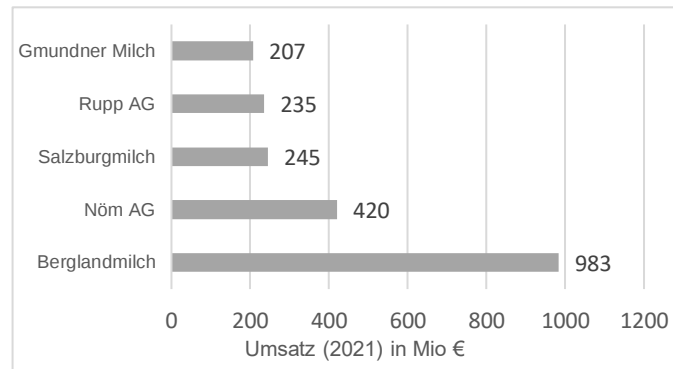


Abbildung 2 Umsatz der fünf größten Molkereien in Österreich in Millionen Euro (Eigene Abbildung nach VÖM, Nikolic, 2022)

Die Abbildung 2 stellt die größten Molkereien des Landes nach ihrem Umsatz im Jahr 2021 dar. Daraus ist ersichtlich, dass Berglandmilch mit 983 Mio. € Umsatz deutlich an der Spitze liegt, gefolgt von der Nöm AG, Salzburgmilch, Rupp AG sowie Gmundner Milch (Nikolić, 2022).

2.1.3. Schweiz

Die Milchwirtschaft in der Schweiz ist geprägt von einer Struktur mit 90 kleinen und mittelständischen sowie großen (Familien-)Betrieben. Auch die Schweizer Milchproduktion wird zum Großteil von Genossenschaften organisiert. Dabei ist die größte Milchgenossenschaft die Schweizer Milchproduzenten (SMP), die 18.000 Milchproduzenten über elf Mitgliedsorganisationen zusammenschließt, welche wiederum einzelne Milchproduzenten vertreten. Dennoch sind große Molkereien der Schweiz teilweise in Privatbesitz, wie beispielsweise Emmi. Zudem ist die Milchwirtschaft in der Schweiz national reguliert und subventioniert, da deren Regierung verschiedene Programme und Maßnahmen implementiert, um die Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Milch in der Schweiz zu unterstützen und zu fördern. Dazu gehören u.a. Quotenregelungen für die Milchproduktion, Subventionen für Milchbauern (Zulage zu Verkehrsmilch) und Exportförderung für Milchprodukte. Die Schweizer Milchwirtschaft legt viel Wert auf hohe Standards in Bezug auf Tierwohl und Umweltschutz. Dadurch halten die meisten Schweizer Milchbauern ihre Kühe auf Weiden, Füttern sie mit grasbasierter Ernährung (Omega-3-Fettsäuren) und haben strenge Vorschriften für die Verwendung von Antibiotika und Hormonen in der Milchproduktion (BLW, 2023; Schweizerische Eidgenossenschaft, 1998, 2007; SMP, 2023).

In der Schweiz ist die Milchwirtschaft ebenfalls der wichtigste Sektor ihrer Landwirtschaft, da sie für 20 % der Erzeugung des gesamten landwirtschaftlichen Wirtschaftsbereichs verantwortlich sind. Laut dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) wurden im Jahre 2019 in der Schweiz 3,38 Mio. t Milch vermarktet, wovon rund ein Drittel ohne Fütterung von Silage und 8,7 % als Biomilch produziert wurde. Grund dafür ist, dass silofreie Milch die Voraussetzung

für die Herstellung von Schweizer Rohmilchkäse wie Gruyère AOP, Emmentaler AOP oder Tête de Moine AOP darstellt. Damit werden in der Schweiz von rund 18.000 (2022: 17.531) Milchproduzenten jährlich 3.4 Mio. t Milch produziert, im Durchschnitt 28 Hektaren (h) Land je Milchbetrieb bewirtschaftet, 28 Kühe gehalten und 180.000 kg Milch verkauft. Etwa 51 % der Milchproduzenten wirtschaften im Talgebiet¹ und 49 % im Berggebiet², wo Topografie und klimatische Bedingungen die Milchviehhaltung begünstigen sollen. Auch die Produktion von Biomilch ist in der Schweiz von großer Relevanz, dem 2.394 Milchproduktionsbetriebe, also 13 % aller Betriebe, nachgehen. Im Zuge dessen wird rund 270 Mio. kg Bio-Milch an die Verarbeiter verkauft, was 8 % des Milchangebots entspricht. Bezüglich der Milchverarbeitung stellen grundsätzlich die Molkereien aus etwa 2.3 Mio. t Milch verschiedene Milchprodukte und Molkereimilchkäse her. Dabei wird der Hauptteil zu Käse verarbeitet (44,5 %), was zu einer höheren Präsenz von Käsereien als Molkereien führt. Dennoch verarbeiten die vier größten Molkereien vor Ort zusammen knapp 2 Mio. t Milch, was 90 % der Molkereimilchmenge und 60 % der gesamten Milchmenge ausmacht. Die meiste Milchmenge verarbeitet 2021 Emmi AG mit 921 Mio. t, gefolgt von Cemo SA, Hochdorf Swiss Nutrition, ELSA, Züger Frischkäse sowie Nestle Suisse AG. Dies ist in Abbildung 3 ersichtlich (BLW, 2023; B. für L. BLW, 2023; SMP, 2023).

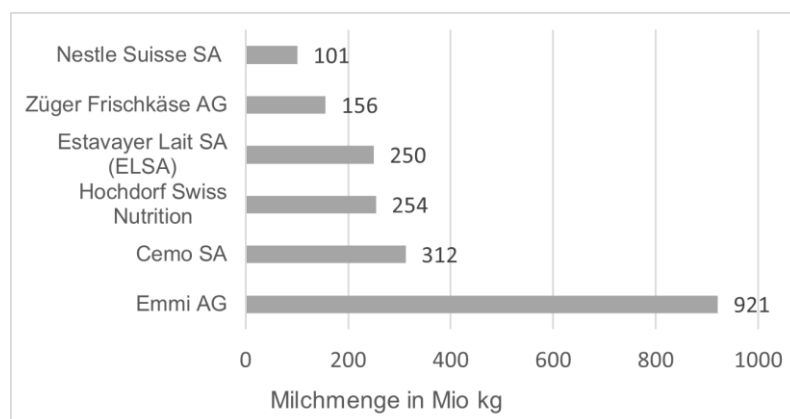


Abbildung 3 Milchmenge in Millionen Kilogramm in der Schweiz (nach SMP, 2023).

Im Jahr 2022 erhöhte sich der Produzentenpreis für Milch gegenüber dem Vorjahr um 7,9 % auf 75,34 Rappen/kg, bei der Bio-Milch sogar auf 88,02 Rappen/kg. Infolgedessen erhöhte sich auch der Konsumenten Preis der Molkereiprodukte innerhalb der letzten Jahre, beispielsweise bei der Vollmilch von 1,30 (2021) auf 1,33 Franken (2022) (B. für L. BLW, 2023).

¹ Bewirtschaften im Schnitt 29,5 h Land, halten 32,2 Kühe, verkaufen jährlich 230.000 kg Milch.

² Bewirtschaften im Schnitt 25,7 h Land, halten 21,7 Kühe, verkaufen jährlich 121.000 kg Milch.

3. Einordnung Nachhaltigkeit & Lebensmittelverpackungen

Zunächst bedarf es einigen Begriffsdefinitionen und Erläuterungen zu Nachhaltigkeit und Lebensmittelverpackungen, um diese anschließend in Verbindung zueinander setzen zu können. Darunter beispielsweise Packstoffe mit Relevanz im Kontext der vorliegenden Arbeit, Anforderungen an die Verpackung sowie Definition der Nachhaltigkeit.

3.1. Lebensmittelverpackungen

Verpackungen sind definiert als "aus beliebigen Materialien hergestellte Erzeugnisse zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder zur Darbietung von Waren, die vom Rohstoff bis zum Verarbeitungserzeugnis reichen können und vom Hersteller an den Vertreiber oder Endverbraucher weitergegeben werden" (§ 3 Absatz 1 VerpackG). Eine Verpackung teilt sich in Primär-, Sekundär- und Tertiärverpackungen. Dazu steht der Begriff Verpackung nach DIN 55405 für den Überbegriff von Packmittel und Packhilfsmittel. Ersteres stellt die aus Packstoffen (z.B. Kunststoff) hergestellten Hüllen zum Verpacken und Letzteres den Sammelbegriff für alle aus Packstoffen hergestellten Hilfsmittel für Verpackungen, wie Verschlüsse oder Siegelplatinen, dar (Bergmair et al., 2012; Souren, 2002). Je nach Art der Verwendung gibt es verschiedene Verpackungstypen: Verkaufs-, Um-, Service-, Versand-, Transportverpackungen sowie gruppierte Verpackungen. Weiterhin wird zwischen systembeteiligungspflichtigen Verpackungen, die nach ihrem Gebrauch typischerweise beim privaten Endverbraucher oder vergleichbaren Anfall-Stellen entstehen (B2C), und Verpackungen des gewerblichen Bereichs (B2B) unterschieden. Dazu gehören Papier, Karton, Kunststoffe, Glas, Eisenmetalle, Aluminium sowie Verbundwerkstoffe (Bundesministeriums der Justiz, 2017).

3.1.1. Anforderungen an die Verpackung

Das richtige Verpacken ist in der Lebensmitteltechnologie und - Industrie – gerade auch beim Thema Lebensmittelverschwendung - von besonderer Bedeutung. Eine Lebensmittelverpackung besitzt nicht nur für das Lebensmittel nützliche Funktionen, sondern auch für den Handel, Transport, Verbraucher, die Umwelt und Wirtschaft. Diese Aufgaben können in primäre und sekundäre Funktionen unterteilt werden. Zu den primären zählen zum einen die Aufbewahrung und Distribution der Produkte und zum anderen der Schutz des Packgutes. Der Produktschutz beinhaltet den klimatischen und mechanischen Schutz und jenen vor Lebewesen oder Kontamination. Das verpackte Gut soll somit vor Schädigungen durch MO, Licht, Feuchte und atmosphärischen Einflüssen, wie Temperatur, Luftdruckänderungen, Wasserdampf, Sauerstoff und anderen Wechselwirkungen (wie ein Gasverlust) geschützt werden. Auch biochemische Reaktionen von Aromen und mechanische Schädigungen, wie eine Deformierung, sollen verhindert werden. Gerade beim Transport, der Herstellung, Verarbeitung, dem Vertrieb, Gebrauch und der Wiederaufbewahrung stellt dies einen wichtigen Aspekt dar und kann

infolgedessen auch als „direkte“ Funktion einer Verpackung bezeichnet werden (Bergmair et al., 2012; Buchner, 2013). Sekundäre Anforderungen an die Verpackung sind die Informations-, Werbe- und Conveniencefunktion, da die Verpackung u.a. auch als Informations-Kommunikations- und Werbefläche dient. Dort werden beispielsweise gesetzliche Anforderungen oder das Füllgut präsentiert. Beim Thema Convenience ist dabei die Wiederverschließbarkeit, das leichte Öffnen oder die Standfestigkeit der Verpackung bedeutsam. Weiteres zählen zu den sekundären Funktionen anwendungstechnische Aufgaben (Logistik, Abfüllung, Portionierbarkeit), sowie eine möglichst geringe Umweltbelastung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Auch eine Unterteilung der Funktionen in direkte und indirekte ist gebräuchlich. Die direkte Funktion (Produktschutz) wurde bereits erwähnt, wohingegen indirekte Funktionen folgende sein können: Die essenzielle Rolle in der Güterversorgung (Lager- und Verteilfähigkeit), das Vermeiden von Lagerverlusten (wichtig bei Import und Export), ein Erzeugen weniger Abfälle oder das bessere Nutzen der Energie (Bergmair et al., 2012; Buchner, 2013; Kaßmann & Deutsches Institut für Normung, 2014; Robertson, 2013; TIS, 2023).

All diese Funktionen nützen dem Ziel, die Qualität des Lebensmittels optimal zu erhalten und eine gewisse Haltbarkeit zu gewährleisten (Buchner, 2013). Dabei ist gerade in der Milchindustrie, aufgrund der Empfindlichkeit der Produkte, eine optimal funktionierende Verpackung von besonderer Relevanz.

3.1.2. Kontextrelevante Verpackungsmaterialien

Verpackungsmaterialien sind die Basis für eine funktionierende Verpackung. Im Verpacken von Molkereiprodukten spielen dabei polymerbasierte Verpackungen eine große Rolle. Diese Kunststoffe lassen sich prinzipiell in zwei Gruppen einteilen, die amorphen und teilkristallinen Polymere. Unterschiede der beiden Gruppen lassen sich u.a. an der Lichtdurchlässigkeit, Schmelztemperatur, Härte, Gasdurchlässigkeit, chemischen Beständigkeit oder dem elektrischen bzw. physikalischen Verhalten ableiten. Es wird differenziert zwischen Thermoplasten, Elastomeren und Duroplasten. Davon sind Thermoplasten in der Lebensmittelbranche – somit auch beim Verpacken von Molkereiprodukten, insbesondere Joghurt – aufgrund ihrer Langlebigkeit, Flexibilität und Kosteneffizienz sehr relevant. Ein Thermoplast mit großer verpackungsrelevanter Bedeutung ist das Polystyrol (PS). Dies ist ein amorphes, leichtes und kostengünstiges Material, das aufgrund seiner einfachen Verwertung vielseitig Anwendung im Verpackungssektor findet. PS wird oft zur Isolierung, zum Schutz zerbrechlicher Gegenstände beim Transport, als Einweggeschirr oder Lebensmittelverpackung, wie u.a. in Joghurtbechern, eingesetzt. Außerdem bestehen Verpackungen oft aus Polypropylen (PP). Daraus werden mit Hilfe von Temperatur und Druck meist Becher oder Schalen hergestellt. Er gilt durch seine geringe Dichte als eine der leichtesten Polymere auf dem Markt und zeichnet sich durch Transparenz und Temperaturbeständigkeit aus. Häufig gebraucht wird zudem das

Polyethylenterephthalat (PET). Dies wird in Getränkeflaschen (inklusive Milch) angewendet, da es sowohl einfach in der Wiederverwertung ist als auch positive Eigenschaften wie Klarheit, Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit sowie Gase mit sich bringt. Hinzu kommt eine deutlich höhere O₂-Barriere in Vergleich zu PP. Ebenfalls erwähnenswert ist das am meisten verbrauchte Polymer Europas- das Polyethylen (PE). Dieses wird meist aufgrund seiner Flexibilität als Beutel, Folien oder Beschichtung eingesetzt. Dabei wird zwischen Polyethylen niedriger Dichte (LD-PE) und Polyethylen hoher Dichte (HD-PE) differenziert. Nicht zu vergessen sind zudem Polyvinylchlorid (PVC)-Folien und Polyamid (PA). Diese haben zwar weniger Relevanz im Molkereisektor, spielen aber dennoch eine bedeutende Rolle in der Verpackung von Lebensmitteln (Buchner, 2013; Kaßmann & Deutsches Institut für Normung, 2014; Martens & Goldmann, 2016).

Neben den Verpackungsmaterialien aus Kunststoff, gibt es auch Verpackungen auf Basis von Glas, Metall (Aluminium, Weißblech) und Papier/Karton (Kraft-/Sulfit-/Fettdichtes-Papier, Pappe) (Robertson, 2013). All diese Materialien, ausgenommen Weißblech, sind relevant im Kontext dieser Arbeit, da Frischmilch- und H-Milch üblicherweise in Getränkeverbundkartons (GVK), die aus Karton sowie einer Barriere aus Aluminium und Kunststoff (PE) bestehen, oder Glasflaschen abgefüllt werden. PET-Einwegflaschen werden teilweise auch zur Verpackung von Milch eingesetzt. Auch der Joghurt wird sowohl mit Kunststoff (PP/PS) als auch Glas (Einweg/Mehrweg) verpackt.

Verpackungsmaterialien aus Kunststoff tragen das berechtigte Image, negative Auswirkungen auf die Umwelt während ihres gesamten Lebenszyklus haben zu können, wie beispielsweise einen Beitrag zu erhöhten Treibhausgasemissionen (Shen et al., 2020). Daher wächst das Interesse an der Entwicklung und Verwendung nachhaltigerer Verpackungsmaterialien, wie Biokunststoffe und kompostierbare Materialien, um diese Auswirkungen zu verringern.

3.1.2.1. Biopolymere

Biopolymere sind definiert als Kunststoffe, die entweder biologisch abbaubar sind und/oder teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen (NWAROS) gewonnen werden. Somit lassen sie sich in zwei verschiedenen Gruppen einteilen, die in Abbildung 4 zu beobachten sind (European Bioplastics, 2022).

Zum einen in die „bio-basierte“ (EN 165751) Kunststoffe, wonach das Material oder Produkt ganz oder teilweise aus Biomasse bzw. NWAROS gewonnen wird. Dabei stammt die Biomasse beispielweise aus Mais, Zuckerrohr oder Holz. Eine Feststellung des biobasierten Anteils erfolgt meist über die Ermittlung des biobasierten Kohlenstoffs mit der Radiocarbonmethode. Zum anderen in biologisch abbaubare Kunststoffe, wobei der Abbau ein biochemischer Prozess, bei dem MO, die in einer bestimmten Umgebung vorhanden sind, Materialien in Wasser, Kohlendioxid und Biomasse umwandeln können, ist. Dieser hängt von den umgebenden

Umweltbedingungen (Temperatur, Inokulum, Feuchtigkeit) und vom Material oder der Anwendung selbst ab und kann sowohl anaerob als auch aerob stattfinden. Unter aerobe Bedingungen wird der Kunststoff durch MO in CO₂, Wasser, mineralische Salze und Biomasse abgebaut, wohingegen unter anaeroben Bedingungen ein Abbau durch MO in CO₂, Methan, mineralische Salze und Biomasse erfolgt (Burgstaller et al., 2018; European Bioplastics, 2022; Shah et al., 2008). Unter den biologisch abbaubaren Polymeren gibt es außerdem solche, die nach bestimmten Normen als „kompostierbar“ zertifiziert werden. Die Kompostierbarkeit beschreibt die Eigenschaft unter industriellen oder häuslichen Kompostierungsbedingungen biologisch abbaubar zu sein. Dieser Kunststoff muss laut den Anforderungen EN 13432 und EN 14995 unter industriellen Kompostierungsbedingungen (58 ± 2 °C in maximal 6 Monaten) zu mindestens 90 % abgebaut werden. Aus Abbildung 4 ergibt sich außerdem, dass „biobasiert“ nicht gleichbedeutend mit „biologisch abbaubar“ behandelt werden darf, da die Eigenschaft, biologisch abbaubar zu sein, nicht von der Ressourcenbasis eines Materials abhängt, sondern mit seiner chemischen Struktur verbunden ist. Demnach kann ein Biokunststoff biobasiert und gleichzeitig biologisch abbaubar, biobasiert und nicht biologisch abbaubar oder aber fossil-basiert und biologisch abbaubar sein. In Gegensatz dazu gilt eine Verpackung aus fossil-basierten Material, die nicht biologisch abbaubar ist, nicht als Biopolymer, sondern als ein konventioneller Kunststoff (Burgstaller et al., 2018; European Bioplastics, 2022).

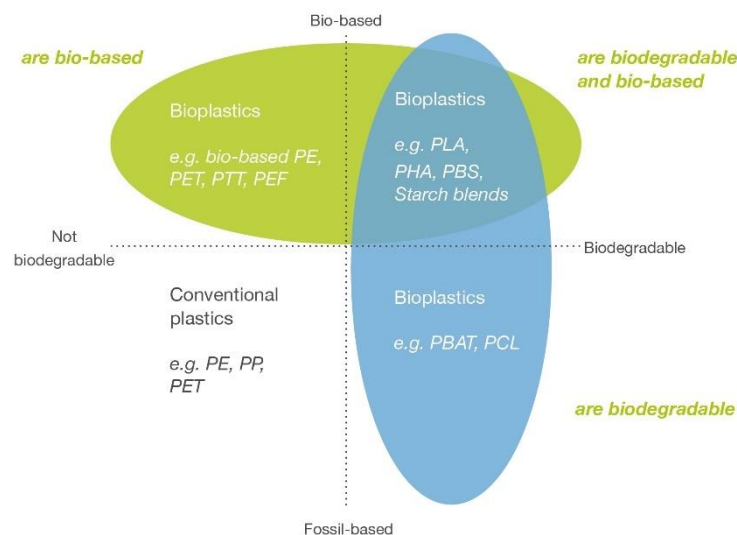


Abbildung 4 Einteilung der Biopolymere (European Bioplastics, 2022)

Die Nutzung natürlicher biologisch abbaubarer Polymere und ihrer Mischungen für die umweltfreundliche Synthese von Verpackungsmaterialien auf Polymerbasis kann aufgrund der zahlreichen Vorteile dieser Polymere, wie zum Beispiel niedrige Kosten, Zugänglichkeit, biologische Abbaubarkeit und flexible Verarbeitbarkeit, eine nachhaltige Lösung für die Verbesserung und Entwicklung neuer polymerer Materialien mit den gewünschten Eigenschaften darstellen. Außerdem kann der Einsatz dieser Kunststoffe Abfall und Umweltverschmutzung durch physikalische, chemische, thermische oder biologische Zersetzung und anaerober Gärung

reduzieren (Ncube et al., 2020). Anzumerken sei aber, dass die richtige Entsorgung für den vorteilhaften Nutzen dieser Kunststoffe ausschlaggebend ist (European Commission, 2022a).

Beispiele Biopolymere

Daraus ergeben sich unterschiedliche Arten von Biokunststoffen, die sich als geeignet für Lebensmittelverpackungen erweisen. Einige Beispiele dafür sind Polysaccharide, wie Stärke und Cellulose, Polymilchsäure (PLA) oder Polyhydroxyalkanoate (PHA). Beispiele für biobasiert, aber nicht biologisch abbaubar sind das biobasierte PE oder das Polyethylenfuranoat (PEF).

Biobasiertes PE wird durch eine katalytische Dehydrierung von Bioethanol hergestellt, das durch die Fermentation verschiedener Rohstoffe wie Zuckerrohr, Zuckerrüben und Weizenkorn gewonnen werden kann. Das Polymer weist die gleichen Eigenschaften wie herkömmlicher Polyethylen auf und kann damit ident Anwendung finden. Weiterhin kann daraus auch HDPE, LDPE und LLDPE hergestellt werden. Da dessen Einsatz im Lebensmittelverpackungssektor immer beliebter wird, werden viele Unternehmen wahrscheinlich in den nächsten Jahren auf bio-PE umsatteln, um die Kohlenstoffbilanz zu verringern (Robertson, 2013).

PEF ist gänzlich recyclebar und weist starke Barriere-Eigenschaften gegen Gas auf, da es 31-mal weniger durchlässig für CO₂ ist als PET. Zudem ist PEF ein mechanisch belastbareres Material aufgrund seines höheren Elastizitätsmoduls. Hergestellt wird es in der Regel aus C₆-Zuckern durch eine zweistufige Schmelzpolymerisation, die unter harten Bedingungen und unter Verwendung von Metallkatalysatoren durchgeführt wird. Bezüglich des Recyclings sind für die Kompostierung unter beschleunigten Bedingungen noch umweltrealistische Bedingungen erforderlich und der Abbau durch Pyrolyse oder unter enzymatischen Bedingungen soll derzeit entwickelt werden. PEF ist noch nicht vollständig marktreif und in hoher technischer Menge verfügbar, allerdings gibt es Unternehmen wie Avantium, die dieses Biopolymer bereits produzieren (European Bioplastics, 2022; Interpack, 2023; Loos et al., 2020).

Polysaccharide mit Nutzen als Biopolymere sind u.a. thermoplastische Stärke (TPS), die in ihrer nativen Form wegen ihrer Sprödigkeit und geringen mechanischen Eigenschaften kaum verwendbar ist. Mit Hilfe einer Erhitzung im Wasser, das als Weichmacher dient, kann die Struktur der molekularen Bindung verändert und damit die Sauerstoffdurchlässigkeit beeinflusst werden. Zudem zeichnet sich Stärke durch ihre Barriere-Eigenschaften gegen Sauerstoff bei niedriger Luftfeuchtigkeit aus (Ashok et al., 2016; Robertson, 2013). Des Weiteren kann TPS laut einer Studie unter marinen Bedingungen abgebaut werden, wobei es allerdings noch einige Punkte zu klären gibt, wie die Zeitspanne des Abbaus (Barron & Sparks, 2020). Ein weiteres Polysaccharid als Biopolymer ist Cellulose, dessen nativen Form schlecht wasserlöslich ist und zur Herstellung von Folien und Fasern dient. Neben der Folienform kann es beispielsweise auch als halbstarres Behältnis verwendet werden, wird allerdings nur in sehr begrenztem Umfang für Lebensmittelverpackungen verwendet. Die gängigsten Cellulosederivate

sind Carboxymethyl-Cellulose (CMC), Methylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethyl-/Propylcellulose und Celluloseacetat. Cellulose eignet sich folglich durch seine Transparenz sowie hervorragende Barriere-Eigenschaften vor allem für Beschichtungen (Ashok et al., 2016; Robertson, 2013).

PLA ist ein Biopolymer, das aus fermentierter Pflanzenstärke abgetrennt ist, die zu 100 % erneuerbar und kompostierbar ist. Das Polymer wird durch die Umwandlung von Mais, Weizen oder Laktose in Dextrose hergestellt. Bei der Herstellung ermöglicht der umgewandelte Zucker aus der Stärke den Fermentationsprozess, bei dem Milchsäuremonomere entstehen und anschließend durch Polymerisation und Polykondensation der Milchsäure das PLA entsteht. PLA zeichnet sich durch seine Resistenz gegenüber Produkten auf Öl-Basis, seiner Wirkung als Geschmacks- oder Geruchsbarrieren für Lebensmittel und der leichten Verarbeitbarkeit aus. Von allen Biopolyestern, die aus biobasierten Materialien hergestellt werden, hat PLA das größte kommerzielle Potenzial und wird inzwischen in vergleichsweise großem Maßstab produziert. Abgebaut wird PLA durch eine Hydrolyse der Esterbindungen, die entlang der Hauptkette erfolgt. Daraus ergeben sich zwei große Herausforderungen für die Stabilisierung von PLA im Hinblick auf die Hydrolyse, zum einen die hohe Wasserdurchlässigkeit und zum anderen die autokatalytische Hydrolysereaktion. Außerdem gilt es im Kontakt mit Lebensmittel als unbedenklich sowie als geeignet für Molkereiprodukte (Ashok et al., 2016; Conn et al., 1995; Robertson, 2013). Beispielsweise wurde bereits die erste Flasche aus PLA von der österreichischen Firma „NaKu – Aus Natürlichem Kunststoff“ auf dem Markt vorgestellt (NaKu, 2022).

PHA ist ein linearer, aliphatischer Polyester, welches aus Homo- oder Copolymeren von β -Hydroxyalkansäuren hergestellt werden kann. Diese können durch die Fermentation von Zuckern produziert werden, zum Beispiel durch das Bakterium *Cupriavidus necator*. Die daraus entstandenen Polymere sind biologisch abbaubar und eignen sich aufgrund ihrer Eigenschaften (Barriere, UV-/Licht-beständig) für die Herstellung von Verpackungsmaterialien. Zudem sind dessen Eigenschaften denen von PP und PE sehr ähnlich. Das gängigste PHA ist das kurzkettige Polyhydroxybutyrat (PHB). Diese Art der Polymere kann durch eine PHA-Depolymerase zu CO_2 und CH_4 abgebaut werden, die in verschiedenen Bakterien und Pilzen im Boden, Kompost oder Meeressedimenten nachgewiesen wurde. Besondere Aufmerksamkeit gilt diesen Polymeren, da sie geringe CO_2 -Emission verursachen sowie vollständig biologisch abbaubar und kompostierbar sind. Nachteile sind vor allem die hohen Kosten, chemische Instabilität und eine begrenzte Feuchtigkeitsbarriere. Außerdem wird PHA unter marinen Bedingungen nachweislich als abbaubar eingestuft, jedoch ist die genaue Zeitspanne dafür noch nicht ausreichend bekannt und bisherige Studien basieren nicht auf absolut realen Meeres-Bedingungen (Ashok et al., 2016; Barron & Sparks, 2020; Robertson, 2013).

Bisher haben die Biopolymere noch keine ganzheitliche Etablierung im Kunststoffsektor erreicht, da fossile Rohstoffe immer noch an der Spitze stehen (Plastics Europe, 2022). Dennoch werden biobasierte, biologisch abbaubare und kompostierbare Kunststoffe im Alltag immer öfter als potenzielle Alternativen zu konventionellen Kunststoffen gesehen. Sie kommen neben Verpackungen auch in Konsumgütern und Textilien sowie in anderen Branchen zum Einsatz (European Commission, 2022b).

3.2. Nachhaltigkeit: Entwicklung und Begriffsbestimmung

Der Ursprung des Nachhaltigkeitsgedankens reicht weit in die Vergangenheit zurück. Hans Carl von Carlowitz (1645–1714) hat erstmals den Gedanken der Nachhaltigkeit auf die Waldwirtschaft übertragen und galt damit als „Erfinder“ des Begriffes. Seine Idee zur Umsetzung war es in einem Wald nur so viel abzuholzen, wie der Wald in absehbarer Zeit auf natürliche Weise regenerieren kann. Somit hat er einen Ansatz erschaffen, der den Grundstein des nachhaltigen Denkens und Handelns gelegt hat (Batz, 2021; Carlowitz et al., 2012). Im Zuge dessen tauchte der Begriff im 18. Jahrhundert erstmals in der wissenschaftlichen Literatur auf und entwickelte sich von dort fort an. Der 1972 erschienene Bericht von Dennis Meadow „Die Grenzen des Wachstums“ brachte dem Thema Nachhaltigkeit wachsendes öffentliches Aufsehen. Dem folgten unzählige Konferenzen und Debatten zur Thematik, aufgrund Vorhersage bezüglich ökologischer Grenzen der Erde, die durch eine wachsende Weltbevölkerung und Industrialisierung in Zukunft erreicht werden könnten (Batz, 2021; Meadows et al., 1972). Für den Begriff der Nachhaltigkeit gibt es heute unterschiedliche Definitionsansätze, die Kernelemente sind allerdings in den meisten Erklärungen recht ähnlich. Dieser wurde immer wieder neu interpretiert und erweitert. Die bekannteste Begriffsbestimmung bezieht sich jedoch auf die Fähigkeit der menschlichen Gesellschaft und der natürlichen Umwelt, in einer Weise zu koexistieren, welche die Bedürfnisse der Gegenwart erfüllt, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen (Batz, 2021; Hutter et al., 2012). Sie ist eine Art Entwicklung, die sowohl auf die Gegenwart als auch die Zukunft ausgerichtet ist. Im Original seit 1987 aus dem Brundtland Bericht der vereinigten Nationen, der neben einer Definition auch ein erstes Konzept zur nachhaltigen Entwicklung beinhaltet, bekannt als:

„Humanity has the ability to make development sustainable - to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“

(World Commission on Environment and Development, 1987)

Dem Brundtland-Bericht folgt 1992 die „Konferenz der Vereinigten Nationen über Umwelt und Entwicklung“ in Rio, um umweltpolitische Themen im globalen Kontext zu diskutieren. Aus dieser Zusammenkunft entstand die Agenda 21, welche die daraus erarbeiteten Ziele in Handlungsempfehlungen für Akteure realisiert, damit Ressourcen nachhaltig genutzt werden

können (Vereinigte Nationen für Umwelt und Entwicklung, 1992). Der Agenda 21 folgte 2015 die Agenda 2030, die von den 193 Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen auf einem Gipfeltreffen in New York verabschiedet wurde. Sie soll einen globalen Rahmen für die Umwelt- und Entwicklungspolitik bilden und beinhaltet 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung, die „Sustainability Development Goals (SDGs)“, mit 169 Zielvorgaben. Dabei werden alle Politikbereiche, von der Wirtschafts-, Sozial-, Umwelt- und Finanzpolitik über die Agrar- und Verbraucherpolitik bis hin zu Bereichen wie Verkehr, Städtebau, Bildung und Gesundheit berücksichtigt. Die Kernelemente der Agenda 2030 beschränken sich auf „People“, „Planet“, „Prosperity“, „Peace“ und „Partnership“ (Martens & Obenland, 2017).

In den vergangenen Jahren wurde im Kontext der wissenschaftlichen Diskussion über Nachhaltigkeit mehrere Modelle entwickelt, die sich der Thematik widmen. Diese Modelle versuchen sich dem Begriff zu nähern, damit begann das „Nachhaltigkeitsdreieck“ in den 1990er Jahren die drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales abzubilden. Im Zuge dessen sollen zentrale Prinzipien der Nachhaltigkeit wiedergespiegelt werden, indem es die drei Dimensionen vereint (Hutter et al., 2012). Heutzutage ist das bekannteste Konzept das „Drei-Säulen-Modell“, welches die grundlegenden Elemente der Nachhaltigkeit thematisiert und einen ähnlichen Ansatz verfolgt. Hier stehen die drei Dimensionen als Stützpfeiler der Nachhaltigkeit gleichrangig nebeneinander (siehe Abbildung 5). Dies soll einen Ausgleich zwischen den verschiedenen Interessen bewirken und so das Ziel der Brundtland-Definition erreichen. Damit bilden diese drei Säulen zusammen den Rahmen für die Schaffung einer gerechteren, ausgewogenen und nachhaltigen Welt, die sich wie folgt beschreiben (Batz, 2021):

Die **ökologische Säule** steht für die Erhaltung und den Schutz der natürlichen und erneuerbaren Ressourcen, der Ökosysteme und der Artenvielfalt. Dazu gehört die Verringerung von Umweltverschmutzung und Abfall, der sparsame Umgang mit Energie und Wasser sowie die Minimierung der Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Natur. Im Fokus steht eine Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks.

Die **soziale Säule** bezieht sich auf die Förderung von sozialer Gleichheit und Gerechtigkeit und stellt sicher, dass jedem Menschen Zugang zu den Grundbedürfnissen wie Nahrung, Unterkunft, Gesundheitsversorgung, Bildung und Beschäftigungsmöglichkeiten gewährleistet wird. Außerdem soll die kulturelle Vielfalt, das kulturelle Erbe und die sozialen Ressourcen erhalten bleiben. Hinzu kommt eine Förderung der Menschenrechte.

Bei der **ökonomischen Säule** liegt der Fokus auf der Schaffung einer rentablen und langfristig nachhaltigen Wirtschaft. Dabei soll das Wirtschaftswachstum mit ökologischen und sozialen Erwägungen in Einklang gebracht werden und verantwortungsvolle Produktions- und Verbrauchspraktiken gefördert werden. Außerdem soll die menschliche Existenz und Gesundheit

gesichert sowie eine gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten angestrebt werden (Pufé, 2017).

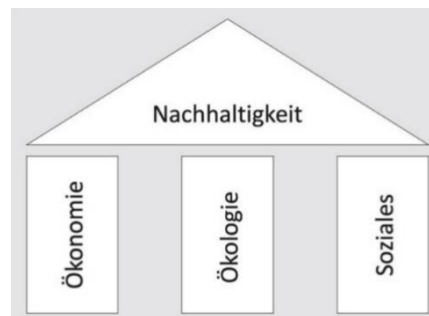


Abbildung 5 Die drei Säulen der Nachhaltigkeit (Batz, 2021)

Zusammenfassend bedeutet Nachhaltigkeit nach der Definition des Brundtland-Berichts und dem 3-Säulen-Modell, dass wirtschaftliche, soziale und ökologische Faktoren in ein Gleichgewicht gebracht werden, um ein langfristiges, stabiles System zu schaffen, das sowohl den Menschen als auch dem Planeten zugutekommt. Eine nachhaltige Gesellschaft kann weiterhin wachsen und die Bedürfnisse ihrer Mitglieder erfüllen, ohne die natürlichen Ressourcen zu erschöpfen, die Umwelt zu schädigen oder soziale Ungerechtigkeiten zu schaffen. Nachhaltigkeit erfordert eine Verpflichtung zum verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen, zu sozialer Gerechtigkeit und wirtschaftlicher Lebensfähigkeit (Hutter et al., 2012; Pufé, 2017).

Kritik an diesem Modell richtet sich meist an die Gewichtung der drei Dimensionen. Hier wird eine stärkere Gewichtung der ökologischen Dimension gefordert. Dies wird damit begründet, dass die natürlichen Ressourcen die Grundlage jeder weiteren Dimension darstellen würden und es deshalb eine „schwache“ Nachhaltigkeit darstellt. Im Zuge dessen gibt es auch ein gewichtetes Säulenmodell (nach Prof. Stahlmann), wo drei Säulen Ökonomie, Kultur und Soziales auf dem Fundament der natürlichen Ressourcen/Klima stehen. Hingegen bildet die nachhaltige Entwicklung weiterhin das „Dach“ des Modells. Dieses Modell bildet demzufolge eine Grundlage für eine „starke“ Nachhaltigkeit. Der Hauptunterschied zwischen einer starken und einer schwachen Nachhaltigkeit besteht in der Frage nach der prinzipiellen Substituierbarkeit verschiedener Ressourcen oder auch Kapitalien. Diese Kapitalien können in Übereinstimmung mit den drei Dimensionen nachhaltiger Entwicklung sowohl ökonomischer als auch sozialer oder ökologischer Herkunft sein (Batz, 2021; Stahlmann, 2008). Ähnlich dazu entwickelte sich auch das „Ein-Säulen-Modell“. Dieses betont die Vorrangstellung einer einzelnen Dimension, oft die ökologische (Batz, 2021).

3.3. Nachhaltiges Verpackungsdesign

Verpackungen haben negative Auswirkungen auf die Umwelt - von der übermäßigen Ausbeutung der Ressourcen bis zur Verschmutzung von Land und Meer - und sind eine wesentliche

Ursache für den Klimawandel, selbst wenn diese unabdingbar für den Produktschutz und Transport sind (Buchner, 2013; European Commission, 2022a). Insbesondere Kunststoffverpackungen sind gegenwärtig, aufgrund ihres schlechten Umweltimages, ein umstrittenes Thema. In diesem Bereich gilt es deshalb umzudenken und nachhaltige Alternativen anzubieten. So soll eine nachhaltige Lebensmittelverpackung die genannten Funktionen gewährleisten können und dabei möglichst minimale Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben. Zum Erreichen dieses Ziels kann eine Anpassung des Verpackungs-Designs einen großen Beitrag leisten. Als Grundlage der meisten Ansätze einer nachhaltigen Verpackung oder der Bewertung dessen Nachhaltigkeit wird von den Begriffen wie D4R, Zirkularität oder Kreislaufwirtschaft gesprochen. „Design for Recycling (D4R)“ ist ein Teil des zirkulären Produktdesigns. Das Hauptkriterium dabei ist eine möglichst hohe Verwertung der Materialien mit dem Ziel der Ressourcenschonung, einer langen Lebensdauer, einer materialidenten Verwertung und der Einsatz von NWAROS. Infolgedessen gilt die Bestrebung, die Abfallhierarchie nach den drei Begrifflichkeiten „Reduce“, „Reuse“ und „Recycle“ zu gestalten (ECR Austria, 2020). Das Prinzip der erwähnten materialidenten Verwertung, dass als **"Kreislaufsystem"** gesehen wird, gilt als ein System zur Wiederverwendung, bei dem wiederverwendbare Verpackungen von einem Systembetreiber oder einer kooperierenden Gruppe von Systemteilnehmern in Umlauf gebracht werden. Dies muss geschehen ohne, dass das Eigentum an den Verpackungen wechselt (European Commission, 2022c).

Bezüglich einer Bewertung der Nachhaltigkeit von Verpackungen hat Verghese (2012) vier Prinzipien festgelegt. Darunter zum einen das Prinzip der Sicherheit. Diese muss die menschliche Gesundheit gewährleisten und gleichzeitig die Auswirkungen auf das Ökosystem so gering wie möglich halten. Um dies sicherzustellen, unterliegen Verpackungen spezifischen rechtlichen Bestimmungen, auf die zu einem späteren Zeitpunkt genauer eingegangen wird. Zum anderen die Effektivität der Verpackung. Der Begriff vereinigt Produktschutz, Anwendbarkeit der Konsumenten, Entsorgungsfähigkeit und die Wiederverwendbarkeit. Ein weiteres Prinzip ist die Effizienz der Verpackung. Eine essenzielle Rolle spielt dabei ein minimaler Einsatz von Rohstoffen und Energie während des gesamten Lebenszyklus. Auch Treibhausgas-Emissionen des Packstoffes können damit reduziert werden. Das vierte Prinzip ist die Zirkularität. Bei der Wahl der Verpackungsmaterialien sowie -Design muss darauf geachtet werden, dass die Materialien möglichst lange in einem Kreislauf bleiben können. Es handelt sich hier um ein Kreislauf-Design, bei dem die verwendeten Packstoffe nach dem Recyclingprozess im Idealfall materialident wiederverwendet werden können. Eine weitere Möglichkeit ist die Wiederverwendung durch die Implementierungen eines Mehrwegsystems (Verghese et al., 2012).

Ein weiterer Ansatz, um Verpackungen ganzheitlich nachhaltig zu betrachten, hat Circular Analytics mit dem ECR (*efficient consumer response*) Austria (2021) vorgestellt. Hier geht es nicht ausschließlich um die Recyclingfähigkeit, sondern um eine ganzheitliche ökologische

Nachhaltigkeitsbewertung von Verpackungen. Dabei stehen - ähnlich dem Ansatz von Vergheze (2012) - die Zirkularität, Umwelt und der Produktschutz im Vordergrund. Beim Produktschutz ist neben dem mechanischen und nicht-mechanischen Schutz auch das Migrationspotential und die Wiederverschließbarkeit zu bewerten. Im Punkto Zirkularität wird die Einbindung der Konsumenten, der Rezyklat-Gehalt, die Recyclingquote und -Fähigkeit, der Einsatz von NWAROS, das Mehrweg-Potential sowie der Ressourcenverlust beurteilt. Beim Thema Umwelt wird neben den direkten und indirekten Umwelteinflüssen auch die Verpackungseffizienz, das Littering und der Einsatz von zertifizierten Materialien berücksichtigt (ECR Austria, 2021).

In vielen Studien, so auch in den beiden genannten Ansätzen, findet eine Bewertung der Ökobilanz oder auch **Lebenszyklusanalyse** (engl.: LCA – Life Cycle Assessment) statt. Hier spricht man von einer systematischen Analyse der Umweltwirkungen von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen entlang des gesamten Lebenszyklus. Berücksichtigt werden dabei sämtliche Umweltwirkungen, die während der Produktion, Nutzungsphase und Entsorgung entstehen. Weiterhin werden die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse untersucht. Damit kann die LCA als Methode für umweltorientierte Entscheidungen herangezogen werden und stellt ein Teilelement der ganzheitlichen Bilanzierung dar. Zudem ist es im DIN EN ISO 14040/44 standardisiert. Folgende Schritte sind bei dieser Bewertung essenziell: Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens (1), Sachbilanz (2), Wirkungsabschätzung (3) und die Auswertung und Interpretation (4) (Fraunhofer IBP, 2023).

Das Thema „**Design for Recycling (D4R)**“ ist, wie aus den beschriebenen Verfahren der Nachhaltigkeitsbewertungen hervor geht, ein wichtiger Schritt, um Verpackungen nachhaltiger und zirkulärer zu gestalten. Dazu hat die ECR Austria Arbeitsgruppe „Circular Packaging Design“ eine umfangreiche Empfehlung für die einzelnen Packmittel, Packstoffe und Packhilfsmittel veröffentlicht. Dazu haben sie allgemeine Hinweise und Empfehlungen ausgesprochen, wie der Einsatz von Rezyklaten, Mehrwegalternativen und Monomaterialien. Auch die Reduktion des Einsatzes von Verpackungsmaterialien ohne Beeinträchtigung des Produktschutzes ist ein Teil davon. Vermieden werden sollten grundlegend nicht-recyclebare Materialien, Additive und auf „carbon black“ basierende Farbstoffe. Außerdem haben sie Material- und Verpackungsprodukt-spezifische Empfehlungen mit Hilfe eines „Ampelsystems“ veröffentlicht. Die wichtigsten Punkte der kontextrelevanten im Bericht behandelten Packmittel sind Folgende:

- (1) Becher aus PP sollen möglichst transparent oder weiß sein und aus Monomaterial ohne Barriere bestehen. Falls eine Barriere nötig ist, sollten Barrieren wie SiO_x eingesetzt werden, welche die Qualität des Rezyklats nicht maßgeblich beeinträchtigen. Materialverbunde aus unterschiedlichen Kunststoffen sollten gemieden werden, wenn dennoch nötig, auf PP-Verbunde beschränkt werden. Außerdem sollte eine Zugabe von

dichteverändernden Additiven (Talk) vermieden werden. Verschlüsse und Bänderolen bestehen im besten Fall ebenfalls aus PP-Materialien.

- (2) GVKs sollten so aufgebaut sein, dass der Schichtaufbau dem branchenüblichen Verbundsystem für GVKs zur eindeutigen Identifizierung im Verwertungsstrom entsprechen (PE-Papier-PE). Außerdem können ein- und zweiseitige Kunststoffbeschichtungen, ohne Beeinträchtigung des Recyclingprozess, verwendet werden. Hingegen sollten nichtholzhaltige Pflanzenfasern (Hanf), welche die Faserausbeute im Recyclingprozess herabsetzen können, nur wenn nötig eingesetzt werden. Zudem sollten zusätzliche Außenbeschichtung, welche die Sortierung einschränken (z.B. metallisierte PET-Folien) gemieden werden. Bezüglich der Dekoration und Verschlüsse führen Komponenten aus HDPE/PP zu keinen Nachteilen im Recyclingprozess, falls eine leichte Abtrennbarkeit gewährleistet werden kann. Gemieden werden sollte allerdings metallisierte Oberflächen und mineralöhlhaltige Farben (ECR Austria, 2020).

Forschungsprojekte zur Thematik

Auch die Forschung arbeitet innovativ an der nachhaltigen Gestaltung von Lebensmittelverpackungen. Beispielsweise das EU-Forschungsprojekt PRESERVE, wo das Fraunhofer IVV mitwirkt. Das Projekt möchte das Problem angehen, dass wenig Plastikmüll momentan recycelt werden kann oder wird. Dazu wollen sie Verpackungen in einem Zeitraum von 2021-2024 durch biobasierte Varianten ersetzen und gleichzeitig einen hohen Produktschutz gewährleisten. Außerdem sollen die Materialien nach Verwendung einer hochwertigen weiteren Nutzung (Upcycling), einem stofflichen Recycling oder der Kompostierung zugeführt werden. Dies soll mit Hilfe neuer, verbesserter Abfallverwertungsanlagen durch biotechnologische oder -chemische Verfahren umgesetzt werden. Der Produktschutz soll gewährleistet werden, indem die Schutzeigenschaften der neuartigen Verpackungsmaterialien durch biobasierte Barriere-Beschichtungen für Biokunststoffe, Papier- und Kartonsubstrate, sowie durch Elektronenstrahl-Behandlung und Mikrofibrillenverstärkung verbessert wird. Des Weiteren soll die Kompostierung verbessert werden, indem Enzyme in die Biokunststoffe eingebaut werden, die den Prozess erleichtern. Für einen vermehrten Einsatz von biobasierten Materialien haben sie zwei Entwicklungslinien erforscht: Zum einen biobasierten Barriere-Beschichtungen auf Basis von Molkeprotein. Diese wird beim Recyclingprozess durch Enzyme abgebaut und gibt dadurch die unterschiedlichen Kunststoffsorten wieder frei, die dann sortenrein recycelt werden können. Zum anderen biobasierte Klebstoffe, wobei ein Teil der für die Klebstoffentwicklung verwendeten Rohstoffe ebenfalls aus dem enzymatischen Abbau der Verpackungsmaterialien stammt, wie u.a. PLA. Eine intelligente Kombination aus biobasierten Substraten, Klebstoffen und Beschichtungen sollen ähnliche Eigenschaften wie jene in kommerziellen Verpackungen aufweisen. Zum Erreichen des Ziels werden Prozesse, die zur Herstellung von mehreren Arten an Verpackungsdemonstratoren, wie Tiefziehschalen, Standbeutel oder GVKs erforderlich

sind, hochskaliert und stets weiterwickelt (Fraunhofer IVV, 2020; Preserve, 2020). Des Weiteren forscht das Institut an faserbasierte Materialien, thermoplastische Biopolymeren und bio-basierten funktionellen Beschichtungen für Verpackungsanwendungen. Ihr Fokus liegt dabei auf der Optimierung der technofunktionellen Eigenschaften von Biopolymeren für Papier- und Folienanwendungen und die Verbesserung der Rezyklierbarkeit von Verbundmaterialien. Diese innovative Verpackungsentwicklung mit nachhaltigen Ressourcen kann somit ebenfalls einen Weg erschließen, die Verpackungen in Zukunft nachhaltiger zu gestalten und die Nutzung nachhaltiger Ressourcen voranzutreiben (Fraunhofer IVV, 2023).

4. Analyse des Umfelds der Molkereiproduktverpackungen

Um die Forschungsfrage bestmöglich zu beantworten sowie das Ziel der Arbeit erreichen zu können ist eine Analyse des Umfelds der Molkereiproduktverpackungen unerlässlich. Dies beinhaltet eine Übersicht über den aktuellen Markt und Forschungsstand bezüglich nachhaltigen Alternativen zu konventionellen Molkereiverpackungen, eine Belichtung des Recyclings sowie des rechtlichen Rahmens und die (Nachhaltigkeits-)Anforderungen des Einzelhandels an die Verpackungen von Milch und Joghurt. Damit liegt der Fokus auf Kunststoffen und Verbunden.

4.1. Marktübersicht und Forschungsstand bzgl. nachhaltigen Alternativen

Wie aus der Struktur-Analyse der Milchwirtschaft erschlossen werden kann, zählt die Molkereiproduktverpackung durch ihre leichte Verderblichkeit zu den herausforderndsten Verpackungen der Industrie. Außerdem ist sie unverzichtbar, um die Produkte entlang der Wertschöpfungskette und bei Transporten und Lagerungen zu schützen und deren Haltbarkeit zu gewährleisten. Auch die Rolle der Milch in der Ernährung zeigt eine Relevanz die Molkereiprodukte in Zukunft nachhaltig anbieten zu müssen. Mit einem Blick auf die Verpackungen sind oft Logos ersichtlich, die dem Verbraucher den Bezug der Verpackung zur Nachhaltigkeit deutlich machen sollen. Bezüglich GVKs und (Joghurt-)Bechern aus Papier sind folgende Logos relevant:

Das **Forest Steward Council (FSC)** ist ein Zertifizierungssystem für eine nachhaltige Waldwirtschaft und Organisation für die Absicherung wichtiger Umwelt- und Sozialstandards im Wald. Dabei können die Produkte bestimmte Mengen aus FSC-zertifizierten Wäldern beinhalten, aus kontrollier-



Abbildung 6 FSC MIX Logo (FSC, 2023)

ten und legalen Holzherkünften oder Recyclingmaterial stammen. Das in der Milchindustrie am weitesten verbreitete Symbol ist das „FSC-MIX“, bei dem mindestens 70 % der gesamten Holzmenge eines Unternehmens aus FSC-zertifiziertem oder zugelassenem Recyclingmaterial bestehen muss. Somit sind in Deutschland beispielsweise rund 1,44 Mio h Wald FSC zertifiziert (FSC Deutschland, 2023).

Das **Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)**

steht für Holz- und Papierprodukte aus nachhaltigen bewirtschafteten Wäldern und gilt als das weltweit größte und unabhängigste Zertifizierungssystem. Das Programm ist mittlerweile international, national sowie regional tätig und befindet sich im Einklang mit der Agenda 21. Damit sind in Deutschland u.a. 8,7 Mio. h Waldfläche PEFC-zertifiziert, was anteilig an der Gesamtwaldfläche in Deutschland 79 % entspricht (PEFC, 2023).



Abbildung 7
PEFC-Logo
(PEFC, 2023)

4.1.1. Milchverpackungen

Wie bereits erwähnt wird Milch zum größten Teil in GVKs verpackt. Um die Frischmilch und ESL-Milch stets gekühlt, idealerweise bei 4-6 °C, zu lagern (AGES, 2023), bieten unterschiedliche GVK-Hersteller verschiedene Verpackungsoptionen auf dem Markt an.

Tetra Pak

Das Verpackungsunternehmen Tetra Pak, die in der Milchwirtschaft im DACH-Raum ein bekannter Hersteller für GVKs sind, bieten ein breites Portfolio an Verpackungsmöglichkeiten an. Sie sind mit einem Marktanteil von 82 % der H-Milch-Verpackungen Marktführer bei Karton-Getränkeverpackungen. Außerdem setzten sie bereits verbundene Verschlüsse ein, die ab 2024 verpflichtend sind. Damit wollen sie die Ziele in den drei wichtigsten Bereichen - Lebensmittelsicherheit, Lebensmittelverschwendung und Umweltschutz – umsetzen und damit ihre Verpackung selbst als „die nachhaltigste Lebensmittelverpackung der Welt“ ernennen. Bei den Verschlüssen angeboten wird zum einen der HeliCap 26 Pro, der über ein neues Schraub- und Klappkonzept mit einem nach dem Öffnen selbstsichernden Scharnier verfügt. Dieser Verschluss ist auch als pflanzenbasierte Option aus HDPE aus Zuckerrohr verfügbar, was einen erhöhten Produktanteil an NWAROS zur Folge hat. Zum anderen gibt es den HeliCap 23 Pro inklusive einer pflanzenbasierten Option mit HDPE aus Zuckerrohr. Dieser basiert auf einem Schraub-Öffnungsverschluss mit dünnen Verbindungen, die den Verschluss an der Verpackung halten. Hinzu kommt der TwistCap, ein Two-Step-Schraubverschluss mit Membran, und der WingCap, ein einstufiger Schraubverschluss mit PLH-Membran. Letzterer wird auch als biobasierte Option angeboten. Bei den aseptischen Kartonverpackungen, geeignet für haltbare Milch, gibt es ebenfalls verschiedene Optionen. Darunter die Verpackungen des Typs Tetra Prisma Aseptic, die hauptsächlich aus Papier (NWAROS) und einem biobasierten Verschluss besteht. Für Frischmilch in der Kühlkette, bieten sie neben dem Tetra Brik auch den Tetra Rex an, der auch ausschließlich aus NWAROS bzw. pflanzenbasierten Rohstoffen (Zuckerrohr) besteht. Alle Optionen sind samt ihrer Eigenschaften in Tabelle 1 zusammenfasst (Tetra Pak, 2023a).

Tabelle 1 Getränkeverbundkartons Tetra Pak für Frischmilch und haltbare Milch (aus Tetra Pak, 2023a)

Aseptische Getränkekartons		
Tetra Prisma Aseptic	Tetra Stelo Aseptic	Tetra Brik Aseptic
DreamCap 26	Empfindliche	UHT- Milch
Portionsverpackungen	Milchprodukte	Kosten-, Energieeffi-
Wiederverschließbar	WingCap™	zient
Papier (FSC)	500,1000 ml	Base Leaf mit MiM-
200- 500 ml		Ausgießöffnung
		80-2000 ml
Frischmilch		
Rex	Brik	
TwistCap	Reduziert Material-, Gewichts-,	
NWAROS (Zuckerrohr)	Platzbedarf	
250-2000 ml	200- 1000 ml	

Bezüglich nachhaltiger Kartonverpackungen werden auf der Webseite Ansätze präsentiert. Sie wollen den Anteil an NWAROS erhöhen, indem Bonsucro, ein nachhaltig beschaffenes Zuckerrohr, eingesetzt wird. Dieser verspricht eine Reduzierung des Wasserverbrauchs um 53 % nach 5 Jahren und der CO₂ Emissionen um 5,5 % nach einem Jahr der Zertifizierung. Zudem sind alle Kartonagen FSC zertifiziert. Tetra Pak möchte sich an einer Kreislaufwirtschaft beteiligen, indem zertifizierte recycelte Polymere genutzt werden. Damit sollen alle in Europa verkauften GVKs bis 2025 zu mindestens 10 % aus recyceltem Kunststoff bestehen. Im Zuge dessen soll auch das Portfolio an eine klimaneutrale Kreislaufwirtschaft angepasst werden und so das Hauptaugenmerk auf das Thema Recycling gelegt werden („Bonsucro“, 2023; Tetra Pak, 2023a). Hinzu kommt, dass das Unternehmen Alternativen zur Aluminiumschicht im GVKs sucht, da sie zwar eine entscheidende Rolle bei der Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit spielt, aber zu einem Drittel der Treibhausgasemissionen beiträgt, die mit den von Tetra Pak verwendeten Grundmaterialien verbunden sind. Dazu testen sie eine Barriere auf Faserbasis als Ersatz. Dieser Austausch soll bei vergleichbarer Haltbarkeit und Lebensmittelschutzeigenschaften den CO₂-Fußabdruck verringern und gleichzeitig die Attraktivität der Post-Consumer (PC)-Kartons für Recycler erhöhen. Dieser Schritt soll ein weiterer in der langfristigen Roadmap des Unternehmens zur Entwicklung einer aseptischen Verpackung, die vollständig erneuerbar, recycelbar und kohlenstoffneutral ist, sein. Bisher wurde allerdings nur ein angemessener Sauerstoffschutz für Gemüsesäfte bestätigt, für Molkereiprodukte ist diese Fragestellung noch offen, selbst wenn Potential bestünde (Tetra Pak, 2022).

ELOPAK

Bei dem Verpackungsunternehmen Elopak, einer der weltweit führenden Systemanbieter von Kartonverpackungen und Füllmaschinen, stehen laut eigener Aussage Nachhaltigkeit, Sicherheit und Convenience bei der Herstellung im Vordergrund. Dazu haben sie ein breites Produktportfolio für gekühlte und ungekühlte Milch, das in Tabelle 2 zusammengefasst ist.

Erwähnenswert, aus nachhaltiger Sicht unter den aseptischen Verpackungsoptionen, ist der Pure Pak eSense. Dieser zeichnet sich durch seine fehlende Aluminiumbarriere aus, ist aus nachhaltig beschaffenem Karton hergestellt und zudem vollständig erneuerbar. Die Alu-Barriere wurde dabei durch ein Gemisch aus Polyolefinen ersetzt. Daraus folgt ein reduzierter CO₂-Fußabdruck um bis zu 50 % im Vergleich zum Standard sowie ein einfacheres Recycling. Ein Weiterer ist der Sense-Aseptik, der auch mit dem „natural brown board“ angeboten wird und die Vermeidung von Lebensmittelabfall und Reduktion des Abfallvolumens unterstützen soll. Bei den Frischmilchverpackungen werden der Pure Pak Classic, Sense, Naturally und Imagine angeboten, wobei letzterem besonderes Augenmerk gilt. Dieser gilt als eine innovative Verpackungslösung durch den Einsatz erneuerbarer, recyclingfähiger und nachhaltig beschaffter Rohmaterialien. Damit soll er eine natürliche und nachhaltige Alternative zu Plastikflaschen sein, indem sie den Anforderungen einer emissionsarmen Kreislaufwirtschaft nachkommen. Der Karton ist 100 % holzbasiert (FSC) und ohne Verschluss, wodurch 46 % weniger Kunststoffe als in einem Karton mit Verschluss verarbeitet sind. Jeder andere Karton wird bei Elopak mit oder ohne Verschluss angeboten. Das Verpacken ohne Verschlusskappe spart Plastik, rund 2,7 g, und reduziert den CO₂-Fußabdruck um 25-30 % im Vergleich zum Pure-Pak mit Verschluss. Verschiedene Verschlüsse, wie der Pure-Twist, der durch seinen Half-Cut die Barriere-Eigenschaften des Kartons bis zur Erstöffnung der ungekühlten Produkte gewährleistet oder der Pure-TwistFlip, der mit dem Karton fest verbunden ist und damit die Anforderungen der Einwegkunststoff-Richtlinie der EU erfüllt, sind im Portfolio zu finden (Elopak, 2023a).

Tabelle 2 Elopak Getränkekartons (aus Elopak, 2023)

Aseptische Getränkekartons PurePak			
Sense (nat. Brown Board)		Sense	eSense
Klimaneutral		Vermeidung Lebensmittelabfall	Kein Aluminium
Kombinierbar mit Barrieren		Reduktion des Abfallvolumens	Vollständig erneuerbar
und Verschlusslösungen aus		Für lange haltbare Produkte	
erneuerbaren Polymeren			
Erneuerbar PE/holzbasiert			
Frischmilch PurePak			
Classic	Sense	Naturally	Imagine
Ohne Verschluss	Einfaches Entleeren	Classic/Sense	Alternative für Plastik-
Spart Kunststoff	Zusammenfalten, Ent-	Klimaschonend	flaschen
	sorgen mit Easy fold	Naturbraun	100% holzbasiert
	Linien	Sichtbare Fasern	Kein Verschluss
		Nachhaltiges Ausse-	Recyclebar
		hen	Erneuerbar/nachhaltig
		Materialeffizient	beschaffener Rohstoff

Elopaks 100 % holzbasierte Kartons basieren auf Tallöl gewonnenem PE, das einen natürlichen Rückstand der Zellstoff- und Papierherstellung darstellt. Dieses Rohmaterial ist ISCC³ PLUS zertifiziert und bringt im Vergleich zu fossilen Rohstoffen einige Vorteile mit sich. Darunter u.a. die Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen vom Abbau und Verwendung fossiler Brennstoffe sowie die Sicherung von Ressourcen für nachfolgende Generationen. Das verarbeitete Holz ist außerdem FSC-zertifiziert und stammt damit zu 100 % aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern und anderen kontrollierten Quellen (Elopak, 2023b).

Schweizerische Industriegesellschaft (SIG)

Die SIG, ebenfalls ein bekannter Hersteller für GVKs, bieten laut eigener Aussage mit ihren aseptischen Verpackungslösungen höchste Lebensmittelsicherheit, Qualität und Zuverlässigkeit sowie eine ungekühlte Haltbarkeit von bis zu 12 Monaten. Auch der Produktschutz, die Convenience, Innovation und Nachhaltigkeit werden erwähnt. Zudem sollen die Verpackungen durch die Verwendung erneuerbarer und vollständig recycelbarer Materialien erheblich weniger fossile Brennstoffe verbrauchen sowie einen reduzierten CO₂-Fußabdruck (28-70 %) aufweisen. SIG spezialisiert sich auf aseptische GVKs, die in Tabelle 3 dargelegt sind. Darunter der Combibloc - eine der führenden Kartonpackungen für aseptische Getränkeabfüllung -, Combidome, Combistyle oder der Combivita. Auch in diesem Unternehmen gibt es erwähnenswerte Innovationen bezüglich einer nachhaltigeren Gestaltung der GVKs. Beispielsweise besteht der Combibloc ECOPLUS zu 82 % aus Rohkarton und einer speziellen dünnen PA-Schicht, die vor Aromaverlust und Fremdgerüchen schützt. Eine zusätzliche PE-Schicht bietet weiteren Schutz, indem es eine Feuchtigkeitsbarriere bildet. Diese Verpackung hat einen um 27 % geringeren CO₂-Fußabdruck als der herkömmliche Combibloc. Zudem gibt es das Signature Portfolio. Dazu zählen der Signature 100 und EVO. Diese sind aus 100 % pflanzenbasierten NWAROS, aluminiumfrei, mit 100 % erneuerbarer Energie hergestellt, vollständig recyclebar sowie FSC (Holz) und ISCC Plus (erneuerbare Polymere) zertifiziert. Allerdings wird auch eine Option des Signature 100 mit einer dünnen Aluminiumschicht angeboten, um besonders empfindliche Produkte optimal zu schützen. Dazu bildet der Signature EVO die Weiterentwicklung mit einer vollständigen Barriere gegen Sauerstoff, Licht, Wasserdampf und Aromen. Ebenfalls erwähnenswert ist der Signature Circular, der zu 100 % in Verbindung mit Post-Consumer-Plastic-Waste (PCPW) steht. Dies bedeutet, dass forstwirtschaftliche und fossile Rohstoffe gemischt werden, um Polymere in ausreichender Qualität herzustellen. Die Menge der erneuerbaren Materialien wird durch externe Zertifizierungen überprüft, um den Anteil der verwendeten „neuen“ Polymeren auszugleichen. Im Zuge dessen wird dieser Massenausgleich als gültige Methode zur Förderung der Kreislaufwirtschaft anerkannt⁴. Diese

³ International Sustainability & Carbon Certification

⁴ Ellen MacArthur Foundation

Verpackungsoption besitzt FSC und ISCC Plus-Zertifizierung und hat eine Aluminium-Schicht mit ASI-Zertifizierung⁵. Infolgedessen soll die Verpackung durch den Einsatz von recycelten Kunststoffen, die aus gemischten Haushaltsabfällen entstehen, einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten. Zu den GVKs gibt es auch verschiedene Verschlusslösungen, u.a. der CombiMaxx, der Auslaufsicherheit und vollständige Wiederverschließbarkeit verspricht, sowie der TrueTwist, der gewichtsoptimiert ist, an der Verpackung haftet und eine Öffnungshilfe besitzt (SIG, 2023).

Tabelle 3 SIG-Getränkeverbundkartons (aus SIG, 2023)

Aseptische Getränkekartons				
Combivita	Combistyle	Combidome	Combibloc	Combibloc ECOPLUS
Stabiler Boden	Leichtes Ausgießen	„Kartonflasche“	Unterschiedliche Formen	82 % Karton
Sehr gute Restentleerbarkeit	Auffälliges Design	Geringes Gewicht	Branchenführend	27 % weniger CO ₂ -Fußabdruck
durch abgeschrägtes Dach		Eigenschaften wie Karton		Neue Verbundstruktur
				Hauchdünne PA-Schicht statt Alu
Signature 100	Signature Full Barriere	Signature EVO	Signature Circular	
100 % pflanzenbasiert, NWAROS	Sehr dünne Alu-Schicht	Weiterentwicklung ohne Aluminiumschicht	100 % in Verbindung mit PC recycelten Kunststoffen	
Aluminiumfrei	Licht, Sauerstoff empfindliche Produkte	Vollständige Barriere gegen O ₂ , Licht, Wasserdampf, Aromen		
100 % erneuerbarer Energie	FSC	FSC		
Vollständig recyclebar				
FSC				

Ähnlich wie bei Elopak findet auch hier der Kunststoff, basierend auf Tallöl, sowie eine naturbelassene Kartonage, die hier SIGNIA genannt wird, Anwendung. Bezüglich Letzterem wird ungebleichter brauner Karton und keinerlei Beschichtungschemikalien eingesetzt (SIG, 2023).

Zusammenfassend wurde beobachtet, dass die Hersteller bereit sind Getränkekartons nachhaltiger zu gestalten. Fokus liegt meist auf den Austausch der Aluminiumbarriere und der Einsatz von biobasierten Rohmaterialien, wobei die Beibehaltung der Funktionalität bei der Umsetzung die größte Herausforderung darstellt. Mehrwegalternativen zu ihren GVKs bzw. PET-Flaschen bietet keiner der großen Milchverpackungshersteller an, was auf die Spezialisierung ihres Portfolios auf GVKs zurückzuführen ist. Hingegen bietet beispielsweise Euroglas Mehrweg-Glasflaschen für Milch und Sukano weiße PET-Milchflaschen an (Euroglas, 2023; Sukano, 2023). Um den Forschungsstand und die Studienlage bezüglich nachhaltigen Milchverpackungen zu beleuchten, werden im folgenden Abschnitt ausgewählte Studien und Innovationen präsentiert.

⁵ Aluminium Stewardship Initiative

Forschungsstand und Studienlage der Milchverpackungen

SIG hat 2012 die erste europaweite Lebenszyklus Ökobilanz, im Einklang mit der ISO-Norm 14040ff, für UHT-Milchverpackungen veröffentlicht. Dazu wurden die Umweltauswirkungen (nach einzelnen Kategorien) von GVKs und Einwegflaschen aus PET und HDPE untersucht, verglichen und bewertet. Dafür wurden alle wesentlichen Faktoren und Prozesse innerhalb der Lebenszyklen der verschiedenen UHT-Verpackungslösungen, die für die Umweltleistung des Produkts relevant sind, berücksichtigt. Dazu gehören die Gewinnung und Veredelung des Rohmaterials, die Prozesse der Herstellung sowie der Transport der Verpackungen, die Verpackung der Milch und die Distribution, der Vertrieb, das Recycling oder die Entsorgung. Die Ergebnisse zeigen, dass Kartonpackung in praktisch allen Kategorien der Umweltbelastung an der Spitze stehen, da sie 34 % weniger CO₂ produzieren sowie 56 % weniger fossile Ressourcen und 30 % weniger Primärenergie im Vergleich zu HDPE-Mehrschichtflaschen verbrauchen. Vergleicht man die GVKs mit PET-Einwegflaschen liegen diese Werte bei 45 % für CO₂, 57 % bei fossilen Ressourcen und 36 % bei der Primärenergie. Auch in der Kategorie „Nutzung der Natur“ schneidet der GVK am besten ab. Im Gegensatz zu endlichen Ressourcen kann bei verantwortungsvoller Waldbewirtschaftung ein ständiger Nachschub an diesem NWAROS ermöglicht werden. Um diese Art der Verpackung in Zukunft noch nachhaltiger zu gestalten, wird weiter daran geforscht, den Anteil der NWAROS in der Verbundstruktur der Kartons zu erhöhen (SIG, 2012).

Eine Studie aus dem Jahre 2016 bestätigt den Outcome der Ökobilanz von SIG. Bertolini et al. hat die Auswirkungen von PET-Flaschen, HDPE-Flaschen und Mehrschichtkarton durch eine LCA bewertet. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass die Auswirkungen von mehrlagigen Kartons im Durchschnitt 12 % geringer sind als die von HDPE-Flaschen sowie 34 % geringer als die von PET-Flaschen (Bertolini et al., 2016).

Hinzu kommt ein Auftrag der Upländer Bauernmolkerei an das Fraunhofer UMSICHT 2021 mit einer Ökobilanzstudie, um sich einen Überblick über die nachhaltigste Verpackungslösung für Frischmilch zu verschaffen. Im Zuge dessen wurden GVKs, Kunststoff-Standbeutel oder Mehrweg-Glasflaschen bezüglich ihrer Nachhaltigkeit analysiert, indem die Produktion (Rohmaterialien, Verschluss, Etikett), der Transport und die Entsorgung (Recycling, thermische Verwertung) der unterschiedlichen Verpackungsmöglichkeiten miteinbezogen wurden. Das Forschungsteam konnte zeigen, dass für die Upländer Molkerei Mehrweg-Glasflaschen, unter der Bedingung eines kurzen Transportweges und einer Mindestumlaufanzahl von 20, die nachhaltigste Verpackungsoption darstellt. Grund für die Bedingungen ist eine negative Beeinflussung des Klimas pro Umlauf im Vergleich zum GVK, die durch ein höheres Gewicht beim Transport, die Retouren sowie eine zusätzliche Reinigung zur Wiederbefüllung verursacht wird. Wenn die Glasflasche allerdings häufig verwendet wird oder innerhalb des identifizierten ökologischen Radius transportiert wird, können diese Nachteile umkehrt werden. Die Upländer Molkerei

reagierte auf das Ergebnis der Fraunhofer UMSICHT mit dem Bau einer Abfüllanlage für Mehrweg-Glasflaschen und der Aufnahme dieser in ihr Verpackungssortiment. Diese kommen nun regional zum Einsatz. Für längere Transportwege werden weiterhin GVKs eingesetzt. Deswegen gilt, dass je nach Einsatzgebiet individuell entschieden werden muss, ob ein GVK oder eine Mehrwegflasche für die Verpackung von Frischmilch aus einer ganzheitlich nachhaltigen Sicht sinnvoller wäre. Zusätzlich hat sich das Forschungsteam für eine weitere Möglichkeit ausgesprochen, um den CO₂-Fußabdruck von Milchverpackungen zu verringern. Demzufolge soll der Kunststoffverschluss von GVKs durch einen Knick-Verschluss ersetzt werden, um das Recycling zu vereinfachen (Fraunhofer UMSICHT, 2021).

Verschiedenen Verpackungsoptionen von Milch (GVK, Mehrweg-Glas, PET) wurden außerdem in der österreichischen Verpackungsstudie von Packforce Austria, Circular Analytics und dem FH Campus Wien ganzheitlich auf Basis des ECR nach verschiedenen Kriterien auf Nachhaltigkeit bewertet. Darunter der Produktschutz, die Zirkularität sowie die Umwelt. Beim Thema Produktschutz wurde der mechanisch bzw. nicht-mechanische Schutz, das Migrationspotential und die Wiederverschließbarkeit analysiert. Dabei können den mechanischen Schutz alle ausgewählten Verpackungsoptionen gewährleisten, wobei bei Glas das Risiko besteht, während der Lieferkette zu zerbrechen. Am besten vor mechanischen Eigenschaften schützen jedoch Verpackungen aus Kunststoff oder jene mit Kunststoffschicht. Zudem können alle einen ausreichenden Schutz vor MO und Wasseraustausch bieten, allerdings kann nur der GVK den Licht- und UV-Schutz gewährleisten. Bezüglich des Migrationspotential schneidet Glas am besten ab, falls kein PVC-Deckel verarbeitet ist. Dennoch besitzen der GVK und die PET-Flasche ebenfalls ein geringes Potential für Migration. Hinzu kommt, dass alle Verpackungsmöglichkeiten für Frischmilch wiederverschließbar sind. In der Gruppe Zirkularität sind alle Optionen seitens des Konsumenten einfach zu entsorgen und brauchen keine aufwendige Trennung. Im Punkt technische Recyclingfähigkeit schneidet Glas und PET am besten ab, da diese beim GVK vom Faseranteil abhängig ist, welcher hingegen bei dem Einsatz an NWA-ROS an der Spitze liegt. Hinzu kommt, dass Glas bezüglich Mehrweg und Recyclingquote der Verpackung die besten Eigenschaften aufweist, wohingegen PET beim Rezyklat-Gehalt punktet. Beim Thema Umwelt bietet der GVK klare Vorteile in der Klimawirkung im Vergleich zu PET (100 % recycled content) und Glas, allerdings kann bei Mehrwegnutzung von Glas, unter den geeigneten Rahmenbedingungen, der CO₂-Fußabdruck von Getränkeverpackungen reduziert werden. Geeignete Rahmenbedingung wären demnach, wie in der Studie des Fraunhofer UMSICHT, ein kurzer Transportweg und eine hohe Umlaufzahl. Die Verpackungseffizienz ist bei allen drei Optionen ähnlich. Die eben beschriebenen Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst und zeigen, dass alle Verpackungsoptionen für Frischmilch ihre Berechtigungsdasein haben, da jede ihre Vorzüge in einzelnen Kategorien besitzt (Wenger et al., 2022). Dennoch gilt es anzumerken, dass die österreichische Verpackungsstudie das

Ergebnis der Fraunhofer Umsicht (2021) bestätigt, da Glas die meisten Kategorien für sich entscheiden konnte.

Tabelle 4 Ergebnisse der österreichischen Kunststoffstudie. Die beste Verpackungsoption für Frischmilch je Kategorie (nach Wenger et al., 2022).

	Produktschutz				Zirkularität						Umwelt	
	Mechanischer Schutz	Nicht-mechanischer Schutz	Migrationspotential	Wiederverschließbarkeit	KonsumentInnen-Aktion	Technische Recyclingfähigkeit	NAWARO	Mehrweg	Rezyklatgehalt	Recycling(-quote) Verpackung	Klimawirkung (g CO2 eq)	Verpackungseffizienz <i>Füllgut in ml</i> <i>Verpackungsgewicht</i>
<i>Glas</i>	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
<i>GVK</i>	X	X (+UV/Licht)		X	X		X					X
<i>PET</i>	X	X		X	X	X			X			X

Bei der Forschung nach nachhaltigeren Alternativen für Milchverpackungen ziehen auch die Biopolymere Aufmerksamkeit auf sich. Doch aufgrund der bereits in Kapitel 3.1.2.1 erwähnten Faktoren, wie die richtige Entsorgung, welche die Vorteile für die Umwelt der Biopolymere beeinflussen, stellt sich die berechtigte Frage, ob diese tatsächlich umweltfreundlicher sind, als herkömmliche Kunststoffe. Diese Frage haben sich auch Desole et al. (2021) gestellt und im Zuge dessen die Rolle der Herstellungsprozesses und das Entsorgungsszenario bezüglich der Ökobilanz von PET- und PLA-Flaschen für die Verpackung von frischer pasteurisierter Milch untersucht. Dafür wurde der Lebenszyklus der Flaschen anhand der Gewinnungsphase der Rohstoffe, der Herstellung des Polymers und der Flasche sowie des Vertriebs der Milch analysiert. Zudem wurde die endgültige Entsorgung - ausgeschlossen der Nutzungsphase - untersucht. Desole et al. haben sich auf zwei Entsorgungsszenarien beschränkt, das derzeitige Szenario und jenes, das 2030 wahrscheinlich eintreten wird. Die Ergebnisse zeigten, dass sich im derzeitigen Entsorgungsszenario aus dem Vergleich der untersuchten Materialien keine eindeutige Verringerung der Umweltauswirkungen ergibt, hingegen im Entsorgungsszenario 2030 PLA deutlich umweltfreundlicher als PET bewertet wird (Desole et al., 2022).

Eine weitere Studie hat die Ökobilanz von biobasierten Verpackungslösungen für Milch mit verlängerter Haltbarkeit (ESL) beleuchtet. Dazu wurde mit einer LCA die Leistung von Biokunststoffflaschen zu Alternativen, die derzeit im Milchverpackungssektor verwendet werden, verglichen. Untersucht wurden PLA-, PET- und HDPE-Flaschen, GVKs sowie Glasflaschen, inklusive der Sekundär- und Tertiärverpackungen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass biokompostierbarer Kunststoff ein wirksames Mittel zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft für Einwegartikel sein kann. Es konnte bestätigt werden, dass ein Biokunststoffsystem unter den

Annahmen eines idealen Szenarios in den Kategorien Klimawandel, Ozonabbau, Humantoxizität, Eutrophierung des Süßwassers, Partikelbestandteile und Landnutzung besser abschneidet als Systeme auf fossiler Basis und ein Mehrschichtkarton. Glas schnitt in der Kategorie Klimawandel sehr gut ab, hätte aber in den Kategorien Ozonabbau, Humantoxizität, Flächennutzung und Sommersmogbildung in beiden Recyclingszenarien immer noch eine größere Auswirkung als die anderen betrachteten Systeme. Somit könnten weitere Vorteile erzielt werden und negative Auswirkungen reduziert werden, wenn die Möglichkeit der Reinigung und Wiederverwendung von Glasflaschen in Betracht gezogen würde, ganz im Sinne der erwähnten Studien von Wenger et al (2022) und Fraunhofer Umsicht (2021). Damit steht fest, dass das Recyclingszenario die Auswirkungen des Glasverpackungssystems in den betrachteten Kategorien stark verändern kann. Hinzuzufügen ist den Ergebnissen allerdings, dass bei der Kompostierung des Biopolymers die Möglichkeit einer Verunreinigung mit nicht kompostierbaren Materialien nicht berücksichtigt wurde, so dass sich die erzielten Ergebnisse auf eine ideale, aber nicht immer reale, Situation beziehen (Cappiello et al., 2022).

4.1.2. Joghurtverpackungen

Selbst wenn Verpackung von Joghurt aus Glas oder Papier nicht selten ist, wird er meist in Kunststoff - PP, PS oder PET – verpackt. Firmen, wie Greiner Packaging, Paccor und Optipak sind bei der Herstellung der Becher Marktführer. Dennoch bringen auch andere Unternehmen Verpackungssysteme für Joghurt auf den Markt, darunter Seda, Neupack oder Novoplast.

Greiner Packaging:

Greiner Packaging aus der Schweiz bietet verschiedene Optionen und Formen der Verpackungen an. Neben Flaschen, Trays oder Dosen werden auch Becher angeboten. In Tabelle 5 ist das Joghurtbecher-Portfolio des Unternehmens zusammengefasst und sortiert nach Material-Basis, Dekoration und Herstellungstechnologie. Aus PP gibt es bei der Dekoration eine bedruckte, eine gesleepte- und eine IML-Option (ein ins Spritzguss-Werkzeug eingelegte Label) sowie verschiedene K3(Drei-Komponenten) -Optionen. Sowohl die K3-Optionen als auch die bedruckten Becher werden hauptsächlich durch Tiefziehen hergestellt, wohingegen IML oder gesleepte Becher ausschließlich durch Spritzguss hergestellt werden. Becher aus PET werden ebenfalls tiefgezogen, allerdings entweder nicht dekoriert oder mit Banderole (K3) ausgestattet. Zusätzlich steht auch ein 100 % recyceltes PET (rPET) zur Auswahl. Joghurtbecher aus PS stehen ebenfalls entweder als K3-Variante, als bedruckte oder gesleepte Option zur Verfügung (Greiner Packaging, 2023a).

Tabelle 5 Becheroptionen von Greiner Packaging nach Material, Dekoration und Technologie (aus Greiner Packaging, 2023a)

Material	Dekoration	Technologie
PP	K3-I (Innenstapelung)	Tiefziehen
	K3-H (Hohlboden)	

	K3-N	
	Bedruckt	Tiefziehen Spritzguss
	Gesleevt	Spritzguss
	IML	Spritzguss
PET	K3-I	
	-	Tiefziehen
rPET	-	
PS	K3-I	
	K3-N (Normal)	Tiefziehen
	K3-E (Extended-Exklusive)	
	K3-U (Umgekehrt)	
	Bedruckt	Tiefziehen (inline)
	Gesleevt	Spritzgießen

Das Unternehmen hat eine erwähnenswerte Innovation im Verpackungsbereich bezüglich nachhaltigere Joghurtbecher entwickelt. Ihr Ziel ist es das grundlegende Recycling, insbesondere die Sortierung, von Joghurtbechern aus den Kunststoffen (PET, PS, PP) zu revolutionieren sowie ihren CO₂-Fußabdruck zu reduzieren. Im Zuge dessen haben sie die K3 r100-Verpackung entwickelt. Diese besteht aus einem Kunststoffbecher (PP) und einer Kartonbänderole. Die Kartonbänderole der Becher löst sich von selbst während des Abfallsammelprozesses, was zu einer erleichterten Zuordnung zu den Recyclingströmen führt. Greiner Packaging hat damit einen Becher mit einer Recyclingfähigkeit von 92 %, die mit einer PP-Platine sogar auf bis zu 98 % erhöht werden kann, konstruiert. Dies wird auch vom Institut Cyclos-HTP bestätigt (Greiner Packaging, 2023b). Außerdem wird dieser Becher laut dem RecyClass System in die Klasse A – die höchste Stufe der Recyclingfähigkeit – eingestuft. Dies bedeutet, dass die Verpackung keine Probleme zur Wiederverwertung aufweist und die daraus entstehenden recycelten Materialien einem geschlossenen Kreislauf zugeführt werden können. Anzumerken ist allerdings, dass diese Einordnung nur für den Kunststoff, nicht aber für Karton, gültig ist (RecyClass, 2022, 2023). Die K3-Bänderole gibt es auch für PET- und PS-Becher, die aber vom Verbraucher selbst abzutrennen ist. Einen Becher aus Rezyklat gibt es zur K3-Option bisher nur aus rPET, der für Kernanwendungen des Unternehmens im Lebensmittelbereich zugelassen ist (Greiner AG, 2022; Greiner Packaging, 2023b). Mehr zum Thema rPET und Innovation im Joghurtbecher-Recycling folgt in Kapitel 4.2.2.

OPTIPAK

Die Firma Optipak, eine der führenden Hersteller von Joghurtbecher und Teil der Unternehmensgruppe Theo Müller, bietet Becher aus PP und PS, in unterschiedlichen Durchmessern und Füllvolumen, an. Diese sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Optionen sind alle durch die Tiefziehtechnologie hergestellt und es gibt jeweils die Möglichkeit Desto, Desto Slim,

Sleeve, Druck oder Etikett. Die Besonderheit des Desto Bechers ist, dass er eine Banderole und ein Bodenteil aus Karton umfasst, hingegen die „Slim“ Variante nur eine Kartonbanderole. Die Grundlage für den Desto Becher bildet einen Kunststoff-Leichtbecher (PS/PP), womit ein Becher mit bis zu 40 % reduziertem Kunststoffanteil entsteht. In der „Slim“ Variante können 30 % Kunststoff eingespart werden, aufgrund des fehlenden Kartonbodens. Bei der Becher-Option mit Sleeve, wird auf Polyolefin-Material bei PP-Bechern geachtet. Damit entsteht eine Monomaterialverpackung, da beide Komponenten (PP-Becher und PO-Sleeve) vergleichbare Materialzusammensetzungen aufweisen. Dies führt zu einer Einstufung der Recyclingfähigkeit als „sehr gut“. Zusätzlich besteht die Möglichkeit des Verbrauchers, den Sleeve vor dem Recycling abzutrennen. Ferner sind die Produkte FSC (Kartonmaterialien, Klebeetiketten) und ISCC Plus, durch den Einsatz einer äquivalenten Menge an recycelten Rohstoffen, zertifiziert („Optipack“, 2023).

Tabelle 6 Joghurtbecher-Möglichkeiten der Firma Optipak nach Material, Dekoration und Technologie (aus Optipack, 2023)

Material	Dekoration	Technologie
PP	Desto (Slim)	Tiefziehen
	Bedruckt	
	Sleeve	
	Etikett	
PS	Desto (Slim)	Tiefziehen
	Bedruckt	
	Sleeve	
	Etikett	

Auch Novoplast, Fernholz und Neupack haben ein ähnliches Produktportfolio (PS, PP), wobei letzteres PVC- oder PET-Deckel sowie etikettierte oder bedruckte Becher anbietet („Neupack Verpackungen“, 2023). Fernholz bietet sowohl den Desto Becher als auch die PET-Option an.

Paccor

Das Verpackungsunternehmen Paccor bietet neben tiefgezogenen Standardbechern aus PP und PS – ähnlich wie Greiner Packaging und Optipack - auch innovative Lösungen bezüglich einer nachhaltigeren Gestaltung der Joghurtbecher an. Diese sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Zunächst gibt es das DuoSmart-Sortiment, welches die Vorteile von Papier mit der Funktionalität von Kunststoff verbinden soll. Diese Verpackungslösung enthält im Vergleich zu herkömmlichen spritzgegossenen Verpackungen bis zu 50 % weniger Kunststoff und zeichnet sich durch eine leichte Trennung der Papierbanderole vom Becher aus. Zudem bietet Paccor nachhaltige Biopolymer-Optionen an. Das DuoSmart Sortiment ist außerdem neben einer „standard“ auch in einer „leichten“ Version erhältlich. Hinzu kommt, dass das Sortiment drei

verschiedene Optionen beinhaltet. Zum einen das RecycleDuo, welches ohne Klebstoff⁶ auskommt und auf PP DuoSmart Light Referenzen implementiert ist. Der fehlende Klebstoff ermöglicht den Kunden eine einfachere Trennung der Komponenten, ohne dass Papierreste am Kunststoffbecher verbleiben, und verbessert so die Recyclingfähigkeit. Weiteres zum Thema Recyclingfähigkeit im nächsten Kapitel (4.2.). Zudem kann diese Option zu einer Verringerung des CO₂-Fußabdrucks, durch eine verstärkte Rückgewinnung von Materialien beim Recycling, führen. Zum anderen gibt es eine Option aus 100 % rPET, die den Anforderungen, den Rezyklat-Anteil einer Verpackung zu erhöhen, nachgeht. Des Weiteren wird eine Möglichkeit aus geschäumten PP-Inlets angeboten. Diese ermöglicht bis zu 16 % weniger CO₂-Emissionen und benötigt 15 % weniger Kunststoff im Vergleich zur Produktion herkömmlicher DuoSmart-Becher. Diese Becher sollen einen Beitrag zum Erreichen ihres Ziels, dass alle Produkte in der Praxis und in großem Umfang recycelt sowie zirkuläre Angebote auf dem Markt platziert werden können, leisten. Ebenfalls innovativ ist der OPP-Sleeved Becher. Dieser orientierte PP-Sleeve soll PVC- oder OPS-Hülsen für PP-Becher ersetzen und führt somit zu einer Monomaterial-Lösung, die zu 100 % recycelbar ist und damit als "sehr gut" für das Recycling zertifiziert wird (Paccor, 2023).

Tabelle 7 Nachhaltigere Verpackungslösungen von Paccor bezüglich Joghurtbechern nach Material, Dekoration, Option und Technologie (aus Paccor, 2023)

Material	Dekoration	Option	Technologie
PP	DuoSmart	DouRecycle	Tiefziehen
		Geschäumtes PP	
	Sleeve	OPP	
PET	DuoSmart	rPET	Tiefziehen

Seda

Seda stellt als einer der wenigen Unternehmen Becher aus Papier her. Ihr Ziel ist es durch die Entwicklung Verpackungslösungen aus Papier eine umweltfreundlichere Alternative zur Kunststoffverpackung zu schaffen, die erneuerbar, biologisch abbaubar, kompostierbar sowie bis zu 25-mal recycelbar ist. Zudem soll die Verpackungsoption über ausreichende haptische, strukturelle, hygienische und lebensmittelsichere Eigenschaften verfügen. Das verwendete Papier ist zu 100 % PEFC-zertifiziert, eine FSC-Zertifizierung ist hingegen nur auf Anfrage erhältlich. Hinzu kommt ein breites Portfolio an unterschiedlichen Papierdeckeln, wie (gewölbte) Stülpedeckel oder einteilige Deckel. Zusätzlich wird mit der „Sustainable Forestry Initiative“, aufgrund weiterer Standorte in Amerika, geworben. Hinzu kommt die Werbung des Unternehmens mit derselben Haltbarkeit wie herkömmliche Kunststoffverpackungen, aber besserem Nachhaltigkeitsprofil des Produkts. Das verwendete Papier beinhaltet Diphenoxyethan

⁶ Klebstoff wird nur an der Segmentüberlappung verwendet, kein Klebstoff zwischen Einlauf und Segment.

als Sensibilisator für das Thermodirektpapier. Weiterhin sind auch andere Materialien (LDPE, EVOH) auf Anfrage erhältlich, um spezifischen Haltbarkeitsanforderungen zu entsprechen sowie „Green-PE“ und ein kompostierbares Biopolymer (Seda, 2023).

Zur Bestätigung der Nachhaltigkeit der Verpackungsalternative bezieht sich SEDA auf eine durchgeführte Ökobilanz-Studie bezüglich dieser Einweg-Papierbecher von EPPA⁷ (2021). Die Ergebnisse konnten Vorteile von Einwegprodukten auf Papierbasis im Vergleich zu wiederverwendbarem Geschirr in europäischen Schnellrestaurants nachweisen. Zudem konnten Vorzüge bezüglich des Klimawandels, Süßwasserverbrauchs, Verbrauchs von fossilen Brennstoffen und Metallen sowie die Bildung von Feinstaub und die Versauerung des Bodens beobachtet werden. Anzumerken ist die Annahme von 30 % Recycling und 70 % Verbrennung beider Systeme mit Energierückgewinnung sowie einer durchschnittlichen Transportentfernung von 100 km vom Schnellrestaurant zur Verbrennungsanlage, auf der die Ergebnisse basieren. Die Bewertung der Ökobilanz erfolgte in Übereinstimmung mit den ISO-Normen und wurde vom deutschen TÜV, nach einer funktionellen Einheit⁸ unabhängig bewertet (EPPA & RAMBOLL, 2021a). Ein geringeres Risiko für Kreuzkontamination bei Verwendung von Einwegbechern auf Papierbasis ließ sich SEDA ebenfalls mit einem Bericht der EPPA bestätigen (Seda, 2023).

Bio Pack und Green Box

Bio Pack aus Österreich ist einer der wenigen Anbieter die PLA-Joghurtbecher im Sortiment haben. Alle weiteren angebotenen Verpackungen im Online-Shop enthalten ebenfalls keine konventionellen Polymere. Auch Green Box aus Deutschland, als Teil der Bionatic Gruppe, bietet Becher dieser Art an (Bio Pack, 2023; Green Box, 2023).

Zusammenfassend konnte beobachtet werden, dass Verpackungshersteller bei der nachhaltigeren Gestaltung von Joghurtbechern ihr Hauptaugenmerk auf Monomaterialien sowie Kunststoffeinsparungen legen. Somit liegt der Fokus auf der Verbesserung der Recyclingfähigkeit. Mehrwegalternativen (z.B. Glas) bietet keiner der beleuchteten Hersteller in ihrem Portfolio an, was ähnlich wie bei den GVK-Herstellern an ihrer Produktspezialisierung liegt. Papierbecher werden ebenfalls nicht in großer Menge auf dem Markt angeboten. Becher aus PLA sind bei keinem der größeren Hersteller zu finden, selbst wenn ausreichend Studien über die Sicherheit im Lebensmittelkontakt und die Funktionalität vorhanden wären. Die Sicherheit der PLA-Verwendung und an welchen Verpackungsalternativen momentan geforscht wird, soll im folgenden Abschnitt anhand ausgewählter Studien deutlich gemacht werden.

⁷ European Paper Packaging Alliance

⁸ In-Store-Verbrauch von Lebensmitteln und Getränken über 365 Tage für ein durchschnittliches Schnellrestaurant in Europa unter Berücksichtigung der Einrichtung, Spitzenzeiten, Durchsatz an servierten Speisen, Hygienestandards

Forschungsstand/Studienlage Joghurtverpackungen

Ergebnisse einer Studie (2021) bestätigen, dass undurchsichtige Verpackungen aus PLA für Joghurt ausreichend Schutz vor lichtbedingten Farbveränderungen, Vitaminverlusten und Lipidoxidation bieten können. Auch sensorische Analysen ergaben keinen signifikanten Unterschied zwischen dem PLA und PS verpackten Joghurt. Dazu wurden PLA- und PS-Becher mit transparenter PLA-Folie bzw. Aluminiumdeckeln gefüllt sowie versiegelt und anschließend 42 Tage lang mit und ohne Lichteinwirkung gelagert ($2,4 \pm 0,4$ °C; $78,8 \pm 5,4$ % relative Luftfeuchtigkeit). Gemessen wurde der Einfluss der Verpackung auf die Joghurtqualität durch Bestimmung des pH-Werts, Wassergehalts, der Viskosität, Farbe, des Luftsauerstoffs und Peroxidwertes sowie durch eine Bewertung von sensorischen und mikrobiellen Analysen. Die Messungen ergaben, dass der Wassergehalt und die Viskosität während der Lagerung stabil blieben, wohingegen die Sauerstoffkonzentration im Kopfraum des PLA-Bechers leicht abnahm. Zudem konnte bei einer Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme gezeigt werden, dass der Joghurt keine Materialveränderungen aufweist (Mikloskova et al., 2021).

Die österreichische Kunststoffstudie hat auch Joghurtbecher nach denselben Kriterien wie der Frischmilch bezüglich ihrer Nachhaltigkeit bewertet. Im Zuge dessen wurden jeweils ein K3- und ein Direktdruckbecher aus PET, PP und PS analysiert sowie ein Einweg-Glasbehälter und PP-Direktdruck-Becher mit Stülpedeckel⁹. In der Gruppe Produktschutz schneidet der PP-Direktdruck-Becher mit Stülpedeckel beim mechanischen Schutz am besten ab, da er im Vergleich zu den Übrigen statt einer mittleren eine sehr gute Stoßfestigkeit besitzt. Dennoch schützen alle Verpackungssysteme ausreichend vor mechanischer Beanspruchung. Den nicht-mechanischen Schutz können alle Kunststoffverpackungen gewährleisten. Grund dafür ist eine sehr gute Barrierefunktion gegenüber MO und Licht, die durch das Produktdesign - Aluminiumplattine und Einfärbung des Bechers - bedingt ist. Verpackungen aus Glas schützen sehr gut vor MO und Feuchtigkeit, allerdings durch ihre Transparenz nicht vor Licht/UV-Einstrahlung. Die Kunststoffbecher aus PS unterscheiden sich von den Übrigen, indem sie denselben Schutz gegen MO, aber nur einen ausreichenden Schutz gegen Wasserdampf aufweisen können. In der Kategorie Migrationspotential weist auch hier Glas Nachteile im Vergleich zu den Kunststoffverpackungen auf, da es bei der Anwesenheit von PVC ein hohes Migrationspotential besitzt. Der Weichmacher PVC ist allerdings nicht im Glas selbst enthalten, sondern in den Twist-Off Deckeln, was dazu führt, dass Einweg-Glasverpackungen ohne diesen Deckel den Vorteil haben, inert zu sein und nicht mit dem Lebensmittel zu reagieren. Zudem gibt das Material selbst keinen Geschmack ab, weshalb kein Migrationspotential in der „PVC-freien“ Variante vorhanden ist. Die letzte Kategorie des Produktschutzes, die Wiederverschließbarkeit, können der Glasbehälter und der PP-Becher mit Stülpedeckel am besten sicherstellen. Im

⁹ Aluminiumplattine wird durch Stülpedeckel ausgetauscht, was den Schutz vor Stößen erhöht.

Punkto Zirkularität kam das Forschungsteam zu folgenden Ergebnissen: In der Kategorie Konsumenten-Aktion können sowohl alle Kunststoffbecher mit Direktdruck als auch das Glasbehältnis mit der besten Bewertung (3 = keine Konsumenten-Aktion erforderlich) eingestuft werden, was auf das optimale Produktdesign zurückzuführen ist. Zudem führt die selbständige Trennfähigkeit des K3 r100 Bechers während des Abfallsammelprozesses ebenfalls zur besten Bewertungsstufe (3). In der Kategorie technische Recyclingfähigkeit konnte bei allen betrachteten Verpackungen ein hoher Wert errechnet werden (≥ 97 -99 %), wobei Glas mit mindestens 99 % den höchsten Wert erreicht hatte. Auch in der Recyclingquote punktet die Glasverpackung, da diese in der Praxis eine hohe Quote in Österreich aufweist (84 %). Hinzu kommt, dass Glas unter den untersuchten Verpackungsvarianten das einzige Verpackungssystem darstellt, in dem Rezyklat eingesetzt wird. Den größten Anteil an NWAROS haben aufgrund der Kartonwickel die K3-Becher Varianten, während bei Glas und den Kunststoffbechern mit Direktdruck kaum bis keine NWAROS Einsatz finden. In der Bewertung der Gruppe Umwelt schneiden in beiden Kategorien - Klimawirkung und Verpackungseffizienz – die Kunststoffbecher allgemein besser ab. Genauer betrachtet bedeutet das, dass der K3 r100 Becher (PP) die geringste Klimawirkung mit 36 g CO₂ eq, wohingegen Glas mit 184 g CO₂ eq die höchste aufweist. Dies ist auf die energieintensive Herstellung zurückzuführen. Außerdem erzielte der PP-Direktdruck-Becher das beste Ergebnis im Punkto Verpackungseffizienz (42), was dem geringen Materialeinsatz zuzuschreiben ist (siehe Tabelle 8) (Wenger et al., 2022).

Tabelle 8 Ergebnisse der österreichischen Kunststoffstudie. Die beste Verpackungsoption für Joghurt je Kategorie (modifiziert nach Wenger et al, 2022)

	Produktschutz				Zirkularität					Umwelt		
	Mechanischer Schutz	Nicht-mechanischer Schutz	Migrationspotential	Wiederverschließbarkeit	KonsumentInnen-Aktion	Technische Recyclingfähigkeit	NWARO	Mehrweg	Rezyklatgehalt	Recycling(-quote) Verpackung	Klimawirkung (g CO ₂ eq)	Verpackungseffizienz $\frac{\text{Füllgut in ml}}{\text{Verpackungsgewicht}}$
K3-PET		X	X				X	-		X		
PET (DD)		X	X		X			-				
K3-PP		X	X					-				
PP (DD)		X	X		X			-				
K3-PS			X					-				X
PS (DD)			X		X			-				
K3-r100-PP		X	X		X		X	-			X	
Glas (Einweg)				X	X	X		-	X	X		

PP (DD) + Stülpdeckel	X	X	X	X	X			-				X
--------------------------	---	---	---	---	---	--	--	---	--	--	--	---

4.2. Recycling in der EU

Das Recycling, ein Prozess des Sammelns, Sortierens und Verwertens des Abfalls, ist einer der Hauptangriffspunkte für eine nachhaltigere Verpackungswirtschaft, insbesondere bezüglich der angestrebten Kreislaufwirtschaft. Im Zuge dessen gibt es grundlegende Begriffe, die im Rahmen eines zirkulären Produktdesigns häufig Anwendung finden:

Recyclingquote: Diese stellt das Gewicht der in einem Kalenderjahr angefallenen und recycelten Verpackungsabfälle in Relation zu der in Verkehr gebrachten Menge dar. Das als recycelt gezählte Gewicht wird an jener Stelle gemessen, wo es dem Recycling zugeführt wird. Damit stellt es die Menge nach dem materialspezifischen Sortierprozess dar.

Recyclingfähigkeit: Nach dem ECR (2020) gilt ein Produkt als recyclingfähig, wenn bestimmte Kriterien erfüllt werden. Dazu muss das Material durch länderspezifische sowie regionspezifische Sammelsysteme erfasst werden sowie nach Stand der Technik sortiert und verwertet werden können. Die daraus entstandenen Sekundärrohstoffe haben Potential Primärrohstoffe zu ersetzen. Der berechnete Wert entspricht jedoch nicht der tatsächlichen Quote.

Sortierfähigkeit: Diese stellt die Grundvoraussetzung für eine Recyclingfähigkeit dar. Damit wird gewährleistet, dass Sortiertechniken materialspezifisch Anwendung finden. Zudem ist die Sortierfähigkeit abhängig von der Sortierbarkeit des Abfalls und der Materialerkennung bzw. -Identifikation (ECR Austria, 2020).

Die Verpackungsmaterialien, die am meisten Abfall produzieren sind Papier und Pappe gefolgt von Kunststoff, wie in Abbildung 8 zu beobachten ist. Bis 2030 und 2040 wird dieses Abfallaufkommen aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung weiter ansteigen, beispielsweise bei Kunststoff von 33 auf 48 kg/Kopf (2030) und auf 62 kg/Kopf (2040). Dieser Anstieg fordert in der EU höhere Recyclingquoten. Voraussichtlich steigt infolgedessen die Recyclingquote insgesamt von 66,5 % (2018) auf 69 % (2030), was aus Abbildung 9 zu erschließen ist.

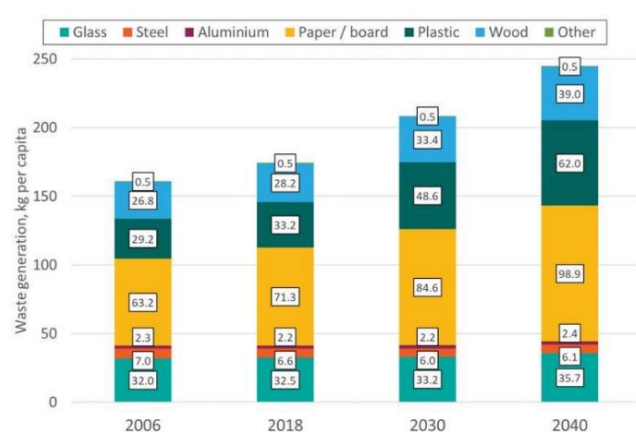


Abbildung 8 Abfallaufkommen in der EU in "kg per capita" in den Jahren 2006-2040 (European Commission, 2022)



Abbildung 9 Recyclingraten von Verpackungsabfall in der EU und der Europäischen Wirtschaftsumgebung 2019 (European Commission, 2022)

Das stellt viele Mitgliedsstaaten, die unter dem EU-Durchschnitt liegen, u.a. Deutschland, vor eine große Herausforderung, die Recyclingziele für 2025 und 2030 zu erreichen. Der größte prognostizierte Anstieg der Verwertungsquoten in der Zeitspanne soll bei Kunststoffen sein. Der durchschnittliche Anteil der recycelten Kunststoffverpackungen liegt bisher (2019) nach Angaben der EU-Mitgliedstaaten bei 40,6 % (gegenüber 41,4 % im Jahr 2018), allerdings bezieht sich diese Angabe in den meisten Ländern auf die für das Recycling gesammelten Mengen, während die tatsächlich recycelten Kunststoffverpackungen auf nur 14 % geschätzt wird. In der Kategorie Papier und Pappe liegt der durchschnittliche Anteil an recyceltem Material in neuen Verpackungen aus Wellpappe bei 89 %, während er bei GVKs vernachlässigbar ist. Verbessert werden sollen diese Anteile durch neue Technologien, wie das chemische Recycling, die Blockchain-Technologie und ein digitales Wasserzeichen in Verpackungen (European Commission, 2022a). Nach dem rechtlichen Rahmen in Deutschland müssen Getränkekartons hingegen eine Recyclingquote von 80 % (ab 2022) aufweisen können. Laut dem Bericht des Umweltbundesamtes (UBA) wurden 2020 bereit 77,5 % stofflich verwertet. Zum einen bedeutet „stofflich verwertet“ hier die Menge, die einem Recycling in Papierfabriken zugeführt wird und zum anderen ist eine „Verwertung“ die stoffliche Weiterverarbeitung zuzüglich der Menge, die der Verbraucher in der Restmülltonne entsorgt und die in Müllverbrennungsanlagen energetisch recycelt wird (Burger et al., 2022; Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., 2023).

Bewertung der Recyclingfähigkeit

Um die Recyclingfähigkeit einer Verpackung zu bewerten, gibt es u.a. die RecyClass-Methodik von Plastic Recyclers Europe. Damit können 57 % der Kunststoffverpackungen in die Klassen A, B und C eingeteilt werden, während die restlichen 44 % signifikante oder größere Designprobleme aufweisen, die ihre Recyclingfähigkeit stark beeinträchtigen oder sie als nicht recycelbar einstufen. Verpackungen der Klasse A werfen keine Probleme mit der Recycelbarkeit

auf und können potenziell in einen geschlossenen Kreislaufsystem für dieselbe Anwendung eingesetzt werden. Verpackungen der Klasse B haben einige geringfügige Probleme mit der Recyclbarkeit, können aber möglicherweise trotzdem in einen geschlossenen Kreislauf eingespeist werden. Verpackungen der Klasse C weisen einige Probleme mit der Rezyklierbarkeit auf, die die Qualität des endgültigen Rezyklats beeinträchtigen (European Commission, 2022a; RecyClass, 2022). Auch das Institut cyclos-HTP untersucht die Recyclingfähigkeit von Verpackungen. Dies wird anhand eines „Anforderungs- und Bewertungskatalogs zur Prüfung und Testierung der Recyclingfähigkeit“ (A & B Katalog) umgesetzt. Dazu werden Verpackungsmaterialien untersucht, Tests zur Sortier-, Aufbereitungs- und Verwertungsfähigkeit durchgeführt, Zertifikate und Berichte ausgestellt sowie die Berechtigung zur Nutzung eines Labels vergeben. Im Ablaufschema des Prüfprozesses werden dabei folgende Fragen gestellt:

- (1) Recyclebare Anteile?
- (2) Erfassungs- und Verwertungsstrukturen vorhanden?
- (3) Zielgerichtet sortierbar?
- (4) Technisch rückgewinnbar?
- (5) Regenerierbar?
- (6) Qualitative Klassifizierung?

Die Antworten auf diese Fragen ergeben letztendlich die Recyclingfähigkeit der Verpackung angegeben in Prozent (Institut cyclos-HTP GmbH, 2021).

4.2.1. Recycling von Kunststoffabfällen

Aus Abbildung 10 und 11 erschließt sich, dass es für Kunststoffe ein System zur stofflichen Verwertung mittels Recyclingkreisläufen gibt, um sie abseits einer thermischen Verwertung recyceln zu können. Dort wird neben den einzelnen Kreisläufen zwischen der Kunststoffverwertung mittels rohstofflichen oder werkstofflichen Recyclings unterschieden. Zu den Kreisläufen gehören der Primärkreis, der ein innerbetriebliches Sammeln und Wiederverwenden von Produktionsabfällen beschreibt. Dort werden Produktionsabfälle zu wieder einsetzbaren Rohstoffen, zur Herstellung des eigentlichen Produkts, verwertet. Dies führt zu einer Verschlechterung der Produkt- und Prozesseigenschaften. Außerdem der Sekundärkreis, der die Wiederverwendung eines gebrauchten Produkts für den gleichen oder einen anderen Zweck beschreibt, zum Beispiel die Wiederverwendung von PET-Wasserflaschen. Zudem der Tertiärkreis, in dem Sekundärrohstoffe produziert werden. Der zu recycelnde Werkstoff wird hier durch ein Verfahren wiederaufbereitet und der dabei entstehende Sekundärwerkstoff zu einem neuen Produkt verarbeitet. Wichtig dabei ist, dass bei den Aufarbeitungsprozessen die Makromolekül-Struktur des Werkstoffes erhalten bleibt. Dies wird als werkstoffliches Recyceln bezeichnet. Dadurch entsteht allerdings in den meisten Fällen eine Qualitätsminderung des Regranulats, was sich durch die UV/Licht- und Oxidations-Einflüsse sowie dem molekularen

Abbau bei jeder Verarbeitung begründen lässt. Im Zuge dessen werden die entstandenen Kunststoffe oft mit primären Kunststoffen vermischt. Zuletzt der Quartärkreis, wobei qualitativ minderwertige Altkunststoffe zu neuen chemischen Sekundärrohstoffen aufarbeitet werden. Je nach Ausgangsmaterial werden diese zur Herstellung neuer Kunststoffe oder für andere chemische Prozesse eingesetzt. Hier wird die eigentliche Struktur der Polymere jedoch zerstört, was ein Abbau der Makromoleküle durch eine physikalische oder chemische Behandlung bedeutet und ein Entstehen von niedermolekularen Verbindungen zur Folge hat. Gesprochen wird hier vom rohstofflichen Recycling. Das Verfahren wird jedoch nur eingesetzt, falls eine werkstoffliche Verwertung durch beispielsweise Verschmutzung nicht möglich ist (Kaiser, 2006; Martens, 2013; Martens & Goldmann, 2016).

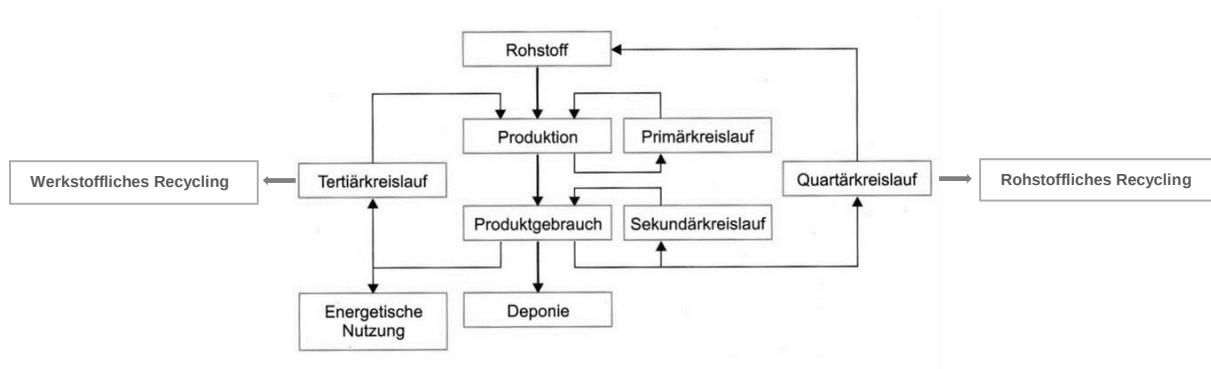


Abbildung 11 Recyclingkreisläufe (modifiziert nach Kaiser, 2006)

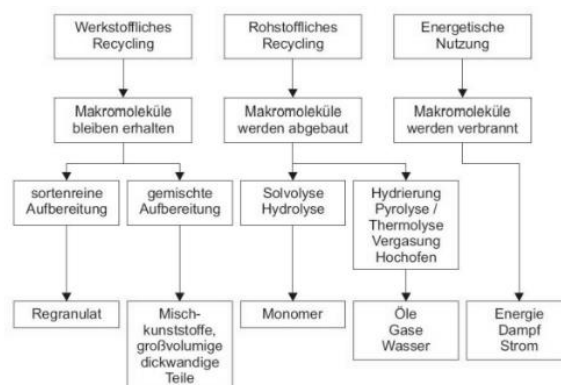


Abbildung 10 Arten des Kunststoffrecyclings (Kaiser, 2006)

Das Rohstoffliche Recycling lässt sich weiterhin in verschiedene Verfahren unterteilen, was in Abbildung 11 zu beobachten ist. Unterschieden wird dabei u.a. zwischen dem petrochemischen Verfahren (Pyrolyse), dem solvolytischen Verfahren (Solvolyse) oder dem Hochofenprozess. Da trotz der Möglichkeiten aus wirtschaftlicher Sicht diese nicht immer umgesetzt werden können, darf das energetische Recycling nicht außer Acht gelassen werden. Dazu wird der Kunststoffabfall in Müllverbrennungsanlagen thermisch behandelt, um Energie (Wärme, Elektrizität) zu erzeugen. Der Teil des Abfalls, der nicht verwertet wird, wird auf Deponien (Abbildung 10) abgelagert, wobei die lange Lebensdauer der Kunststoffe den größten

Nachteil dieser Art der Entsorgung darstellt. Diesem Problem entgegen wirken können möglicherweise die erwähnten abbaubaren Kunststoffe (Hopmann & Michaeli, 2007; Kaiser, 2006).

Eine ökologische Bewertung der einzelnen Recyclingprozesse ist nur bedingt möglich, da eine Festlegung einer Rangfolge nicht umsetzbar ist. Prinzipiell besitzen werkstoffliche Verfahren ein höheres ökologisches Potential, das Problem sind hier aber die hohen Anforderungen an die Qualität der Einsatzstoffe. Limitiert sind sie außerdem durch den Aufbereitungsaufwand und Substitutionsfaktor, der das Mengenverhältnis, in dem Neuware durch Altware substituierbar ist, beschreibt. Wohingegen die rohstofflichen und energetischen Verfahren nur moderate Anforderungen an die Einsatzstoffe stellen. Ersteres führt allerdings zu Produkten, die eine geringere Veredelung aufweisen. Entscheidend bei der ökologischen Wertigkeit des jeweiligen Verfahrens ist, welche Auswirkungen die Anwendung des Verfahrens im Vergleich zur jeweiligen Primärproduktion auf die Umwelt hat. Zudem ist die ökologische Wertigkeit abhängig von der Effizienz der Primärressourcen durch Kunststoffabfälle ersetzt werden zu können. Sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch negative Auswirkungen hat die energetische Verwertung, da moderne Verbrennungsanlagen über sehr effektive Abgas-Reinigungssysteme verfügen und damit 93 % des Erdöls daraus energetisch eingesetzt wird (Martens, 2013; Martens & Goldmann, 2016).

Die Information, wie viel Prozent einer Verpackung stofflich verwertbar sind, ist heutzutage auf vielen Verpackungen - oft aus Marketing-Zwecken- zu lesen. Dieser recyclebare Anteil einer Verpackung kann folgendermaßen berechnet werden:

$$\text{Recyclebar \%} = \frac{\text{Gewicht PS o. PP o. PET}}{\text{Gewicht der Verpackung}}$$

Formel 1 Berechnung des recyclebaren Kunststoffanteils (PP, PS oder PET) einer Verpackung (nach RecyClass, 2022)

Dazu wird das Gewicht der einzelnen Kunststoffe, wie beispielsweise PP, durch das Gesamtgewicht der Verpackung dividiert (siehe Formel 1) (RecyClass, 2022).

4.2.2. Recycling von Joghurtbechern

Da Joghurtbecher üblicherweise aus Thermoplasten (PP, PS, PET) bestehen, sind die Recyclingprozesse ähnlich. Wichtig zu beachten ist allerdings, dass nicht alle Joghurtbecher überall recycelt werden, da die Infrastruktur und die Recyclingfähigkeit von Kunststoffen je nach Land und Region unterschiedlich sein können (European Commission, 2022a).

Polypropylen

PP kann nach einer erneuten Aufschmelzung direkt recycelt werden. Der werkstoffliche Recyclingprozess von PP-Joghurtbechern umfasst die folgenden grundlegenden Schritte: Die Sammlung von Sammelsystemen mithilfe der Verbraucher, die Sortierung und die Trennung vom Rest der Abfälle durch beispielsweise einer Dichtesortierung mittels Schwimm-Sink-Aufbereitung im Schwerkraftfeld oder Zentrifugalkraftfeld (Hydrozyklon). Weiters folgt eine

Zerkleinerung durch Schneiden, Mahlen oder Schreddern der Joghurtbecher, um sie bestmöglich für den Recyclingprozess vorzubereiten (Aufschlusszerkleinerung, Waschprozesse). Dann folgt das Schmelzen des gereinigten PP bei hohen Temperaturen und das Formen zu Granulat. Anschließend werden aus dem sogenannten Regranulat oder dem Mahlgut neue Produkte hergestellt. Dieser Vorgang ist allerdings nicht beliebig oft wiederholbar, aufgrund der Schädigung der Makromoleküle durch die thermische Behandlung (Martens, 2013; Martens & Goldmann, 2016). In der Theorie könnten daraus neue Joghurtbecher hergestellt werden, in der Praxis werden daraus meist Plastiktüten oder Verpackungsfolien. PP hat ein großes Potential recycelt zu werden, wenn es in Zukunft besserer Maßnahmen für Trennung und Sortierung sowie neue Einsatzmöglichkeiten für recyceltes PP geben würde (Hopewell et al., 2009). Ein etabliertes Verfahren, um eine bessere Trennung erzielen zu können, ist die sogenannte Dissolution des Fraunhofer IVV zusammen mit CreaCycle, die Verbundmaterialien (Becher aus mehreren Kunststofftypen) trennen kann. Entwickelt wurde der *CreaSol/v* Prozess für die Trennung von Verbundfolien wie PP/PA oder PP/PET (Fraunhofer IVV, 2022).

Aktuell gibt es bei PP-Joghurtbechern innovative Entwicklungen bezüglich des Recyclings und dem Schließen des Kreislaufs. Dazu bietet die Firma PureCycle aus den USA einen Ansatz. Sie nutzen eine patentierte Technologie, die Verunreinigungen, Farben und Gerüche aus PP-Abfällen entfernt und diese Kunststoffabfälle in ein hochreines Kunststoffharz umwandelt, das mehrfach verwendet werden kann. Das Ziel, dass aus dem Rezyklat wieder dasselbe Anfangsprodukt (100 % geschlossener Kreislauf) wird, soll mit dieser Technologie erfüllt werden. Das Verfahren mit einer im Bau befindlichen Anlage löst PP in Butan, gefolgt von einer Ausfällung bei der Dekompression (PureCycle, 2023). Ob dieses Verfahren praktisch auch für Rezyklate im Lebensmittelkontakt angewendet werden kann, hängt zum einen von den Hygienestandards der Technologie ab und zum anderen, ob diese nach der neuen VO 2022/1616 als „geeignete“ Technologie eingestuft wird („Verordnung (EU) 2022/1616 über Kunststoff-Rezyklateinsatz im Lebensmittelkontakt“, 2022). Die Tatsache, dass ein geschlossener Kreislauf für PP-Joghurtbecher möglich wäre, bestätigt auch die Studie von Eriksen et al. (2019), da hier das getrennte Recycling von Molkereibechern zu wiederaufbereitetem PP (rPP) führt (Eriksen et al., 2019). Eine weitere Lösung, um das Recycling von PP zu verbessern wäre ein optimiertes Verpackungsdesign. Dieses sollte jegliche Additive vermeiden, die beim Schmelzen und bei der Re-Extrusion zu einem Abbau führen oder die bei thermischen Prozessen eine Deaktivierung des Katalysators verursachen. Umgesetzt werden kann das mit Multisite-Polymerisations-Katalysatoren und speziellen Spritzgießverfahren, wie dem oszillierenden Packungs-spritzgießen. Mit jenem müssen verschiedene Polymere nicht mehr in unterschiedliche Anlagen hergestellt werden, die Verwendung von Zusatzstoffen wird vermieden und eine Depolymerisation wird begünstigt (Hees et al., 2019). Bezüglich des Verpackungsdesigns bietet Paccor mit ihrem bereits unter Kapitel 4.1. erwähnten OPP-gesleeften Becher, der aufgrund

seiner daraus entstehenden Monomaterialität einfacher recycelt werden kann, ebenfalls einen innovativen Ansatz (Paccor, 2023).

Polystyrol

PS-Joghurtbecher können auf verschiedene Arten recycelt werden. Die Recyclingfähigkeit im Vergleich zu anderen Kunststoffen wie PET oder HDPE ist allerdings begrenzter und hängt von vielen Faktoren ab, wie beispielsweise von der Qualität des Abfalls. Sowie PP, kann auch PS als Thermoplast werkstofflich recycelt werden (Martens, 2013; Martens & Goldmann, 2016). Allerdings gibt es auch andere gängige Methoden zum Recycling von PS, wie das mechanische Recycling, welches das Zerkleinern und Schreddern der Becher zu kleinen Flakes, die dann für die Herstellung neuer PS-Produkte gereinigt und extrudiert werden, beinhaltet. Eine weitere Methode ist das chemische Recycling, das PS in seine Grundbestandteile aufspaltet und daraus neue Polymere herstellt. Dabei wird PS entweder in eine Flüssigkeit aufgelöst oder erhitzt und zersetzt, um das Monomer Styrol freizusetzen. Das Styrol kann dann als Rohstoff für die Herstellung neuer Polymere verwendet werden. Zudem gibt es die Pyrolyse (siehe Abbildung 11, Rohstoffliches Recycling), bei dem PS bei hohen Temperaturen unter Sauerstoffausschluss zersetzt wird, um Öl, Gas und Kohle zu erzeugen. Diese Produkte können dann als Rohstoffe für die Herstellung von Kraftstoffen und Chemikalien verwendet werden (Kaiser, 2006; Maharana et al., 2007). Bei fehlender Recyclingstruktur für PS werden die Kunststoffe dennoch in manchen Ländern auf Deponien landen. Auch PS könnte in der Theorie in einem geschlossenen Kreislauf recycelt werden, ist allerdings in der Praxis kaum umsetzbar. Grund dafür ist die kostenintensive Trennung und der mögliche Verunreinigungsgrad der PS-Flakes, selbst wenn PC-PS gerade für gekühlte Produkte wie kalt abgefüllter Joghurt sehr gut angewendet werden kann, aufgrund der Minimierung der Migration durch die niedrigen Temperaturen. Die hohen Kosten für die Trennung entstehen, weil der Kunststoff für ein sinnvolles Recycling als reines PS vorliegen muss. Demnach sind spezifische Anforderungen an die Reinigungseffizienz der PS-Super-Clean-Recyclingverfahren von den zuständigen Behörden bisher nicht klar definiert und somit keine Daten darüber verfügbar (Hopewell et al., 2009; Welle, 2023). Dieses Problem soll aktuell mit der neuen VO 2022/1616 gelöst werden. Dazu wird die Verwendung von recyceltem Kunststoff in Materialien mit Lebensmittelkontakt erlaubt, die mit "neuartigen" Technologien hergestellt wurden. Dies wird so lange erlaubt, bis die EU-Kommission auf der Grundlage einer Bewertung durch die EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) entscheidet, ob die PS-Recyclingverfahren unter bestimmten Bedingungen, zu denen auch Überwachung und Berichterstattung gehören, "geeignet" sind („Verordnung (EU) 2022/1616 über Kunststoff-Rezyklateinsatz im Lebensmittelkontakt“, 2022). Auf diese VO wird im Verlauf der Arbeit noch einmal genauer eingegangen.

Weitere aktuelle Entwicklungen zeigen Lösungen des Verpackungsherstellers Greiner Packaging, der sich in der Lage sieht, einen Joghurt-Becher aus 100 % recyceltem PS zu produzieren. Die entsprechenden Versuche seien erfolgreich verlaufen. Ziel ist ein 100 % mechanisch recyceltes PS mit 100 % Recycling-Karton zu kombinieren. Dieser ist noch nicht zugelassen, aber die Zertifizierung sei in Arbeit. Außerdem wollen sie das chemische Recycling von PS zusammen mit dem Unternehmen Trinseo vorantreiben (Packaging Journal, 2020; Strasser, 2021). Auch Styrenics Circular Solutions möchte eine mögliche Lösung bieten und eine Kreislaufwirtschaft für Styrolkunststoffe realisieren. Dies soll durch innovative Recyclingtechnologien und partnerschaftliche Lösungen umgesetzt werden. Die verwendeten Recyclingtechnologien – mechanisches Recycling mit Lebensmittelkontakt, Auflösung, Depolymerisation – sollen sich ergänzen und damit den Übergang zu einem Kreislaufsystem von PS beschleunigen. Mit dem physikalischen Verfahren, der Dissolution wird mit Hilfe eines Lösungsmittels PS aus gemischten Kunststoffabfällen herausgelöst, wohingegen mit dem chemischen Verfahren, der Depolymerisation, PS-Verpackungsabfälle in ihr ursprüngliches flüssiges Monomer zurückverwandelt werden (Styrenics Circular Solution, 2023). Eine Studie des Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV (2023) kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass PS in Zukunft eine sichere funktionelle Barriere für Anwendungen mit Lebensmittelkontakt darstellen kann. Dafür wurden hier PC-PS-Rezyklate auf eine ähnliche Weise bewertet wie die bestehenden Bewertungskriterien für PET und HDPE¹⁰. Dieser Bewertung zu Folge bestehen für das Recycling von PC-PS noch einige Wissenslücken. Dennoch gibt es genug Daten, sodass das Recycling von PC-PS-Rezyklaten insgesamt als sicher eingestuft werden kann. Welle weist allerdings darauf hin, dass die endgültige Bewertung der Recyclingtechnologien und gegebenenfalls der Verfahren in den Händen der EFSA läge (Welle, 2023). Eine innovative Möglichkeit, das Recycling von PS kostengünstiger und weniger energieintensiv zu gestalten, ist es, den Abfall in submikrone ausgerichtete Fasern unter einer Verwendung von Zitruschalen-Extrakten zu verwerten, die von der Landwirtschaft entsorgt werden. Die enthaltene aromatische Verbindung d-Limonen, die etwa 93-95 % des Orangenöls ausmacht, ist ein gängiges natürliches Lösungsmittel für die Auflösung von PS, was die Verwendung von Zitruschalen begründet. Die praktische Anwendung des daraus entstehenden Gewebes zur Beseitigung von Ölverschmutzungen wurde in dieser Studie untersucht, indem die Auftriebseigenschaften in statischen und dynamischen Öl-über-Wasser-Systemen getestet wurde. Des Weiteren wurde das Gewebe auch auf Wiederverwendbarkeit analysiert. Nach fünf Benutzungszyklen lag die Ölabsorptionskapazität von den Fasern auf Primärschicht-Basis immer noch bei rund 50 %, was ein beträchtliches Ergebnis ist. Die Studie beschreibt somit eine Möglichkeit, aus

¹⁰ In Anlehnung an die EFSA-Bewertung von PC-PET wurde in dieser Studie eine Konzentration von 3 mg/kg als Höchstkonzentration in gewaschenen PC-Flocken angenommen

zwei Abfallstoffen ein Rezyklat herzustellen (Yadav et al., 2019). Dieses aromatische Lösungsmittel wird auch vom Technologie-Lizenzgeber Polystyvert verwendet (Vollmer et al., 2020).

PET

Die Herstellung von Joghurtbechern aus PET findet immer häufiger Anwendung. Dieser Kunststoff besitzt großes Potential als nachhaltige Verpackungsalternative, da es momentan das einzige Rezyklat darstellt, dass im Lebensmittelkontakt zugelassen ist. Somit können Joghurtbecher aus PET, durch einen mehrstufigen Prozess, wieder zum selben Produkt verwertet werden und damit einen geschlossenen Kreislauf bilden. Der Recyclingprozess von PET-Getränkeflaschen kann im Grunde auch auf Joghurtbecher angewandt werden. Dafür werden die Becher, genau wie PP/PS, gesammelt, sortiert (Magnetsortierung, Schwimm-Sink-Sortierung) und getrennt. Im Anschluss werden die gereinigten PET-Becher zerkleinert und die Flakes gründlich gewaschen. Ein Waschprozess mit Natronlauge führt zu einem geringem Materialabtrag von der PET-Oberfläche, wodurch ein besonders reines Vormaterial erreicht werden kann. Nach dem Schmelzen kann dann der flüssige Kunststoff zu neuen Joghurtbechern geformt werden (Martens & Goldmann, 2016).

Immer mehr Firmen setzen bei PET-Molkereiverpackungen mittlerweile auf einen geschlossenen Recyclingkreislauf statt auf Downcycling. Beispielsweise Starlinger viscotec, PET-MAN und der Biohof Zauner entwickelten einen weißen Becher aus 100 % rPET. Dieser Becher wurde so konzipiert, dass eine 100 %ige Recyclingfähigkeit nach der Verwendung gewährleistet ist. Um den Kreislauf schließen zu können, ist eine korrekte Sammlung unabdingbar, wozu die Projektpartner explizit für weiße rPET-Becher ein regionales Sammelsystem eingerichtet haben. Außerdem wurden Sammelstellen bei Altstoffsammelzentren und Supermärkten organisiert. Um die Flakes zu reinigen, verwenden sie ein Dekontaminationsverfahren von Viscotec, welches von der EFSA und FDA (Food and Drug Administration) als lebensmitteltauglich eingestuft wurde (Biohof Zauner, 2023; Starlinger Group, 2023; Verpackung mit Zukunft, 2021). Mit dieser Innovation gewannen sie den Green-Packaging-Award 2021. Auch Grainer Packaging setzt rPET erfolgreich ein. Die Produkte von Harvest Moon werden statt im „virgin“ PP-Becher nur noch im rPET-Becher verkauft. Die Becher bestehen zu 100 % aus recyceltem, unbedrucktem rPET-Mono-Material, was zu einem geringeren Energieverbrauch des Recyclings und Abfallaufkommen führt. Außerdem wollen sie damit schätzungsweise 40 % CO₂ einsparen. Das Unternehmen recycelt PET momentan mechanisch, erwartet aber bis 2025 auch das Funktionieren des chemischen Recyclings, was zu einer höheren Reinheit führt. Weiterhin gewannen sie mit einem rPET-Kreislaufsystem für Schulmilchbecher mehrere nationale und internationale Auszeichnungen, wie den WorldStar Sustainability Gold Award 2022 (Greiner AG, 2022). Ebenfalls das rPET im Verpackungsportfolio aufgenommen hat Paccor mit einer Option der DuoSmart Variante auf derselben Materialbasis (Paccor, 2023). Auch wenn sich rPET als sicher herauskristallisiert hat, ist die Zahl der Wiederverwendung natürlich eine

berechtigte Frage. Die Studie von Pinter et. al (2021) hat u.a. dies durch ein Bottle-to-Bottle-PET-Recycling untersucht. Hier konnte selbst nach elf Zyklen gezeigt werden, dass die Qualitätskriterien von rPET für die Flaschenproduktion erreicht und alle getesteten Parameter für eine Wiederverwendung nach mehreren Schleifen erfüllt werden können. Dieser Recyclingprozess sollte als Paradebeispiel für die Anwendung von rPET und als potentielle Lösung der Industrie dienen, falls die Qualitätsparameter eingehalten werden können. Dennoch wird davon ausgegangen, dass das Ergebnis von der Reinheit des Ausgangsmaterials und den Prozessparametern und -eigenschaften beeinflusst wird. Die größte Hürde des wertstofflichen Verwertens von PET stellt hingegen die Entfärbung oder Farbveränderung während des Recyclingprozesses dar, was zu unerwünschten Vergilbungen oder Trübungen des rPET führen kann. Diesem Problem könnte man mit der Zugabe von blauem Farbstoff entgegenwirken, was dennoch nicht die Grundursache des Problems zu lösen scheint (Masmoudi et al., 2018; Pinter et al., 2021).

4.2.3. Recycling von Getränkeverbundkartons

Für den GVK, der üblicherweise aus den Schichten PE-Papier-PE bzw. PE-Papier-PE-Aluminium-PE besteht, gibt es gesonderte Verwertungsstrukturen zum normalen Karton-Recycling. Kriterien zur Umsetzung des gesonderten Recyclings sind zum einen, dass es bei der Erfassung der materialspezifische Aufbau nicht abweichen darf, beispielsweise durch eine zusätzliche Laminierung mit anderen Kunststoffen, und zum anderen muss es sich per Definition um eine Verpackung für flüssige oder pastöse Lebensmittel handeln (ECR Austria, 2020).

Die Sammlung von GVK wird von „dualen Systemen“ organisiert, seit dessen Start über 3 Mio. t GVKs wiederverwertet wurden. Dabei stehen bereits über zehn Unternehmen im Wettbewerb, indem jedes Unternehmen dieselben Sammelbehälter nutzt. Dazu werden zusätzlich zu Glas-/Papier-Containern weitere Wertstofftonnen aufgestellt, in denen GVKs neben Kunststoff-, Aluminium- und Weißblechverpackungen erfasst werden. Nachdem die GVKs zusammengefaltet im gelben Sack, der Gelben Tonne oder dem dafür vorgesehenen Wertstofftonne landen, werden sie von anderen Verpackungen an Sortieranlagen getrennt. Sortiert wird vollautomatisch mit Infrarotstrahlen, wobei das reflektierte Licht der Verpackungen, was durch einen Scanner über dem Sortierband ausgesendet wird, analysiert wird. Dem folgt eine computergestützte Berechnung der Position der Verpackung und des Zeitpunkts, wann die Verpackung das Ende des Förderbandes erreicht. Am Ende des Förderbandes wird das Objekt dann mit computergesteuerten Druckluftdüsen durch Luftstöße in den richtigen Schacht befördert. Im Anschluss kommt die Verpackung in eine Ballenpresse. Zum Karton-Recycling wird ein sogenannter „(Hydra-)Pulper“, eine gängige Maschine in Papierfabriken, gebraucht. Dazu müssen die GVKs dort hineingegeben werden und anschließend Wasser zugesetzt werden. Im Anschluss wird gerührt, bis sich die Fasern von den Folien ablösen. Mittlerweile kommen

aber eher Auflösetrommeln zum Einsatz, die einen deutlich höheren Verarbeitungsdurchsatz besitzen wie eine konventionelle Pulper. Aufgebaut ist eine solche chemikalienfreie Recyclinganlage aus einem rotierenden Metallzylinder und Schaufeln, die das Material nach oben transportieren, von wo es wieder herunterfällt und zunehmend zerfasert. Dadurch entsteht ein Faserbrei, der anschließend durch kleine Löcher in der Trommelwand abgeschwemmt, gereinigt, eingedickt und zur Papiermaschine gepumpt wird. Die verbleibenden Folienreste in der Trommel wurden bislang überwiegend in Zementfabriken, zur Herstellung und Verbesserung der Abbinde-Eigenschaften, verwertet. In den letzten Jahren gab es auch andere Ansätze die Reste (PolyAl, Verschlüsse) stofflich zu verwerten, diese konnten sich in der Praxis allerdings bisher nicht langfristig durchsetzen. Das eben beschriebene Recyclingkonzept ist in Abbildung 12 veranschaulicht (Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., 2023; SIGnals, 2023).

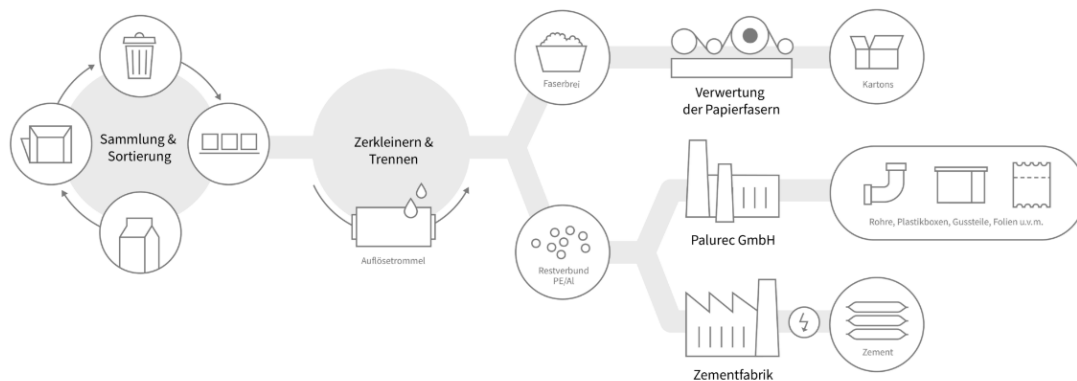


Abbildung 12 Recyclingverfahren von GVKs (Fachverband Kartonverpackungen & für flüssige Nahrungsmittel e.V., 2023)

Neben dem beschriebenen Prozess in Abbildung 12 gibt es noch eine weitere Möglichkeit, (aseptische) GVKs zu verwerten. Dazu verzichtet man auf eine Trennung und verarbeitet sie direkt weiter. Der Prozess besteht lediglich aus einer Zerkleinerung und einer Pressung in verschiedene Formen bei hoher Temperatur, wodurch der in der Verpackung enthaltene Kunststoff schmilzt. Das entstandene Material weist besonders stabile und vielseitige Eigenschaften auf, weshalb die Verarbeitung zu Baumaterial oder Möbel zahlreiche Anwendung findet. So entstehen in Indien aus den gebrauchten Kartons u.a. Schulmöbel (SIGnals, 2023).

Aktuelle Entwicklungen dazu zeigen, dass viele Verpackungshersteller gewillt sind in Recyclingtechnologien zu investieren und Verbesserungen, insbesondere bezüglich der Zurückgewinnung der Polymere und Aluminium aus gebrauchten aseptischen Kartonpackungen, anzustreben. Infolgedessen hat beispielsweise die Palurec GmbH eine innovative Recyclintechnologie entwickelt. Dabei setzen sie auf praxistaugliche Aggregate, statt neue Anlagenkomponenten zu entwickeln. Mitgliedsunternehmen des Fachverbands Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., Elopak GmbH, SIG Combibloc GmbH und Tetra Pak GmbH, haben rund

8 Mio. € in den Bau der Palurec-Anlage investiert. Diese Investition zeigt eine Steigerung der Recyclingfähigkeit von aktuell 75 % auf deutlich über 90 % durch PolyAl-Recycling (Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., 2023; SIGnals, 2023). SIG möchte 1,8 Mio. € in das Poly-Al-Recycling investieren und anschließend die zurückgewonnenen und getrennten Materialien in Brasilien separat gewerblich verkaufen. Erwartet wird eine Wertsteigerung der Kartons bzw. der sortenreinen Materialien um 50 %. Die neue Technologie soll die ökologische und ökonomische Säule der Nachhaltigkeit erfüllen und die soziale Säule, zu der bereits 2018 ein Projekt gestartet wurde, ergänzen. Dieses Projekt ermöglicht es Menschen in benachteiligten Gemeinden Treuepunkte für die Abgabe von Abfällen zu sammeln, die dann dem Recycling zugeführt werden. Anschließend können die gesammelten Punkte gegen Prämien wie Grundnahrungsmittel eingetauscht werden (Middendorf, 2022). Auch Tetra Pak setzt spezielle Teams ein, um eine Wertschöpfungskette für Recycling ständig weiterzuentwickeln und Projekte diesbezüglich zu arrangieren. Dabei ist das Vorhaben hervorzuheben, die Sammlung und das Recycling von Verpackungen auch auf Länder ohne gesetzliche Regelung auszuweiten (Tetra Pak, 2023b). Auch Bemühungen, die Aluminiumschicht der Kartons auszutauschen um das Recycling zu erleichtern, werden getätigt, da weltweite Untersuchungen ergeben haben, dass etwa 40 % der Verbraucher stärker motiviert wären Verpackungen für das Recycling zu sortieren, wenn sie vollständig aus Pappe bestünden und kein Plastik oder Aluminium enthielten (Tetra Pak, 2022). Außerdem hat Tetra Pak zusammen mit Stora Enso in eine neue Recyclinganlage in Polen investiert, welche die jährliche Recyclingkapazität für GVKs in diesem Land verdreifachen soll. Weiterhin arbeiten sie mit Plastigram Industries daran die neue Anlage zu ergänzen, indem sie eine Lösung für das Poly-Al-Recycling zu neuen Produkten industrialisieren (Packaging Europe, 2023a). Eine weitere Möglichkeit die Recyclingfähigkeit von GVKs zu steigern, bietet die Firma Nanopool GmbH, die mit der Lösung „NP SiOPack“ eine ultradünnes, unsichtbares und vollständig recycelbares sowie unbedenkliches Barriere-Coating entwickelt hat. Diesem konnte im Vergleich zu einer Beschichtung mit PE auf GVKs gleiche Werte hinsichtlich Wasserstabilität und Lebensmittelsicherheit zugeschrieben werden, wobei es vollständig in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden kann. Grund dafür ist die natürliche Basis, die abweisend gegenüber Wasser, Öl, Schmutz und Keimen wirkt und damit eine sichere Verpackung für Milchprodukte und Flüssigkeiten darstellt (Nanopool, 2023). Weiteres hat der Verein Getränkekarton Austria im Sommer 2022 eine Kampagne namens „Recycling Mission 2025“ ins Leben gerufen, mit der die Recyclingquote in Österreich von GVKs von bisher 63 % auf 80 % steigen soll. Zum Erreichen dieses Ziels müssen die gesamten 80 % der Kartons in der Gelben Tonne/Sack gesammelt werden, um anschließend auch fachgerecht recycelt werden zu können. Plakate, „Milch-Männchen“ (Doodles), Influencer, der Hashtag „gemeinsammeln“ und Recycling-Videos sowie -Graphiken sollen die Kampagne beim Erreichen des Recyclingziels unterstützen (Getränkekarton Austria, 2022).

Neben dem GVK gibt es für Milch auch die Alternative in PET-Flaschen abgefüllt zu werden. Diese durchlaufen in Prinzip den gleichen Recyclingprozess wie ein PET-Joghurtbecher und sind damit in der Theorie in der Lage einem geschlossenen Kreislauf anzugehören. Dies ist in der Praxis der Logo-Plastic GmbH gelungen, indem sie recyclebare Milchflaschen aus 100 % rPET anbieten, die den EU-VO entsprechen und unter den Bedingungen der Lebensmittelnorm ISO 22000 hergestellt werden (Logo-Plastic GmbH, 2023). Dessen Verwendung ist jedoch bisher nicht verbreitet.

4.3. Rechtlicher Rahmen

Lebensmittelverpackungen unterliegen in der EU und der Schweiz einem rechtlichen Rahmen. Im Folgenden soll ein Überblick über die Rechtslage geschaffen werden, indem die wichtigsten Ziele jener Verordnungen (VO) und Richtlinien erläutert werden. Hauptaugenmerk liegt dabei auf eine detaillierte Ausarbeitung der PPWR mit den Konsequenzen für Industrie, Verbraucher und Mitgliedsstaaten, damit eine spätere Analyse der Nachhaltigkeitsberichte der Unternehmen bezüglich dieser VO möglich ist.

4.3.1. Europäische Union

In der Europäischen Union (EU) sind eine Reihe von Initiativen für die Verpackung im Lebensmittelsektor von großer Bedeutung. Darunter der Eigenmittelbeschluss (2014/335), Einwegkunststoffrichtlinie (2019/904), Einwegkunststoffverbots-VO, die Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle (PPWD) (94/62/EG) und die Abfallrahmenrichtlinie. Zusätzlich zu den gesetzlichen Regelungen der EU gelten in Deutschland die Einwegkunststoffkennzeichnungs-VO, die Einwegkunststoffverbots-VO und das deutsche Verpackungsgesetz. In Österreich gelten zusätzlich das Abfallwirtschaftsgesetz und die Verpackungs-VO.

Einwegkunststoffrichtlinie (SUPD), EU/2019/904

Die Einwegkunststoffrichtlinie vom 5. Juni 2019 konzentriert sich neben Kunststoffprodukten auch auf bestimmte Verpackungen u.a. für Lebensmittel- und Getränke. Das Hauptziel besteht darin, Littering und dessen Auswirkungen auf die (Meeres-)Umwelt und die menschliche Gesundheit einzuschränken. Außerdem soll sie einen Beitrag zu einem funktionierenden Binnenmarkt sowie einer Kreislaufwirtschaft leisten. Enthalten sind Produktverbote sowie Verpflichtung für die Mitgliedstaaten, die getrennte Sammlung für das Recycling sicherzustellen und das Volumen bestimmter Gruppen von Einwegkunststoffen zu reduzieren. Zudem wurden auch Mindestziele für den Recyclinganteil von Einweg-Getränkeflaschen aus Kunststoff festgelegt. Allerdings deckt der Geltungsbereich nur etwa 70 % aller Kunststoffverpackungen ab und die festgelegten Maßnahmen beziehen sich hauptsächlich auf die Vermeidung von Littering. Darüber hinaus geht die SUPD nicht auf das D4R ein, um die Recyclingfähigkeit im Hinblick auf höhere Recyclingraten und -qualität zu verbessern. Daraus folgt, dass die

Grundprobleme mit Kunststoffverpackungen damit nicht gänzlich gelöst werden können (Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 2019; European Commission, 2022a).

Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle (PPWD), 94/62/EG

Die PPWD ist eine Richtlinie der EU, die darauf abzielt, die Umweltauswirkungen von Verpackungen und Verpackungsabfällen zu verringern. Es stellt damit das wichtigste Instrument auf EU-Ebene dar, welches sich mit dem Inverkehrbringen von Verpackungen und den Anforderungen an das Ende ihrer Lebensdauer befasst. Diese wurde erstmals 1994 eingeführt und zuletzt im Jahr 2018 aktualisiert. Weiterhin fungiert sie als wichtiger Teil eines umfassenderen Pakets der EU-Maßnahmen zur Abfallbewirtschaftung, die darauf abzielen, die Auswirkungen von Abfällen auf die Umwelt zu verringern und eine kreislauforientierte Wirtschaft zu fördern. Sie gibt den EU-Mitgliedsstaaten einen Rahmen vor, um Verpackungsabfälle auf nachhaltige und umweltfreundliche Weise zu entsorgen. Außerdem werden Mitgliedstaaten verpflichtet, Programme zur Abfallvermeidung durchzuführen und Systeme zur Sammlung und Verwertung von Verpackungsabfällen einzurichten. Die Richtlinie legt auch Recyclingziele für verschiedene Arten von Verpackungsmaterialien, wie Papier, Kunststoffe und Glas, fest. Hinzu kommt die EPR für die Finanzierung der Kosten für die Sammlung und das Recycling von Verpackungsabfällen, womit Anreize für Hersteller geschaffen werden, nachhaltigere Verpackungen zu entwickeln und Abfälle zu reduzieren (Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 1994; European Commission, 2022a).

Im November 2022 hat die Europäische Kommission nun einen neuen Vorschlag zur Aufhebung dieser Richtlinie und der Überarbeitung der SUPD eingereicht, hin zu einer VO (European Commission, 2022c). Genauer dazu im weiteren Verlauf der Arbeit.

Eigenmittelbeschluss, 2014/335/EU

Ein weiterer relevanter Rechtsakt in Bezug auf Kunststoffverpackungen ist der Eigenmittelbeschluss. Dieser enthält Vorschriften für die Bereitstellung der Eigenmittel der Union, damit die Finanzierung des Jahreshaushalts der Union festgelegt werden kann. Dort wurde eine Eigenmittelquote auf der Grundlage der in einem bestimmten Mitgliedstaat nicht recycelten Kunststoffverpackungsabfälle festgelegt. Jedoch unabhängig davon, ob dieser Mitgliedstaat die Zielvorgabe erfüllt oder nicht. Dieser Beschluss schafft den Mitgliedstaaten einen Anreiz, bestimmte Maßnahmen zu ergreifen, um hohe Recyclingraten für Kunststoffverpackungen zu erreichen. Darüber hinaus wird den Mitgliedstaaten Flexibilität bei der Entscheidung über ihre Bemühungen, um hohe Raten für die stoffliche Verwertung von Kunststoffen im Einklang mit der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, gewährleistet (European Commission, 2022a; Rat der Europäischen Union, 2020).

Abfallrahmenrichtlinie (WFD), 2008/98/EG

Ebenfalls erwähnenswert ist die WFD. Diese dort festgelegten horizontal anwendbaren Konzepte für die Abfallerzeugung und -bewirtschaftung schließen die Abfallbehandlung, das Recycling und die Verwertung ein. Daraus entsteht eine Abfallhierarchie mit Fokus auf Abfallvermeidung, nicht aber auf Wiederverwendung oder Recycling. Darüber hinaus verpflichten sie die Mitgliedstaaten funktionierende Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) einzurichten, die sicherstellen, dass Hersteller von Produkten die Verantwortung für die Bewirtschaftung der Abfallphase ihrer Produkte tragen. Im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft hat sich die Kommission verpflichtet, die Möglichkeit einer Harmonisierung der Systeme zur getrennten Abfallsammlung in den Mitgliedstaaten zu prüfen (Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 2018; European Commission, 2022a).

Verordnung über Kunststoff-Rezyklateinsatz im Lebensmittelkontakt, 2022/1616/EU

Die Verwendung von Post-Consumer-Rezyklat (PCR) Anteilen in Lebensmittelverpackungen ist ein wichtiger Beitrag zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft. Im Zuge dessen hat, passend zur PPWR, im September 2022 die EU-Kommission eine Richtlinie für den Einsatz von recyceltem Kunststoff für Lebensmittelkontaktmaterialien (2022/1616) veröffentlicht. Die Anwendung von PCR soll durch die rechtlichen Regelungen nun steigen und 22 % müssen durch Rezyklate ersetzt werden. Das Problem dabei ist jedoch, dass die rechtlichen Anforderungen bezüglich PCR in der EU einer strengen Vorgabe für die Sicherheit, den Transport und den Schutz der Lebensmittel unterliegen. Bisher geregelt sind die Anforderungen an das Rezyklat in der EU-Rahmen-VO Nr. 1935/2004, der Kommissions-VO zur guten Herstellungspraxis Nr. 2023/2006 (GMP-VO) sowie der Kommissions-VO Nr. 10/2011 zu Kunststoffen im Lebensmittelkontakt. Da die bisherige Rezyklat-VO die Ziele nicht erfüllen konnten, unterliegen sie jetzt auch der neuen Kommissions-VO Nr. 2022/1616. Grund dafür ist das ausschließliche Vorhandensein von rPET auf dem Markt in Bezug auf Lebensmittelkontakt. Dies ändert sich nun, da es in Zukunft auch andere Kunststoff-Rezyklate geben soll. Dafür werden Rezyklate nach einem neuen System bewertet, sodass diese im Lebensmittelkontakt eingesetzt werden dürfen, wenn es unter geeigneten Recycling-Technologien oder neuartigen Technologien hergestellt wurde oder es sich um reine Stoffe handelt. Der wichtigste Punkt der Technologien ist vor allem der Dekontaminationsprozess während des Recycling-Verfahrens. Eine Technologie gilt somit als geeignet, wenn anhand ausreichender Daten nachgewiesen werden kann, dass der eingesetzte Kunststoff dekontaminiert wurde. Diese haben gerade bei mechanischem Recycling von PC-PET-Abfällen oder von Abfällen aus geschlossenen und überwachten Produktkreisläufen hohe Gültigkeit. Die Technologien haben außerdem bestimmte Anforderungen an die Abfallsammlung und Vorbehandlung, an das Eingangsmaterial, den Recyclingprozess sowie die Verarbeitung und den Vertrieb von Rezyklaten. Dahingegen ist eine neuartige Technologie jede nicht als geeignete eingestufte Technologie, die sechs Monate vorher der

Behörde und der Kommission gemeldet werden muss. Daraufhin kann sie geprüft werden, ob keine Bedenken bestehen und letztendlich registriert werden. Beispiele dafür sind das chemische Recycling, welches nicht zu Monomeren oder Molekülen führt, Rezyklate hinter funktionellen Barrieren oder werkstoffliches Lösungsmittelbasiertes Recycling. Zugelassen werden diese Technologien durch einen Zulassungsantrag, der von der EFSA geprüft und anschließend von der EU-Kommission genehmigt werden kann (Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e. V. (GKV) et al., 2022; „Verordnung (EU) 2022/1616 über Kunststoff-Rezyklateinsatz im Lebensmittelkontakt“, 2022).

In Bezug zu dieser Richtlinie hat der GKV ein Dokument als Leitlinie veröffentlicht. Grundsätzlich beinhaltet diese Leitlinie allgemeine Übergangsvorschriften, damit die Übergangsfristen eingehalten werden können und die Hersteller optimal auf die neuen Vorgaben eingestellt werden. Mit den Leitlinien soll die Anwendung der neuen Regelungen für Kunststoff-Recycler und -Verarbeiter also erleichtert sowie Mittel und Wege aufgezeigt werden, die komplizierten Regelungen umzusetzen. Fest steht dennoch: Rezyklate, die nicht mittels geeigneten Technologien hergestellt werden, dürfen nur noch bis Juli 2023 in Verkehr gebracht werden (Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e. V. (GKV) et al., 2022).

4.3.1.1. Deutschland

Das deutsche Verpackungsgesetz (VerpackG):

Das VerpackG setzt die PPWD 94/62/EG ins deutsche Recht um. Dieses Gesetz reguliert das Inverkehrbringen von Verpackungen und die Rücknahme sowie die hochwertige Verwertung von Verpackungsabfällen. Das Gesetz löste 2019 die VerpackV ab und wurde 2022 zur VerpackG2 novelliert. Diese gilt ausschließlich in Deutschland. Hervorzuheben ist hier eine gesetzliche Regelung über eine ökologische Gestaltung systembeteiligungspflichtiger Verpackungen, die durch finanzielle Anreizsysteme belohnt werden sollen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Registrierungspflicht bei der ZSVR Stiftung der Verpackungs-Hersteller und Importeure, bevor sie Verpackungen erstmalig in Verkehr bringen. Weiters muss eine Rücknahme und Verwertung des entsprechenden Verpackungsabfalls sichergestellt und nachgewiesen werden, was auch für Mehrwegverpackungen gilt. Im Zuge dessen müssen auch die Endverbraucher über Rückgabemöglichkeiten informiert werden. Recyclingsymbole anzubringen ist zwar freiwillig, dennoch sind bestimmte Mindestquoten hinsichtlich der Art des Recyclings zu beachten. Seit Januar 2023 gilt nun eine Mehrwegpflicht im Handel mit Lebensmitteln und Getränken, die beim Letztvertreiber verpackt werden. Es muss also eine Mehrwegalternative für Lebensmittelverpackungen/Getränkebecher aus Kunststoff oder anderen Materialien angeboten werden, die nicht teurer verkauft werden darf als die bisherige

Einwegvariante¹¹. Des Weiteren sind seit Juli 2022 Getränke (Ausnahme: Milcherzeugnisse) in Einwegkunststoff-Getränkeflaschen und -dosen pfandpflichtig (Bundesministeriums der Justiz, 2017).

Besonders interessant ist außerdem **§ 21 Absatz 3**. Hier wird ein Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen festgelegt. Dieser legt die Höhe des Recyclinganteils dieser Verpackungen fest, damit sie als recyclingfähig gelten, und wird jährlich im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt bis zum 01. September veröffentlicht. Besonders zu berücksichtigen ist bei der Bemessung der Recyclingfähigkeit der für ein Recycling verfügbare Wertstoffgehalt einer Verpackung, wonach mindestens drei Anforderungen zu prüfen und zu berücksichtigen sind. Darunter die Sortier- und Wertungsinfrastruktur (1), die Sortier- und Trennbarkeit (2) sowie die Abwesenheit von Recyclingunverträglichkeiten (3). Bei Nichterfüllung von Kriterium (1) oder (3) gilt die Verpackung demnach als „nicht recyclingfähig“. Dennoch gilt es zu beachten, dass nur eine Mindestanforderung darstellt wird und Verpackungen darüber hinaus umweltfreundlicher und ressourcenschonender gestaltet werden können (Zentrale Stelle Verpackungsregister, 2022).

Einwegkunststoffverbotsverordnung (EWKVerbotsV)

Die VO über das Verbot von Einwegplastik (SUP-Verbots-VO) vom 20. Januar 2021 schränkt die Verwendung und den Vertrieb bestimmter Arten von Einwegplastikprodukten ein oder verbietet sie ganz. Der Geltungsbereich ist für das Inverkehrbringen von bestimmten Einwegkunststoffprodukten sowie von Produkten aus oxo-abbaubarem Kunststoff. Im Zuge der VO ist eine Definition für Einwegkunststoff inkludiert, womit Produkte gemeint sind, die nicht für den Durchlauf mehrerer Produktkreisläufe konzipiert oder entwickelt sind. Diese VO soll ein erster Schritt in Deutschland zur Umsetzung der SUPD -insbesondere der Artikel 5 und 14 - sein und damit die Menge an Kunststoffabfällen auf Mülldeponien und in der Umwelt verringern (Bundesministeriums der Justiz, 2021a).

Einwegkunststoffkennzeichnungsverordnung (EWKKennzV)

Die EWKKennzV ist am 3. Juli 2021 in Kraft getreten. Geregelt wird dort neben der Kennzeichnung von bestimmten Einwegkunststoffprodukten auch die Beschaffenheit bestimmter Einwegkunststoffgetränkebehälter. Ziel der Kennzeichnung ist es, die Verbraucher über das Vorhandensein von Kunststoff in dem Produkt aufzuklären und gleichzeitig über dessen umweltgerechte Entsorgung zu informieren. Eingeschlossen werden auch Lebensmittelverpackungen. Die EWKKennzV soll einen weiteren Beitrag dazu leisten, die Auswirkungen von Einwegkunststoffprodukten auf die Umwelt zu reduzieren und die Kreislaufwirtschaft zu fördern

¹¹ Ausnahme: kleinere Läden bis 80 qm Verkaufsfläche sowie maximal 5 Vollzeitangestellte (Beschränkung auf von den Kunden mitgebrachte, eigene Mehrwegverpackungen)

(Bundesministeriums der Justiz, 2021b). Diese VO dient der Umsetzung von Artikel 6 Absatz 1, 2 und 4 sowie Artikel 7 Absatz 1 und Artikel 14 der SUPD.

4.3.1.2. Österreich

Die Verpackungs-VO in Österreich (VVO, BGBl. II Nr. 184/2014) setzt die PPWD, Einzelbestimmungen aus der WFD und die SUDP im nationalen Recht um. Ergänzende Vorgaben sind im Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) verankert. Die VVO verpflichtet Verpackungshersteller und -Importeure, diese umweltgerecht zu entsorgen und zu recyceln. Ziele sind zum einen die Förderung bzw. Vorbereitung der Wiederverwendung und Vermeidung von Verpackungsabfällen. Zum anderen eine Beschränkung gefährlicher Stoffe in Verpackungen sowie die Leistung eines Beitrags zur umweltgerechten Verwertung und Beseitigung von Verpackungsabfällen. Weiters sollen Maßnahmen ergriffen werden, die im Einklang mit der Abfallhierarchie stehen sowie Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit vermeiden und vermindern. Durch die Betrachtung der Abfälle als Ressourcen und dem Fokus auf Abfallvermeidung sowie Recycling, stellt die VVO einen wichtigen Teil der Strategie zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft in Österreich dar (WKO, 2014).

4.3.2. Schweiz

Da die Schweiz kein Mitglied der EU ist, sind die EU-Regelungen über Verpackungen zwar nicht bindend, jedoch sind die Behörden im Interesse eines unbehinderten Warenaustausches mit dem Ausland bestrebt, die nationalen Vorschriften mit den EU-Regeln zu harmonisieren. Außerdem gibt es in der Schweiz keine generelle Verpackungs-VO, eine solche ist auch zukünftig nicht geplant. Dennoch gibt es Vorschriften, welche bestimmte Verpackungsarten oder -eigenschaften betreffen. Dazu gehört das Umweltschutzgesetz (USG), insbesondere Art. 30, 32 im Kapitel „Abfälle“, sowie die Chemikalien-Risikoreduktions-VO. Zudem werden umweltschädliche Inhaltsstoffe für kurzlebige Güter wie Verpackungen entweder verboten, wie beispielsweise Cadmium, oder freiwillig vermieden, wie beispielsweise chlorhaltige Kunststoffe (u.a. PVC). Für Getränkeverpackungen mit Ausnahme von Milchverpackungen gibt es ökologische Vorschriften (VGV), die eine Verminderung der Abfallmenge, die Förderung der Verwertung geeigneter Getränkeverpackungen und die Vermeidung unerwünschter Verpackungsmaterialien unterstützen soll. So gilt beispielsweise für Glas, PET und Aluminium eine minimale Verwertungsquote von 75 %. Des Weiteren gibt es in der Schweiz keine allgemeine Deklarationspflicht für Verpackungsmaterialien oder Verpackungen und es muss keine Abgabe auf eingesetzte Materialien bezahlt werden. Ausnahme sind hier Getränkeverpackungen aus Glas, die einer Entsorgungsgebühr unterliegen, welche in der Getränkeverpackungs-VO (SR 814.621) festgelegt sind. Auch rechtliche Vorgaben zur Kennzeichnung von Verpackungen, betreffend einer korrekten Entsorgung oder Verwertung, gibt es hierzulande keine, dennoch dürfen Symbole der anderen Länder beim Import auf der Verpackung belassen werden.

Ein wichtiger Akteur bezüglich der Entsorgung und Verwertung in der Schweiz ist der Verein Swiss Recycling, der Wertstoff- und Entsorgungs-Piktogrammen zur Verfügung stellt, die freiwillig und kostenlos vom Verpackungshersteller verwendet werden können. Ebenfalls erwähnenswert sind eingerichtete kostenlose Separatsammlungen für Papier und Karton, Glas, PET-Getränkeflaschen, Stahlblechbüchsen sowie Aluminiumdosen, die von den Gemeinden und privaten Organisationen betrieben werden. Anzumerken ist außerdem, dass jeder Kanton in der Schweiz seine eigenen Abfallgesetze hat, die zusätzliche Vorschriften und Bestimmungen enthalten können (Bundesamt für Umwelt, 2023).

Hinzuzufügen ist, dass mit der Parlamentarischen Initiative 20.433 „Schweizer Kreislaufwirtschaft stärken“ dem USG eine potenzielle Revision bevorsteht. Mit dieser Revision soll der Weg zur Kreislaufwirtschaft weiter voranschreiten. Dabei sind sowohl Produkteverbote und -vorgaben als auch Teil-Liberalisierung des Abfallmonopol möglich. Außerdem soll die stoffliche vor der thermischen Verwertung priorisiert werden (Swiss Recycling, 2023).

4.3.3. Vorschlag für eine Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfall (PPWR)

Der im November 2022 gestellte Antrag der Europäischen Kommission zur Aufhebung der PPWD und Überarbeitung der 2019/904 und 2019/1020 führt zu einem Vorschlag für eine umfassende VO (PPWR). Diese legt Nachhaltigkeitsanforderungen für Verpackungen fest, wie die Recyclingfähigkeit, biobasierte, kompostierbare und biologisch abbaubare Verpackungen, Verwendung von recycelten Inhalten und gefährlichen Stoffen in Verpackungen, und befasst sich mit der Vermeidung und Wiederverwendung von Verpackungsabfällen, der Kennzeichnung für die getrennte Sammlung, der Sammlung und Verwertung von Verpackungen, Pfand- und Rücknahmesystemen, EPR-Anforderungen und verpackungsbezogenen Anforderungen an ein umweltfreundliches öffentliches Auftragswesen. Da diese vorgeschlagenen Änderungen als VO geplant sind, ist keine Umsetzung in nationales Recht notwendig und würde mit sofortiger Wirkung gelten. Der gestellte Antrag ist Teil des EU-Green-Deals und somit Element des Maßnahmen Pakets II des „Circular Economy Action Plans“, was bedeutet, dass die Initiative finanziell unterstützt wird. Er folgt zudem dem ersten Maßnahmenpaket zur Kreislaufwirtschaft, das im März 2022 angenommen wurde. Mit dem Paket soll die EU in eine moderne, ressourceneffiziente, saubere und wettbewerbsfähige Wirtschaft umgewandelt werden, in der es bis 2050 keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr gibt und in der das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch abgekoppelt ist. Verpackungen dürfen in Zukunft nur bei VO-Konformität in Verkehr gebracht werden, was die Mitgliedstaaten und Industrie vor einige Herausforderungen stellt und Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die geforderte Übereinstimmung erfüllen zu können (European Commission, 2022b, 2022c).

Gründe und Ausgangslage

Laut aktuellen Binnenmarktmeldungen aus den Mitgliedstaaten verursacht die Umsetzung einiger nicht vollständig harmonisierter Bestimmungen der derzeit geltenden PPWD, wie u.a. Kennzeichnungsanforderungen oder vage Anforderungen an die Recyclingfähigkeit, zusätzliche Kosten für die Wirtschaftsbeteiligten. Die Regulierungen in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten - oft sogar innerhalb einzelner Bundesländer - in Bezug auf Ansätzen und Definition wiederverwertbaren und -verwendbaren Verpackungen, Ansätzen zu Regelung der Gebühren für eine EPR oder Vermarktungsbeschränkungen bestimmter Verpackungs-Formate, fallen ebenfalls oft unterschiedlich aus. Dies führt zu einer Rechtsunsicherheit für Unternehmen. Daraus folgen geringere Investitionen in innovative und umweltfreundliche Verpackungsoptionen und neue Kreislaufgeschäftsmodellen. Deswegen ist es unerlässlich die Vorschriften zu vereinheitlichen, um kosteneffizienter arbeiten zu können und die Rechtsunsicherheit in Bezug auf die Umweltauflagen an Verpackungen zu beseitigen. Zudem führen diese nicht harmonisierten Vorschriften dazu, dass viele Mitgliedsstaaten die Recyclingziele der bisher geltenden PPWD bis 2025 nicht erreichen können (vgl. Kapitel 4.2). Probleme, wie eine ineffiziente Ressourcennutzung oder der stetig steigende Verbrauch an Verpackungen durch „To-Go“ Produkte, können von den Mitgliedstaaten allein nicht ausreichend angegangen werden. Verpackungsbezogenen Umweltprobleme in den einzelnen Mitgliedstaaten haben meist die gleiche Hauptursache, weswegen eine Festlegung gemeinsamer Anforderungen und Zielvorgaben auf EU-Ebene klaren Mehrwert bieten würde. Gerade deswegen muss der EU-Verpackungsmarkt als ein großer Markt gesehen werden, da er durch ein hohes Maß an grenzüberschreitendem Handel zwischen den Mitgliedstaaten gekennzeichnet ist. Ein weiteres Problem stellt die Verwendung von Verpackungen mit niedrigen Wiederverwendungs- und Recyclingraten dar, die der Entwicklung einer kohlenstoffarmen Kreislaufwirtschaft im Wege steht. Auch der stetige CO₂-Anstieg, die Übernutzung der natürlichen Ressourcen, was zu einem Verlust der biologischen Vielfalt führt, und die immer gravierenderen Umweltverschmutzungen stellen nicht zu vernachlässigende Probleme dar. Viele Verpackungen haben außerdem Eigenschaften, die ein optimales Recycling verhindern. Darüber hinaus werden technisch verwertbare Verpackungen oft nicht verwertet, da die für die Sammlung, Sortierung und Verwertung erforderlichen Verfahren in der Praxis nicht im ausreichenden Maße verfügbar bzw. zu teuer sind oder kein qualitativ hochwertiges Ergebnis liefern (vgl. Kapitel 4.2). Dazu trägt auch der Export des Abfalls in andere Länder bei. Im Recycling-Kontext spricht man oft vom sogenannten „Downcycling“, das für die geringe Verwendung von recycelten Inhalten in Kunststoffverpackungen verantwortlich ist. Das führt zu einer Einschränkung der Möglichkeiten der EU, die Verwendung von Primärrohstoffen in neuen Verpackungen und Produkten zu verringern. Hinzu kommt, dass Verpackungen, die nicht getrennt gesammelt werden, nicht verwertbar sind, was eine Herausforderung für in der EU üblichen Sortier- und Recyclingverfahren

darstellt. Daraus folgen zu niedrige Quoten für die getrennte Sammlung von Verpackungsabfällen, was wiederum den Hauptgrund für die Nichterfüllung der Zielvorgaben für die stoffliche Verwertung darstellt (European Commission, 2022a, 2022c).

Die bei der Ausarbeitung des Vorschlags durchgeführte Folgeabschätzung und Konsultation, an der sich 800 Organisationen und 1.800 Kontaktstellen beteiligt haben, bestätigen die eben genannten Probleme und die Ausgangslage (European Commission, 2022c).

Ziele

Dieser Legislativvorschlag soll einigen allgemeinen und spezifischen Zielen nachgehen. Allgemeine Ziele wären die negativen Umweltauswirkungen von Verpackungen und Verpackungsabfällen zu verringern und das Funktionieren des Binnenmarktes zu verbessern, um damit die Effizienz des Sektors zu steigern. Dabei soll eine belastbare Wertschöpfungskette geschaffen werden, die vom Design der Verpackung bis zu ihrer Wiederverwendung oder Integration in hochwertige Produkte reicht. Außerdem sollen so innovative, "grüne" Arbeitsplätze in einer kohlenstoffärmeren Verpackungsindustrie geschaffen werden. Spezifische Ziele sind einerseits die Entstehung von Verpackungsabfall zu reduzieren und andererseits eine Kreislaufwirtschaft für Verpackungen auf kosteneffiziente Weise zu fördern. Weiters soll durch diese VO der Einsatz von recycelten Materialien in Verpackungen gesteigert werden. Um die negativen Auswirkungen bestimmter Verpackungseigenschaften und -Inhaltsstoffen auf Nachhaltigkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit zu vermeiden, wird eine Beschränkung dieser Stoffe ausgesprochen (European Commission, 2022c).

Die Europäische Kommission hat für die Umsetzung der VO in Bezug auf ihre Umweltwirksamkeit, aber auch in Bezug auf ihren Umsetzungsaufwand und ihre Eingriffsintensität, drei¹² politische Optionen vorgeschlagen, wobei sie Option 2 den Vorzug gewährt. Wichtig sei dennoch eine sorgfältige Einzelfallprüfung, um Elemente von Maßnahmen außerhalb der Option 2 zu ermitteln, deren Einbeziehung in die bevorzugte Option die Umweltverträglichkeit und Durchführbarkeit weiter verbessern würde, ohne dabei die Verhältnismäßigkeit zu vernachlässigen.

Nach dem in Kraft treten der VO werden folgende Ergebnisse und Auswirkungen erwartet: Bei einer Modellierung der bevorzugten Option werden bis 2030 das Abfallaufkommen und die Treibhausgasemissionen reduziert und externe Umweltauswirkungen vermieden. Auch Einsparungen auf gesamtwirtschaftlicher Sicht sollen erreicht werden, indem geringere Kosten für die Abfallbewirtschaftung anfallen und weniger Verpackungen gekauft und verbraucht werden.

¹²**Option 1:** Maßnahmen zur stärkeren Standardisierung, klarere grundlegende Anforderungen;

Option 2: verbindliche Zielvorgaben für Abfallverringerung, Wiederverwendung in bestimmten Sektoren, Mindestanteil an stofflich verwerteten Kunststoffverpackungen, Anforderungen zur Gewährleistung der vollständigen stofflichen Verwertbarkeit bis 2030, harmonisierte Produktvorschriften

Option 3: zusätzliche Produkthanforderungen, nationale Ziele für Abfallverringerung, Wiederverwendungsziele für Wirtschaftsbeteiligte in bestimmten Sektoren, Maßnahmen zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit, Ziele für Recyclinganteil in Kunststoff-VP

Diese gesamtwirtschaftlichen Einsparungen belaufen sich auf insgesamt *47,2 Mrd. €* ausgehend von den Basiseinnahmen im Jahr 2030 in Höhe *von 378 Mrd. €*, die in erster Linie auf die Verringerung des Verpackungsaufkommens um 19 % zurückzuführen sind. Weitere Auswirkungen der VO sind eine Verringerung des Bedarfs an fossilen Brennstoffen und Wasser, eine Erhöhung der Gesamtrecyclingrate für Verpackungen um 6,5 % im Jahr 2030 und eine Abnahme der Verpackungsabfall-Deponierung um 9 %. All diese Ergebnisse sollen die Kreislaufwirtschaft unterstützen, was infolgedessen zu einem deutlich geringeren Bedarf an neuen, primären Rohstoffen wie Holz, Glas und Aluminium führen kann. Längerfristig ist es Ziel einen ganzheitlichen Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft bei Verpackungen zu schaffen, was zahlreiche Vorteile mit sich bringt. Darunter die Unterstützung der Verbraucher, geringere negative Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit, eine Abnahme der Importabhängigkeit der EU sowohl bei Rohstoffen als auch fossilen Brennstoffen aus außereuropäischen Ländern, die Förderung von Innovationen und die Ankurbelung des Wirtschaftswachstums und letzten Endes auch eine Reduktion unnötiger Haushaltsausgaben. Die angestrebte Kreislaufwirtschaft soll außerdem einen nennenswerten Beitrag zu einer Klimaneutralität bis 2050 leisten (European Commission, 2022a, 2022c).

Daraus ergeben sich bestimmte Indikatoren für die Erreichung der genannten Ziele und den Fortschritt. Dabei spielen eine steigende Qualität der Rezyklate (Sekundärrohstoffe), eine Verbesserung der Recyclingeffizienz und damit eine Erhöhung der stofflichen Verwertung von Verpackungsmaterialien, die vollständige Rezyklierbarkeit aller Verpackungen bis 2030, eine ordnungsgemäße Anpassung der Gebühren für Systeme der EPR, verbindliche Zielvorgaben für den Recyclinganteil von Kunststoffverpackungen und für jeden Sektor bestimmte Wiederverwendungs- und Wiederbefüllungs-Ziele eine bedeutende Rolle. Um diesen Zielen und Indikatoren gerecht zu werden, sind die kurz- oder langfristig zu erfüllenden auf EU-Ebene einheitlichen Anforderungen mit einem detaillierten Zeitplan für die Umsetzung geplant. Diese Maßnahmen sind u.a. Berichtspflichten zu den Zielvorgaben für die stoffliche Verwertung oder die Sammlung bestimmter Verpackungsformate. Auch einheitliche Berechnungs- und Überprüfungsvorschriften für den stofflich verwerteten Anteil in Verpackungen zählen dazu. Darüber hinaus sollen Zielvorgaben für den rezyklierten Inhalt im Lichte der technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen sowie Ausnahmen von Beschränkungen für bedenkliche Stoffe in Verpackungen überprüft werden. Ferner sind Harmonisierungsvorschriften für die Kennzeichnungsanforderungen und -formate für die Verbrauchersortierung, wiederverwendbare Verpackungen, rezykliertes und kompostierbares Material und Digitalisierung geplant. Letzteres soll die administrative Belastung reduzieren. Außerdem relevant ist der EU-Kommission dabei die Festlegung verbindlicher Mindestkriterien für ein umweltfreundliches öffentliches Beschaffungswesen. Diese einheitlichen Maßnahmen gewährleisten die Kohärenz des Übergangs zu wiederverwendbaren oder recyclebaren Verpackungen in allen Mitgliedstaaten, wodurch ein

größerer und effizienterer Markt entsteht. Der Markt kann genutzt werden, um das Erreichen der Ziele auf kosteneffizientere Weise zu unterstützen. Geschaffen werden soll in der EU somit ein Binnenmarkt für Verpackungen ohne Hindernisse für den freien Verkehr mit gleichen Bedingungen für die Produktion, Vermarktung und Abfallbehandlung (European Commission, 2022a, 2022c).

Alle Möglichkeiten der Maßnahmen zum Erreichen der Ziele wurden für die Analyse auf der Grundlage von drei Studien eines externen Beraters, Stakeholder-Workshops, einer öffentlichen Online-Konsultation, gezielten Interviews und den Zielen und Maßnahmen im Europäischen Green Deal und CEAP zusammengestellt.

Die genannte Ausgangslage und Ziele der PPWR führen zu Herausforderungen für die einzelnen Mitgliedsstaaten, die Verpackungsbranche (Industrie und Marktakteure) und den Verbraucher. Diese werden im Folgenden nun belichtet.

4.3.3.1. Bedeutung für die Mitgliedsstaaten

Für die europäischen Mitgliedstaaten gilt es hauptsächlich die Berichtserstattungen an die Europäische Kommission in vielen Themengebieten zu erweitern und verschiedene Systeme einzurichten. Mitgliedstaaten dürfen beispielsweise ein Inverkehrbringen von Verpackungen mit Nachhaltigkeitsanforderungen weder verbieten noch einschränken oder behindern. Diese sind in den meisten Fällen dazu berechtigt zusätzlich zu den Nachhaltigkeitsanforderungen dieser VO, eigene nationale Anforderungen zu stellen. Diese dürfen allerdings nicht denen der VO widersprechen und die VO nicht verbieten. Des Weiteren sollen die harmonisierten Vorschriften die Verwaltungsmaßnahmen zwischen den Mitgliedstaaten erleichtern und somit Binnenmarkt-Fragen lösen sowie ein hochwertiges Recycling fördern. Auch kann von Mitgliedsstaaten nun vorgeschrieben werden, dass nur leichte Tragetaschen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen auf den Markt gebracht werden dürfen, die industriell kompostierbar sind. Zu den wichtigsten zukünftigen Aufgaben der Mitgliedstaaten zählt jedoch nach dem Inkrafttreten der VO, dass sie verpflichtet sind bestimmte Maßnahmen zu ergreifen, um Mehrweg-Systeme zu fördern. Diese sind sogenannte „offene Systeme“, ein System zur Wiederverwendung, bei dem wiederverwendbare Verpackungen unter einer unbestimmten Zahl von Systemteilnehmern in Umlauf gebracht werden und das Eigentum an den Verpackungen an einer oder mehreren Stellen des Wiederverwendungsprozesses wechselt. Zusätzlich zu den Systemen zu einer umweltgerechten Wiederverwendung sollen auch jene zur Wiederbefüllung von Verpackungen, unter Berücksichtigung geltender Sicherheits- und Hygienestandards, eingerichtet werden. Weiterhin sollen Systeme für Rückgabe und/oder Sammlung aller Verpackungen und Abfällen vom Verbraucher, anderen Endverbrauchern oder aus dem Abfallstrom etabliert werden. Sogenannte Pfand- und Rücknahmesysteme sollen hauptsächlich für Einweg-Getränkeflaschen aus Kunststoff sowie Einweg-Getränke-Verpackungen aus Metall/Aluminium bis zu

einem 3 I Fassungsvermögen etabliert werden, die ab 2029 Mindestanforderungen (wie u.a. einen gleichberechtigten Zugang für alle Wirtschaftsbeteiligte) erfüllen müssen. Ausnahmen für diese Anforderungen gelten u.a. für Milch und Milchprodukte sowie für existierende Pfandsysteme. Eine weitere wichtige Aufgabe der Mitgliedstaaten ist das Management der Verpackungsabfälle, denn diese nehmen in ihre Abfallbewirtschaftungspläne ein eigenes Kapitel darüber auf, einschließlich der in dieser VO getroffenen Maßnahmen (aus Artikel 38/40). Weiteres soll ein Produzentenregister eingeführt werden, indem sich Verpackungshersteller registrieren müssen, um Verpackungen auf den Markt bringen zu dürfen. Ebenfalls eine wichtige Rolle spielen die Mitgliedsstaaten in der Reduzierung der Verpackungsabfälle, denn jeder Mitgliedstaat soll im Vergleich zu 2018 den Verpackungsabfall um 5 % bis 2030, um 10 % bis 2035 und um 15 % bis 2040 mindern. Das bedeutet 2030 ein Reduktionsziel von 19 % gegenüber dem Basisjahr, was einer Verringerung um 5 % gegenüber dem Wert von 2018 entspricht. Besonderes Augenmerk gilt hier den Holz-, Papier-/Papp- und Kunststoffverpackungen. Zum Thema Abfallreduzierung gibt es auch festgelegte Recyclingziele, die von den Mitgliedstaaten bis 2025 oder 2030 erreicht werden sollen. Diese sind in Tabelle 9 dargestellt. Daraus lässt sich beobachten, dass Maßnahmen ergriffen werden müssen, damit u.a. bis 2025 50 % des Kunststoffes im Verpackungsabfall recycelt werden kann. Bis 2030 müssen sogar 55 % oder ein Minimum von 65 Gewichts-% des Verpackungsabfall im gesamten Gebiet des Mitgliedsstaates stofflich verwertet werden (European Commission, 2022c).

Tabelle 9 Recyclingziele nach Verpackungstyp 2025/2030: Recyclinganteil des Verpackungsabfalls je Verpackungstyp und Gesamt (aus European Commission, 2022c).

Recyclingziele nach Verpackungstyp	2025	2030
Minimum von mindestens...Gewicht des ganzen Verpackungsabfall	65 %	70 %
Kunststoff	50 %	55 %
Holz	10%	30 %
Eisenhaltige Metalle	70 %	80 %
Aluminium	50 %	60 %
Glas	70 %	75 %
Papier/Karton	75 %	85%

Zusammenfassend müssen Mitgliedstaaten also die EU-Maßnahmen durchsetzen und unter Berücksichtigung der spezifischen nationalen Situation Maßnahmen entwickeln, die mit dem Binnenmarkt in Einklang stehen. Außerdem gibt die VO den Mitgliedstaaten das richtige Maß an Flexibilität, um das Reduktionsziel erreichen zu können.

4.3.3.2. Bedeutung für die Verpackungsbranche: Verpackungsindustrie und Wirtschaftsakteure

Die größte Herausforderung für die Unternehmen der Verpackungsindustrie stellt die Forderung einer Recyclingfähigkeit von allen Verpackungen, eingeschlossen

Mehrwegverpackungen, bis 2030 dar. Diese Forderung ergibt sich aus dem zweistufigen Ansatz, den es umzusetzen gilt. Er besteht zum einen aus den festgelegten Leistungsgraden der Recyclingfähigkeit (A-E) - dargestellt in Tabelle 10 - und zum anderen aus der Vorgabe, dass ab 2035 Verpackungen zusätzlich effektiv gesammelt, sortiert und verwertet („recycled at scale“) werden müssen. Daraus folgt, dass schon ab 2030 Verpackungen nicht mehr als stofflich verwertbar gelten, wenn sie nach den Recycling-Kriterien für die jeweilige Verpackungskategorie der Leistungsklasse E, also nach der Bewertung der Rezyklierbarkeit pro Verpackungseinheit weniger als 70 Gewichts-% (siehe Tabelle 10), entsprechen.

Tabelle 10 Recyclingfähigkeit von Verpackungen: Leistungsgrade und Bewertung der Rezyklierbarkeit pro Verpackungseinheit, in Gewicht (modifiziert nach European Commission, Annex II, Tabelle 2, 2022)

Leistungsgrade Recyclingfähigkeit	Bewertung der Rezyklierbarkeit pro Einheit, in Gewicht
Grad A	Mehr oder gleich 95 %
Grad B	Mehr oder gleich 90 %
Grad C	Mehr oder gleich 80 %
Grad D	Mehr oder gleich 70 %
Grad E	Weniger als 70 %

Zu welchen Bedingungen eine Verpackung als „recyclebar“ bezeichnet werden kann, bzw. eine qualitative Definition davon ist in der VO (Artikel 6) dargelegt. Dies gilt, wenn eine Verpackung durch ihr Design zum Recycling konzipiert ist sowie effizient getrennt und gesammelt wird. Außerdem nach Abfallströmen sortiert wird, ohne die Verwertbarkeit anderer Abfallströme zu beeinträchtigen, die daraus resultierenden Sekundärrohstoffe eine ausreichende Qualität erfüllen, um Primärrohstoffe zu ersetzen und letzten Endes bis 2035 im großen Maßstab recycelt werden kann. Unter „recycling at scale“ - stoffliche Verwertung im großen Maßstab - wird verstanden, dass die Verpackungen gesammelt, sortiert und stofflich verwertet werden durch eingerichtete, dem Stand der Technik entsprechende Infrastrukturen und Verfahren, die mindestens 75 % der Bevölkerung der Union erfassen. Eingeschlossen sind aus der Union ausgeführter Verpackungsabfälle, welche die Anforderungen des Artikels 47 Absatz 5 erfüllen. Hinzu kommt, dass der Anteil an Rezyklat erhöht werden muss. Bis 2030 müssen Kunststoffverpackungen eine Mindestmenge an PCPW je Verpackungseinheit besitzen. Die Beträge sind in Tabelle 11 einsehbar, wo beispielsweise der Rezyklat-Anteil in Kunststoff-Einwegflaschen 30 % bis 2030 und 65 % bis 2040 betragen sollte.

Tabelle 11 Geforderte Mindestmengen an PCPW je Verpackungstyp bis 2030/2040 (aus European Commission, 2022c)

Verpackungstyp	2030	2040
Kontaktempfindliche Verpackungen (mit PET als Hauptbestandteil)	30 %	-
Kontaktempfindliche Verpackungen (außer Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen)	-	50 %

Kontaktempfindliche Verpackungen (außer PET, Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen)	10%	-
Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen	30 %	65 %
Andere	35 %	65%

Diese Regel gilt allerdings nicht für kompostierbare Kunststoffverpackungen. Für diese gilt, dass sie nur verwendet werden sollten, wenn ihnen Vorteile für die Umwelt nachgewiesen werden können. Außerdem werden Bedingungen für die Kompostierbarkeit von Verpackungen festgelegt, wie u.a., dass sie nicht als wiederverwendbare Verpackungen konzipiert werden dürfen, andere Abfallströme nicht behindern dürfen oder biologisch abbaubar sein müssen.

Bezüglich des Verpackungsdesigns gibt es ebenfalls einige Vorschläge, aber delegierte Rechtsakte gibt es erst ab 2027. Wichtig soll dabei die Minimierung des Gewichts und Volumens der Verpackungen sein. Somit sollten u.a. Verpackungen mit doppelten Wänden oder Böden, die nur das wahrgenommene Produktvolumen aus Marketingzwecken erhöhen, sowie überflüssige Verpackungen nicht in Verkehr gebracht werden. Weiteres gilt es den Leerraum in Verpackungen auf maximal 40 % zu beschränken. Dabei ist besonders wichtig, dass die Funktionalität und ihre Leistungskriterien, wie der Produktschutz, die Sicherstellung der Hygiene und Sicherheit der menschlichen Gesundheit oder die Gewährleistung der Verpackungslogistik, trotz der Anpassungen, eingehalten werden. Eine weitere wichtige Rolle spielt beim Verpackungsdesign eine Gestaltung der Verpackung zur Wiederverwendung oder Nachfüllung und zur Erreichung einer hohen Qualität nach der Wiederaufarbeitung beim Recycling. Zudem gilt beim Anbieten einer solchen Verpackung, dass man sich bei einem System zur Wiederverwendung oder Nachfüllung beteiligen oder ein solches bereitstellen muss. Dieses System unterliegt bestimmten Mindestanforderungen. Auch bestimmte Zielvorgaben bezüglich Wiederverwendung und -Befüllung werden gestellt. Beispielsweise müssen 10 % der Verpackungen antialkoholischer Getränke, außer Milch, bis zum Jahr 2030 zur Wiederverwendung oder -Befüllung konzipiert sein und bis 2040 25 %. Transportverpackungen und Sammelverpackungen hingegen bis 2030 10-30 % und bis 2040 25-90 % (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12 Beispiele Wiederverwendungs-/Nachfüllungsziele nach verschiedenen verpackten Produkten bis 2030 und 2040 (aus European Commission, 2022c)

Produktverpackungen	2030	2040
Nichtalkoholische Getränke (außer Milch)	10 %	25 %
Transportverpackungen, Sammelverpackungen	10-30 %	25-90 %

Dem Thema Verpackungsdesign gehört auch eine optimierte Kennzeichnung an. Dazu soll ein einheitliches Kennzeichnungssystem auf Grundlage der Materialzusammensetzung der Verpackungen für die Abfallsortierung festgelegt werden. Diese sollen in Verbindungen mit den Abfallbehältern stehen. Weiters soll es ein einheitliches Pfandsymbol geben, Mehrweg und die stoffliche Verwertbarkeit müssen deutlich gekennzeichnet werden, wohingegen eine Angabe

des stofflich verwertbaren Anteils in der Verpackung freiwillig bleibt. Darüber hinaus soll ein digitaler Produktpass mit allen wichtigen Informationen über die Verpackung und das verpackte Produkt im Zuge eines digitalen Datenträgers, wie eines QR-Codes, eingeführt werden. Zusammenfassend ist das höhere Ziel des Verpackungsdesigns den Carbon Food Print der Verpackungen zu verringern.

Für die Verpackungshersteller gilt es außerdem zukünftig Schwermetalle und andere schädliche Substanzen in den Verpackungen zu minimieren oder zu ersetzen. Demzufolge darf die Summe der Konzentration aus Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom, die sich aus den in den Verpackungen oder Verpackungskomponenten enthaltenen Stoffen ergeben, *100 mg/kg* nicht überschreiten. Dennoch dürfen die Anforderungen an die Rezyklierbarkeit vom Vorhandensein der Stoffe nicht eingeschränkt werden, wenn es sich auf die chemische Sicherheit beziehen.

Da die Konformitäts-Bewertung der Verpackungen nur durch ihre Hersteller erfolgt, ist es essenziell über den gesamten Prozess und das Design der Verpackung Bescheid zu wissen. Deshalb muss der Packstoffhersteller jenen alle wichtigen Informationen, die für einen solchen Nachweis nötig sind, zur Verfügung stellen. Die Wirtschaftsbeteiligten werden dann dazu verpflichtet diese Informationen über einen bestimmten Zeitraum aufzubewahren. Die Prüfungen, Messungen oder Berechnungsmethoden der Konformität müssen mit Normen der EU übereinstimmen. Im Zuge dessen stellt der Hersteller eine EU-Konformitätserklärung aus und übernimmt somit die Verantwortung für die Verpackung bei der Übereinstimmung mit der VO. Bei Feststellung einer Nicht-Konformität hat der Wirtschaftsakteur innerhalb einer Frist spezifische Korrekturmaßnahmen zu ergreifen, um die Konformität herzustellen oder ist dazu verpflichtet die Verpackung vom Markt zu nehmen.

Zudem müssen Hersteller in einem von den Mitgliedsstaaten eingerichtetes Produzentenregister registriert sein, um Verpackungen weithin verkaufen zu dürfen. Dies dient zur Überwachung der Produzenten über die Erfüllung von Anforderungen an die EPR. Ferner gilt, dass ein Hersteller, der einer Verpackung zum ersten Mal auf den Markt bringt, auch die EPR dafür trägt (European Commission, 2022a, 2022c).

Zusammenfassend aus Sicht der Unternehmen lässt sich sagen, dass es nun einzuhaltende Mindestvorgaben über die Recyclingfähigkeit von Verpackungen (Tabelle 10) geben wird. Dies ist gerade für Marken- und Handelsunternehmen wichtig, da manche bereits ab 2025 ausschließlich recyclingfähige Verpackungen einsetzen wollen. Auch kleineren Unternehmen werden neue Geschäftsmöglichkeiten geschaffen. Es folgt damit ein erheblicher Optimierungsbedarf für Verpackungen, denn diese gilt es hinsichtlich der neuen Anforderungen zu bewerten und die Verpackungsstrategien mit den Zielen der PPWR in Einklang zu bringen. Der Fokus liegt dabei auf der Recyclingfähigkeit, dem Rezyklat-Gehalt, CO₂-Fußabdruck und

Verpackungsgewicht. Ausreichend Zeit, sich an die neuen Vorschriften anzupassen, sollen der Industrie dennoch gewährleistet werden.

4.3.3.3. Bedeutung für den Verbraucher

Für den Verbraucher bedeutet das eine Erweiterung der Optionen an wiederverwendbaren Verpackungen, eine Einschränkung des Gebrauchs an überflüssigen Verpackungen und eine klare Kennzeichnung zur Unterstützung eines korrekten Recyclings durch eine Vorschrift an die Verpackungsindustrie. Des Weiteren soll durch die VO Klarheit für sowohl Verbraucher als auch Industrie in Bezug auf biobasierte, kompostierbare und biologisch abbaubare Kunststoffe geschaffen werden. Diese legt dar, für welche Anwendungen diese Kunststoffe echte Umweltvorteile bringen und wie sie gestaltet, entsorgt und recycelt werden sollten. Diese Art von Kunststoffen soll als der Teil einer nachhaltigen Zukunft dargestellt werden, wo bestimmte Bedingungen erfüllt und nachgewiesen werden müssen, damit ihnen eine positive Auswirkung auf die Umwelt und ein Beitrag zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft zugesprochen werden kann. Ein weiterer wichtiger Punkt ist das sogenannte „Greenwashing“, was unter der Irreführung der Verbraucher fällt. Um dies zu vermeiden, sollen Hersteller generische Angaben auf Kunststoffprodukten wie „Bioplastik“ und „biobasiert“ umgehen und hingegen genaue Prozentangaben des Anteils an biobasierten Kunststoffen angeben. Außerdem soll die Kennzeichnung der Produkte Aufschluss darüber geben, wie lange der Prozess des biologischen Abbaus dauert und unter welchen Umständen sowie in welcher Umgebung dies möglich ist. Hinzu kommen dadurch für den Verbraucher geringere Ausgaben für Verpackungen, da beispielsweise allein die Umsetzung der geforderten Maßnahmen bezüglich den obligatorischen Wiederverwendungszielen von Mitgliedsstaaten und der Industrie eine Ersparnis von durchschnittlich 42 €/Jahr für jeden EU-Bürger zur Folge haben würde. Im Allgemeinen wird der Verbraucher in Zukunft weniger Verpackungen kaufen müssen, was weitere finanzielle Vorteile bringt. Letzten Endes verändert sich durch das in Kraft treten der VO auch das Verbraucherverhalten, indem diese zukünftig in der Lage sein werden, nachhaltigere Entscheidungen zu treffen und klimafreundlicher einzukaufen, da ihnen relevante Informationen und erschwingliche Optionen geboten werden (European Commission, 2022a, 2022c).

4.4. Anforderungen an Verpackungen & Ziele im Lebensmitteleinzelhandels

Neben den bereits genannten Anforderungen an Verpackungen, gibt es im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) zusätzliche Funktionen, die eine Verpackung erfüllen muss. Dazu zählen u.a. die Lagerfunktion, welche Stabilität und Stapelfähigkeit fordert, und die Regalbestückung. Hinzu kommt die Entsorgungsfähigkeit, wobei eine geringe Umverpackung zur Abfallreduzierung beiträgt, die Kommissionierung und der Schutz des Packgutes vor Beschädigung sowie eine optimale Warenpräsentation (Buchner, 2013; Müller, 2001; TIS, 2023).

Laut einer Befragung von Entscheidungsträgern in der Ernährungs-/Verpackungsindustrie sowie Lebensmitteleinzelhändlern stimmen 60 % der Aussage zu, dass Verpackungsgrößen bei vielen Produkten reduziert werden könnten sowie teilweise überflüssig seien. Auch der Aussage, dass Verpackungen reduziert werden sollten, stimmten 55 % zu. Hinzu kommt, dass der Handel mit 81 % der Befragten die Meinung vertreten, dass die Ernährungsindustrie zu wenige Möglichkeiten zur Verpackungsreduzierung anbietet (Sieweck, 2019). Aus diesem Grund muss der LEH auch selbst tätig werden, um die Verpackungsprobleme anzugehen und die Zukunft nachhaltiger zu gestalten. Dazu stellt sich der LEH verpackungsbezogene Anforderungen und Standards. Diese gelten hauptsächlich für ihre Eigenmarken, betreffen aber bei Zielen bezüglich Recyclingfähigkeiten bis 2030 teilweise auch Herstellermarken. Bestimmte Lebensmitteleinzelhändler haben dafür eigene Guidelines, wie beispielsweise ALDI zusammen mit der CHI (Institute cyclos HTP GmbH), die „ALDI’s international recyclability guideline“.

ALDI

ALDI ist ein internationales Unternehmen bestehend aus ALDI SÜD (inklusive Hofer, SUISSE) und ALDI NORD, welches auch im D/A/CH-Raum sehr verbreitet ist. Im April 2023 hat ALDI die erwähnte Guideline aktualisiert, um ihre Ziele bezüglich der Rezyklierbarkeit erreichen zu können. Sie beinhaltet deren Auslegung des Begriffes „Recyclingfähigkeit“¹³, einen Leitfaden für Verpackungsmaterial (inklusive Anwendung), einer Klassifizierung der Lizenz Gebühren für Verbundverpackungen/beschichtetem Papier und die Ökomodulation in einzelnen Ländern. Letzteres ist aber bisher nur in Belgien, Frankreich, Irland, Italien, Luxemburg, Spanien, UK und den Niederlanden eingeführt worden. Außerdem enthält die aktualisierte Version nun eine globale "Akzeptanzübersicht" für jedes Verpackungsformat, um anzugeben, welches Format akzeptiert wird und welches nicht. Dies soll Entscheidungsprozesse in der ALDI-Lieferkette vereinfachen sowie eine weitere Spezifizierung der Anforderungen an gut gestaltete Verpackungen ermöglichen. Außerdem soll der Leitfaden die für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft notwendige Infrastruktur (Sammlung, Sortierung, Recycling) forcieren.

Die Akzeptanzübersicht wird in drei Stufen gegliedert. Ein grüner Haken (✓) bedeutet, dass die Verpackung aufgrund verfügbarer Infrastruktur bzw. diesbezüglichen Entwicklungen akzeptiert wird, wohingegen Verpackungen mit „~“ nur vorläufig akzeptiert werden, da unklare Infrastrukturen, Marktbedingungen sowie keine alternative Verpackungsformate verfügbar sind. Bei mit einem roten Kreuz (✗) gekennzeichnetem Land wird die Verpackung nicht akzeptiert, da keine Infrastruktur oder diesbezügliche Entwicklungen beobachtet werden. Diese Verpackungen müssen zwingend angepasst werden. Im Zuge dieses Schemas werden zum Beispiel PP-Verpackungen in jedem Land von ALDI mit dem grünen Haken bewertet, müssen

¹³Übereinstimmung der Verpackungsgestaltung mit den Anforderungen bestehender Recyclingverfahren. Die Verpackungen können durch vorhandene Verfahren aus dem Abfallstrom herausgelöst werden, indem sie gesammelt, verarbeitet und in Form von hochwertigen Rohstoffen (Rezyklaten) in industriellem Maßstab wiederverwendet werden.

allerdings den D4R-Kriterien des Leifadens entsprechen. Für die Bewertung des Grades der Rezyklierbarkeit wird eine Farbcodierung verwendet. Die Bedeutung der Farben sind in Abbildung 13 zusammengefasst.

Colour coding D4R
 "Best case design" (recyclable components)
 Reduction of recyclability but compatible for recycling
 Reduction of recyclability with limited recycling compatibility
 Reduction of recyclability and incompatible for recycling

Abbildung 13 Farbcodes
D4R (ALDI Einkauf SE & CO.
oHG & ALDI SÜD KG, 2023)

Im Detail bedeutet das, dass Materialien als recycelbar zu bewerten sind, wenn sie „grün“ gekennzeichnet werden („best case design“). Jene mit einer verringerten Rezyklierbarkeit, aber dennoch für das Recycling geeignet, werden „hellgrün“ gekennzeichnet. Außerdem zeigt eine „orange“ Kennzeichnung, dass aufgelistete Materialien nicht durch die gängigen Recyclingschritte getrennt werden können, aber nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Rezyklateigenschaften haben. Diese Bestandteile sollten vermieden oder minimiert werden. Zuletzt können „rot“ gekennzeichnete Materialien durch etablierte Recyclingverfahren nicht getrennt werden und verschlechtern die Qualität der

Rezyklate bis zur Unbrauchbarkeit. Wenn eine Verpackung einen „roten“ Bestandteil enthält, ist die Verpackung folglich nicht recycelbar.

Der festgelegte D4R-Guide ähnelt inhaltlich den Empfehlungen des ECR (2020). Darunter sollen u.a. Monomaterialien, nicht pigmentierte Farben sowie kleine Labels verwendet werden. Außerdem soll der Klebstoff und die Druckerfarbe minimiert sowie bei den Barrieren hauptsächlich recycelbare Materialien eingesetzt werden. Zudem werden jeweils für die verschiedenen Verpackungsoptionen eine optimale Gestaltung (grün) empfohlen. Für PS/PP gilt dabei für den Körper der Einsatz von Monomaterialien sowie eine Reduzierung der Farbverwendung auf das Minimum und steht im Einklang mit der EuPIA-Ausschlussliste. Die Füllstoffe sind ausschließlich verträgliche Zusatzstoffe und bezüglich Coating und Barriere wird ein Monoschicht-Material verwendet sowie Barrieren werden vermieden. Verschlüsse, Dichtungen, Stülpedeckel oder Deckelfolien sollen aus demselben Material wie der Körper bestehen. Bezüglich der Deko sollen Druckfarben falls möglich vermieden werden, bei den Hülsen/Etiketten wird auf Monomaterial (PP/PS) geachtet und als Klebstoffe werden wasserlösliche verwendet, die auf ein Minimum reduziert sowie ihre Ablösbarkeit beachtet wird. Beim Getränkekarton gilt ein ähnliches Vorgehen, dass ausführlicher in Tabelle 13 im Anhang angeführt ist (ALDI Einkauf SE & CO. oHG & ALDI SÜD KG, 2023).

Am Beispiel ALDI SÜD wird diese Guideline umgesetzt, indem sie sich beispielsweise vornehmen bis Ende 2025 in Kunststoffverpackungen durchschnittlich 30 % Recyclingmaterial einzusetzen und den Einsatz von primärem Kunststoff um 40 % im Verhältnis zum Umsatz zu reduzieren. Außerdem bietet Hofer im Rahmen der Nachhaltigkeitsinitiative „Heute für Morgen“ die „Zurück zum Ursprung“ BIO-Heumilch in der Mehrweg-Glasflasche an, womit sie der Maßnahme nachkommen überflüssiges Verpackungsmaterial zu reduzieren (HOFER, 2023).

Näheres zur verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategie von ALDI SÜD im Zuge der späteren Analyse.

Schwarz Gruppe

Auch die Schwarz Gruppe (Lidl, Kaufland, PreZero), die Filialen im gesamten D/A/CH-Raum betreibt, hat Guidelines und Nachhaltigkeitsstrategien entworfen, die auch verpackungsbezogene Maßnahmen für ihre Eigenmarken beinhalten. Ihre Vision dabei ist: "Weniger Plastik - Geschlossene Kreisläufe", aufgegliedert in die Handlungsfelder „REduce, REdesign, REcycle, REmove und REsearch“. Sie achten dazu auf Transporthilfen sowie Verbrauchsmaterialien in den Filialen, Logistikzentren und Verwaltungszentren auf Recyclingfähigkeit, den Anteil an recyceltem Material und die allgemeine Ressourcenschonung. Im Zuge dessen haben sie eine eigene, internationale und ganzheitliche Kunststoffstrategie für alle Unternehmensbereiche und Länder entwickelt, die „REset Plastic“ (2018). Sie wollen dabei neben der Beseitigung des Verpackungsabfalls auch neues Bewusstsein gegenüber dem Umgang mit Kunststoffen schaffen. Im Nachhaltigkeitsbericht wird damit geworben, dass 100 % der Eigenmarkenverpackungen maximal recycelbar seien, diese 20 % weniger Plastik enthalten (auch Transporthilfen) und bei der Herstellung 25 % Kunststoff-Rezyklat im Durchschnitt eingesetzt wird. Zudem setzen sie sich für die Aufklärung über die richtige Mülltrennung ein, mithilfe von Trennhinweisen. Erwähnenswert ist allerdings, dass PreZero, als Teil der Schwarz Gruppe, keine Rezyklate im Lebensmittelkontakt in großem Maße einsetzen, da sie aus dem Rezyklat ihrer Kunststoffabfälle neue Haushaltswaren herstellen („Downcycling“).

Bei den einzelnen Handlungsfeldern ist von besonderer Relevanz in der Kategorie „REdesign“ ein konkreter Leitfaden für das Verpackungsdesign zur nachhaltigen Verpackungsoptimierung, mit dem bis 2025 die Nachhaltigkeitsziele mit speziellen Anforderungen erreicht werden sollen. Dieser Leitfaden wird von Lidl und Kaufland in allen Ländergesellschaften verwendet. Folglich gilt es u.a. schwarze Kunststoffe sowie dunkle Farben bei der Bedruckung oder großflächige Etiketten, aus anderem Material als die Verpackung selbst, zu vermeiden. Hingegen zu verwenden sind Verpackungen aus Monomaterialien, inklusive einer transparenten Einfärbung sowie wasserlösliche Klebstoffe. Diese Vorgaben sind, wie jene von ALDI (2023), ebenso jenen des ECR (2020) ähnlich, da auch hier „Best Practice“-Beispiele für gelungene Verpackungslösungen aus allen Produktbereichen veröffentlicht werden. In weiteren Handlungsfeldern gibt es ebenfalls innovative Ziele, die mit verschiedenen Projekten umgesetzt werden. Beispielsweise im Bereich „Research“ wird zusammen mit dem Fraunhofer UMSICHT an Mikroplastik geforscht (Schwarz Gruppe, 2023; Schwarz Unternehmenskommunikation, 2021).

REWE-Gruppe

Ein weiteres großes LEH-Unternehmen ist die REWE-Gruppe (Rewe, Billa, Penny). Diese hat sich ebenfalls Ziele gesteckt, die Zukunft auf Verpackungsebene nachhaltiger zu gestalten.

Auch sie haben eine „Leitlinie für umweltfreundlichere Verpackungen“ für ihre Eigenmarken in Deutschland publiziert. Diese ist jedoch deutlich kürzer als jene von ALDI. Thematisiert werden der Anwendungsbereich, die Herausforderungen, ein Ansatz des Unternehmens eine nachhaltigere Wertschöpfungsketten zu schaffen, ein Ansatz und die Zielsetzung für umweltfreundlichere Verpackungen, Anforderungen und Maßnahmen sowie Berichterstattungen. Sie verfolgen ebenso das Ziel, die Verpackungen zu reduzieren und umweltfreundlicher sowie zirkulärer zu gestalten. Der Fokus liegt dazu auf Reuse, Recycle und dem Rezyklat-Einsatz. Für REWE bedeutet das für eine nachhaltigere Lieferkette, dass mehr nachhaltige Produktbereiche abgedeckt werden und eine faire Behandlung von Partnern und Lieferanten auf eine umweltfreundliche Art und Weise sichergestellt wird. Ihre drei großen Aktionsfelder sind Tier, Mensch und Umwelt. Im Ansatz für eine umweltfreundlichere Verpackungsgestaltung fokussiert sich REWE auf die Kreislaufwirtschaft und will ihr strategisches Ziel – bis Ende 2030 100 % aller Eigenmarkenverpackungen umweltfreundlicher zu gestalten¹⁴ - mit der Formulierung von sechs zu erfüllenden Kriterien erreichen:

- (1) Einsatz von Mehrweg Alternativen
- (2) Reduktion des Materialeinsatzes
- (3) Förderung der Recyclingfähigkeit
- (4) Einsatz von Sekundärrohstoffen
- (5) Einsatz von alternativen Materialien
- (6) Einsatz zertifizierter Rohstoffe

Bei Einhaltung aller Kriterien ist im Zuge dessen ein geringerer negativer Einfluss der Verpackung auf die Umwelt gewährleistet. Für die REWE-Gruppe in Deutschland (Rewe, Penny) gelten zusätzlich Teilziele abgeleitet von den sechs Kriterien. Dazu zählen bis Ende 2025 20 % weniger Plastik, 100 % recyclebare Verpackungen und 30 % durchschnittlicher Rezyklat-Anteil, 50 % rPET-Anteil in Getränkeflaschen bis Ende 2023, 100 % zertifizierte Rohstoffe bis Ende 2020 sowie eine Verdopplung der unverpackten Lebensmittel bis Ende 2025 im Vergleich zu 2021. Hinzu kommen, ähnlich der anderen Guidelines, allgemeine „do´s“, wie u.a. die Verringerung des Gewichts der Verpackung, und „dont´s“ für ein D4R, wie beispielsweise die Verwendung von problematischen Druckerfarben. Zusätzlich gibt es auch materialspezifische Vorgaben, wie beispielsweise bei Karton die Verwendung von recyceltem Papier anstelle von frischem Faser-Papier oder ein Verzicht auf ein Coating. Biopolymere setzt REWE, nach einer Prüfung, momentan nicht im bedeutenden Maße ein (REWE Group, 2023a).

Rewe beteiligt sich auch an innovativen Projekten, wie das HolyGrail 2.0, die durch die Einführung eines digitalen Wasserzeichens die Sortierung und Verwertung verbessert. Laut

¹⁴ Gilt für die REWE-Gruppe in Deutschland und International (Österreich)

eigener Angabe sparen sie durch ihre Verpackungslösungen jährlich 8.900 t Kunststoff ein, haben bisher (2021) 9 Mio. Etiketten eingespart und haben ebenfalls 100%ige rPET-Wasserflaschen eingeführt. Bezüglich der Molkereiverpackungen verzichten sie beispielsweise bei den 500 g Bechern auf Joghurtdeckel und verkaufen Mehrwegdeckel (Platin-Silikon) für Joghurtbecher zum Wiederverschließen (REWE Group, 2023b).

Selbst wenn die Guideline in vielen Punkten nicht für Österreich gilt, wird auch bei BILLA angestrebt den Kunststoff zu reduzieren. Dazu wird beispielsweise die Bio-Milch bzw. Bio-Joghurts der Eigenmarke „Ja! Natürlich“ auf Mehrweg-Glasbehälter/-Flaschen umgestellt sowie Mehrwegdeckel verkauft (BILLA, 2023).

EDEKA

Hinzu kommt die deutsche Unternehmensgruppe EDEKA (Edeka, Netto, Nah & Gut), das ebenfalls verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsziele publiziert hat. Ähnlich wie die Schwarzgruppe wird auch hier den drei Kernthemen Vermeidung, Reduzierung und Recycling, also ein sinnvoller Einsatz von Recyclingmaterial und Recyclingfähigkeit, nachgegangen. Diese werden mit den üblichen Maßnahmen im LEH umgesetzt, wie beispielsweise die Verbesserung der Recyclingfähigkeiten ihrer Eigenmarkenprodukte. Zudem sind bei EDEKA die Themen Mehrweg und der Einsatz von NWAROS weitere Kernelemente. Des Weiteren haben sie einen eigenen „Recyclingwegweiser“ designt, der einer diesbezüglichen Forderung der PPWR entspricht. Hinzu kommt, dass sie neben der Partnerschaft mit dem WWF dem „Forum Rezyklat“¹⁵ beigetreten sind. Damit wird dem gemeinsamen Ziel nachgegangen, die Recyclingquote und den Recyclinganteil zu erhöhen. EDEKA besitzt zudem ebenfalls ein Handbuch bezüglich des D4R für Eigenmarkenverpackungen, das als Leitfaden für alle Geschäftsbereiche der Gruppe agiert, dessen genauer Inhalt jedoch nicht online zugänglich ist.

Bezüglich Milchkarton-Umverpackungen wurden Teile des D4R-Handbuches umgesetzt, indem seit 2020 Eigenmarken-Trays von produktspezifischen auf Einheits-Trays umgestellt wurden und damit Ressourcen gespart werden. Weiterhin wird durch einen Verzicht auf eine vollflächige Bedruckung der Kartons und Lackierungen bis zu 70-80 % an Druckfarben eingespart. Der Milchkarton der Eigenmarke „Gut & Günstig“ besteht aus FSC-zertifiziertem Recyclingmaterial mit mineralöl- und lösungsmittelfreien Druckfarben. Andere Milchprodukte werden außerdem in vielen Fällen ohne Einweg-Deckel angeboten. Weitere umgesetzte Maßnahmen, wie die Mehrweg-Becher und -Bowls (regood), können die Menge der verwendeten Verpackungen reduzieren, Treibhausgasemissionen vermeiden sowie zur Ressourcenschonung beitragen. Ferner können folgende Fortschritte beobachtet werden: Der geplante Mindestanteil von 25 % rPET im Getränkesegment konnte erreicht werden (Stand Juni 2022). Der

¹⁵ Bündnis von Marktbeteiligten entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Verpackungen: Händler, Produkt- und Verpackungshersteller, dualen Systeme, Entsorgungs- und Recyclingunternehmen, Vertreter der Wissenschaft und Politik

Einsatz von Aluminium in GVKs konnte um 4,44 % und die PVC-haltigen Verpackungen konnten auf 52 Stück (davon 8 Molkereiprodukte) reduziert werden. Des Weiteren sind GVKs 100 % FSC-zertifiziert, wobei Karton-Umverpackungen aus FSC-Recycled bestehen. Bisher wurden allerdings nur 0,15 % von den 2.025 Eigenmarken auf FSC-Recycled oder Blauer Engel umgestellt. Bei einer Verwendung von Biopolymeren in der Verpackungsherstellung von EDEKA, müssen diese nach einem anerkannten Nachhaltigkeitsstandard (WWF) zertifiziert sein. Eingesetzt werden sie bisher jedoch noch nicht. Trennhinweise zur sachgerechten Entsorgung sind auch auf allen Verpackungen vorhanden (EDEKA, 2023; Heinrich et al., 2022; Ungur, 2023).

SPAR

Als privates Unternehmen aus Österreich, der sein Kerngeschäft auch abseits von Österreich betreibt, hat SPAR keine solche D4R-Guidline für Eigenmarken veröffentlicht, beteiligt sich aber an der Initiative ECR-Austria für derartige Richtlinien über die Verpackungsgestaltung. Dennoch gibt es eine Verpackungsstrategie, der bis 2030 nachzugehen ist. Die Ziele sind ähnlich den anderen LEH: Verpackungen reduzieren, notwendige Verpackungen recyclingfähig sowie mit zunehmendem Rezyklat-Anteil gestalten und dem Thema Kreislaufwirtschaft Beachtung schenken. SPAR will 100 % recyclingfähige, wiederverwendbare oder abbaubare Verpackungen bis 2030 anbieten, 20 % Kunststoffverpackungen bis 2025 reduzieren, einen Rezyklat-Anteil bei Kunststoffverpackungen von 20 % erreichen sowie Verpackungen mit Konsumenten-Information zur korrekten Sammlung kennzeichnen. Umgesetzt wird diese Strategie mit den drei Kernaspekten Vermeiden, Reduzieren und Recyclen. Weiterhin wird seit 2020 Milch wieder in Mehrwegflaschen angeboten. Kampagnen wie „Gemeinsam Plastik sparen mit SPAR“ unterstützen ihre Zielvorgabe und informieren gleichzeitig, wie auf Plastik verzichtet werden kann (SPAR, 2023).

5. Material und Methoden

Nach eingehender Betrachtung der Nachhaltigkeit auch in Bezug auf Verpackungen, der Strukturen der Milchwirtschaft im DACH-Raum und die Analyse des Umfelds der Molkereiverpackungen, inklusive Forschungsstand bezüglich Innovationen im Verpackungsbereich, des rechtlichen Rahmens sowie die Anforderungen und Ziele des LEHs, wird im Folgenden eine qualitative Analyse der verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien einzelner repräsentativer Unternehmen durchgeführt. Ziel ist darzustellen, was die Unternehmen im Milchsektor bezüglich der Forderungen der PPWR mit ihren Nachhaltigkeitsstrategien schon umsetzen bzw. in welchen Punkten noch Handlungsbedarf besteht. Außerdem sollen zusätzliche Informationen sowie die Sicht der Milchindustrie auf die PPWR anhand gezielter Fragen diesbezüglich dargelegt werden.

5.1. Material: Unternehmen in der Milchwirtschaft

Zur Erhebung werden Unternehmen der Milchwirtschaft jeweils in verschiedenen Kategorien untersucht. Dazu werden repräsentative Beispiele aus dem D/A/CH-Raum herangezogen, die sich entweder im Standort (DE, AT, CH) unterscheiden oder sich in Kategorien wie Genossenschaft, Privatmolkerei, Biomolkerei oder Sennerei zuordnen lassen. Hinzu kommt eine Analyse eines ausgewählten Lebensmitteleinzelhandels. Dabei wird sich bei der Erhebung auf die Molkereiverpackungen von Joghurt und Milch beschränkt. Des Weiteren können aufgrund der Verfügbarkeit der Informationen und dem Ausmaß dieser Arbeit nicht in allen Kategorien ein Beispiel aus jedem Land im DACH-Raum miteinbezogen werden. Hinzu kommt, dass jedes Unternehmen nur zur jeweils relevantesten Kategorie zugeordnet wird, selbst wenn vereinzelt mehrere Kategorien zutreffen würden. Die zu analysierenden Akteure sind in Tabelle 13 je nach Kategorie und Land dargestellt. Damit fällt beispielsweise Berglandmilch unter die Kategorie „Genossenschaft“ in Österreich, die Unternehmensgruppe Theo Müller, die aus Deutschland stammt, aber internationale Standorte besitzt unter die Kategorie „Internationale Tätigkeiten“ oder die Molkerei Söbbeke unter die Kategorie „Biomolkerei“ in Deutschland. Die Einschlusskriterien der Unternehmen waren, neben dem Angebot an Milch und Joghurt auf dem Markt, ein Vorhandensein eines Nachhaltigkeitsberichts oder einer Dokumentation der Nachhaltigkeitsstrategie bzw. Fortschritte, die online einsehbar oder auf Anfrage zur Verfügung stehen, sowie die Zugehörigkeit zu einer der Kategorien bzw. Länder im DACH-Raum. Eine Ausnahme mancher Kriterien wurde beim Lechnerhof Bayrischzell, aufgrund des Status eines Kleinunternehmens, gemacht. Ausschlusskriterien waren, neben den gegenteiligen Aussagen der Einschlusskriterien, der Status einer Tochtergesellschaft. Somit wurde beispielsweise SMP, da dessen Nachhaltigkeitsstrategien nicht zugänglich waren, oder die Gläserne Molkerei, als Teil der Emmi-Group, bei der Untersuchung ausgeschlossen.

Tabelle 13 Zu untersuchende repräsentative Unternehmen der Milchwirtschaft

Unternehmen	Kategorie	Herkunfts-Land
Milchwerke Berchtesgadener Land	Genossenschaft	Deutschland
Privatmolkerei Bechtel	Privatmolkerei	
Molkerei Söbbeke	Biomolkerei	
Lechnerhof Bayrischzell	Kleinunternehmen	
Upländer Bauernmolkerei	Regionale Molkerei	
Unternehmensgruppe Theo Müller	Internationale Tätigkeiten	Österreich
Berglandmilch	Genossenschaft	
Erlebnissennerei Zillertal	Sennerei	
Emmi Group	Internationale Tätigkeit	Schweiz
ALDI SÜD	Lebensmitteleinzelhandel	D-A-CH

5.2. Methodik

Aus der PPWR wurden im theoretischen Hintergrund dieser Arbeit die Herausforderungen für Verpackungshersteller und Wirtschaftakteure herausgearbeitet (vgl. Kapitel 4.3.3.2). Diese herausgearbeiteten Anforderungen lassen sich zum großen Teil auf die Unternehmen der Milchindustrie übertragen, weshalb daraus eine Checkliste zur Untersuchung der verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien bezüglich der neuen PPWR erarbeitet wird. Nach dieser können die Webseiten und Nachhaltigkeitsberichte qualitativ analysiert werden. Themen dieser Checkliste sind u.a. Anforderungen an Recycling, Rezyklat, Kennzeichnung, Mehrweg und Abfallmanagement. Diese ist in Tabelle 14 dargestellt. In der Ausarbeitung der Checkliste wurden die formellen Anforderungen der PPWR jedoch nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen werden kann, dass die Wirtschaftsakteure bei Inkrafttreten der VO diese erfüllen und der Fokus der Analyse auf den Verpackungen selbst liegt. Ergänzt wurde die Analyse mit einer Besichtigung der Verpackungen im LEH, um die Informationslage bezüglich Kennzeichnungen zu unterstützen. Unter die Ausnahme zur Verwendung von digitalen Medien zur Datenerhebung fällt der Lechnerhof Bayrischzell. Im Zuge deren Analyse wird ein persönliches Gespräch mit der zuständigen Person des Kleinunternehmens geführt. Nachdem die qualitative Analyse durchgeführt wurde, wird an die untersuchten Unternehmen ein Fragebogen verteilt, um ergänzende Informationen zu erhalten. Die darin gestellten Fragen ergeben sich zum einen aus der Analyse des Umfelds der Molkereiproduktverpackungen und zum anderen aus den noch offenen Fragen der Checklisten nach der Analyse der Nachhaltigkeitsstrategien. Da sich die PPWR auf die ökologische Säule der Nachhaltigkeit bezieht, liegt jene im Fokus.

Demzufolge wird bei der Untersuchung wie folgt vorgegangen:

- I. Analyse der Nachhaltigkeitsstrategien anhand der Checkliste (Tabelle 14)
- II. Erstellen eines Fragebogens inklusive der noch offenen Fragen („Keine Angabe“)
- III. Diskussion der Ergebnisse der einzelnen Unternehmen jeweils im Anschluss ihrer Analyse

Abschließend folgt im Kapitel 6 eine gesamte Diskussion mit Vergleich der Strategien und Umsetzungen der Unternehmen.

Tabelle 14 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie (eigene Darstellung).

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling ³	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“ Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden („recycling at scale“), ab 1.1.2035 Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
Rezyklat ³	Anteil erhöhen Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere				
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackungen ³	Volumen/Gewicht reduzieren				
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz; Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, Rechtlich,...)				
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				
	Leerraumanteil höchstens 40%				
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Hohe Qualität des Rezyklats				
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar				
	Teil eines Systems (“circulate, rotate, repeatedly used”)				
Reuse/Mehrweg ^{1,2}	Einweg reduzieren, wo möglich				
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)				
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)				
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)				
Refill ¹	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden				
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit				
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten				
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)				
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen				

	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebenspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg				
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten				
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern				
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)				
<i>Schadstoffe</i> ³	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)				
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)				
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)				
<i>Kennzeichnung</i> ³	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				
	Mehrweg deutlich kennzeichnen				
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass				
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben				

¹Milch ist den „Reuse/Refill“ Mindestanforderungen, wie viel % der Verpackungen dafür konzipiert sein müssen, ausgenommen.

²Von Zielvorgaben „Mehrweg“ befreit, wenn weniger als 1000 kg VP i.V. oder per Definition ein Kleinunternehmen.

³Erfüllen dieser Punkte ist erforderlich, um als VO-konform gelten zu können.

5.3. Ergebnisse

Privatmolkerei Bechtel

Nach Anfrage auf der Webseite wurde der Nachhaltigkeitsbericht der Privatmolkerei Bechtel postalisch zugestellt. Inhaltlich konnten dabei in Bezug auf die Verpackungen folgende Ergebnisse beobachtet werden, die aus der ausgefüllten Checkliste (Anhang Tabelle 16) folgen: Milchprodukte werden hauptsächlich in Einweg-Kunststoff und GVKs verpackt. Das bedeutet, dass bezüglich des Themas Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft sowie Rezyklat keine Innovationen oder Strategien zu beobachten sind. Ihr Ziel ist es dennoch an der Vermeidung und Reduzierung der Umweltbelastung durch Kunststoffverpackungen mitzuwirken. Dazu soll nur so viel Kunststoff wie nötig verwendet werden, der gleichzeitig die Funktionalität beibehält, was die Anforderungen in der Thematik Verpackungsdesign zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen erfüllt. Durch das Vorhaben, Kartonsteigen im Bereich der Großverpackungen anzupassen und damit 580 t Kunststoff einzusparen, kann ein Ansatz zur Minimierung der Sammelverpackungen angeboten werden. Außerdem können durch geschäumtes PS 300 t, durch den Verzicht auf Stülpedeckel 125 t und durch die Reduzierung des Bechergewichts 115 t Kunststoff pro Jahr eingespart werden. Weiteres führt eine Direktbedruckung der gesleeften Becher zu 30 % und eine Kombination aus Papier und Kunststoff bei einigen Produkten zu 20 % weniger Kunststoffeinsatz. Zudem spart die Reduzierung der Folienüberstände von mehreren gemeinsam verpackten Bechern durch kleine technische Maßnahmen 3 % Kunststoff ein. All diese bereits umgesetzten Maßnahmen tragen zum Ziel der Materialreduzierung bei, stellen aber nur einen Ansatz zur Einsparung des Einweg-Kunststoff und der damit zu bewältigen Herausforderung der PPWR dar. Grund dafür ist, dass bisher nur Stülpedeckel weggelassen werden und kein weiterer Austausch der Einwegprodukte stattfindet. Zusätzlich sind weitere Einsparungen geplant, wie u.a. die Optimierung der Weichverpackungen für H-Milch. Dies soll voraussichtlich 65 t Kunststoff einsparen. Weiters wird, wenn technisch möglich, auf Monomaterialien (PP) gesetzt, damit ein hoher Recyclinganteil ermöglicht werden kann. Dies entspricht einem ersten Ansatz für die Anforderung des Themas Recycling. Der GVK hingegen, der durch das Poly-AL-Recycling mit einer Recyclingfähigkeit von 80-90 % als recyclebar gilt, kann diese Anforderung erfüllen. Beispielsweise wird die „Miloba“ Milch im Tetra Rex abgefüllt, der durch sein ausschließliches Bestehen aus biobasiertem Kunststoff (Zuckerrohr) und Karton ebenfalls bezüglich des Recyclings vielversprechend erscheint. Zudem verfügt dieser über die höchste Zertifizierungsstufe des TÜV Austria für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe. Der aseptische GVK für haltbare Milch mit einer Recyclingfähigkeit von ca. 70 % gilt ebenfalls als Ansatz, weshalb die Gesamtbewertung aller Verpackungen einem Ansatz entspricht. Informationen über das bis 2035 zu erreichende Recycling im großen Maßstab werden nicht veröffentlicht. Zur Mehrweg-Thematik sind im Logistik- und Transport-Bereich keine Angaben aus dem Bericht zu schließen sowie Anforderungen an Mehrwegsysteme

und Verpackungen erfüllt, da keine solche Alternativen angeboten werden. Dies gilt auch für das Thema Refill. Das Thema Abfallvermeidung wird im Nachhaltigkeitsbericht ebenfalls erwähnt, jedoch hauptsächlich Informationen über ihr eigenes Abfallmanagement (Restmüllanteil 2019-2020: +5,64 %). Auf Ihrer Webseite oder dem Bericht stehen hingegen keine Informationen über Aufklärungsprogramme- oder Kampagnen zur Verfügung, weshalb diese Anforderung noch nicht erfüllt wird. Da sie allerdings exzessive Verpackungen eliminieren, tragen sie einen relevanten Teil zur Abfallvermeidung bei. Im Hinblick auf ihre Bemühungen hinsichtlich des Verpackungsgewichtes und die Verwendung von Tetra Rex, der den CO₂-Fußabdruck um 35 % reduziert, können die Anforderung der PPWR diesbezüglich erfüllt werden. Biopolymere werden nicht eingesetzt, damit gelten die Anforderungen dafür hier ebenfalls als erfüllt. Zum Thema der Entsorgung wird auf der Verpackung hingewiesen, wie die Verpackungskomponenten entsorgt werden müssen. Es existieren zwar noch keine einheitlichen Vorgaben der EU, aber ein Kennzeichnungssystem auf Grundlage der Materialzusammensetzung ist auf den Verpackungen vorhanden. Jedoch wird sie noch nicht in Verbindung mit Abfallbehältern umgesetzt. Nachgewiesen ist dies in Abbildung 23 im Anhang. Auch bei der Kennzeichnung existiert noch kein einheitliches Akkreditierungssymbol, allerdings wird kein missverständliches Symbol wie der Grüne Punkt verwendet. Im Hinblick auf weitere Anforderungen an die Kennzeichnung fehlt bisher ein QR-Code, wohingegen Rezyklat- und Mehrwegkennzeichnungen aufgrund des Nichtvorhandenseins in deren Verpackungen als erfüllt gelten. Bezüglich der Schadstoffe werden keine Angaben präsentiert (*Nachhaltigkeitsbericht 2019/2020 „Richtige Dinge einfach tun.“*, 2021).

Zusammenfassend liegt der Fokus verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien der Privatmolkerei auf einer Kunststoffreduzierung. Damit die Verpackungen allerdings als VO-konform gelten können, gibt es noch Verbesserungen zu tätigen, vor allem hinsichtlich des Rezyklat-Einsatzes. Jedoch ist anzumerken, dass bezüglich der Gewichtsreduktion schon Bemühungen im Joghurtbecher-Sektor umgesetzt werden konnten und der Tetra Rex durch die fehlende Aluminiumschicht und die Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks ebenfalls Innovation zeigt. Weiterer Entwicklungsfokus des Unternehmens sollte zukünftig auf der Förderung der Kreislaufwirtschaft auch zum Thema Mehrweg-Alternativen gelegt werden und die Informationskommunikation bezüglich der Abfallvermeidung u.a. anhand Aufklärungskampagnen verbessert werden. Besonders erwähnenswert hinsichtlich der Entsorgungs-Kennzeichnung ist, dass schon materialspezifische Kennzeichnungen Anwendung finden.

Milchwerke Berchtesgadener Land

Die Milchwerke aus Piding, die ihre Milch aus dem Berchtesgadener Land – also Deutschland und Österreich- bezieht, hat verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrategien sowohl in einem Nachhaltigkeitsbericht (2020) als auch auf ihrer Webseite präsentiert. Diese ergaben

Folgendes: Ihr Ziel ist es immer mehr Verpackungen aus NWAROS (Holz) oder als Mehrweg-Gebinde (je nach Transportweg) anzubieten. Die Milch wird dort sowohl in Mehrwegflaschen mit PVC-freiem Deckel und in GVKs der Firma Tetra Pak angeboten. Bei den Tetra Brik und Top beträgt der Anteil an NWAROS bisher 93 %, Ziel sind jedoch zukünftig 100 %. Die Kunststoffbeschichtung des GVKs besteht aus Zuckerrohr und der Karton ist FSC-zertifiziert. Daraus soll eine Senkung der CO₂-Belastung folgen. Geworben wird hier zudem mit biobasierten pflanzlichen Rohstoffen, wobei nur die Beschichtung darauf zurückzuführen ist. Die Herstellung dieses Biopolymers (Bio-PE) wird ebenfalls kurz beschrieben. Anzumerken sei außerdem, dass die Verpackung vom TÜV Austria mit der höchsten Zertifizierungsstufe für bio-basierte Kunststoffe ausgezeichnet wurde. Daraus ergibt sich eine Erfüllung der für Biopolymere festgelegten Anforderungen, da dieser ausschließlich bio-basiert, aber nicht biologisch abbaubar ist. Des Weiteren kann dieser GVK eine CO₂-Einsparung von rund 40 % gegenüber einer fossilen Tetra Top Standardverpackung aufweisen, womit die Anforderung der PPWR zur Verringerung des CO₂-Fußabdrucks als erfüllt gilt. Durch einen Verzicht auf PET-Flaschen werden auch andere Produkte, u.a. Kefir, in einem solchen Karton verpackt. Zudem ist ein Entsorgungs-Guide auf der Webseite über das richtige Recycling des GVKs beschrieben und es wird über das Recyclen von Verpackungen mit biobasiertem Kunststoff aufgeklärt. Ersteres ist auch auf dem GVK selbst zu finden. Damit kann die Anforderung an das Thema Entsorgung abgedeckt werden. Besonders erwähnenswert bezüglich des Entsorgungs-Themas ist, dass der Knusper-Joghurt (außen) sowie der Fruchtjoghurt (Banderole innen) bereits über eine materialspezifische Kennzeichnung verfügt. Diese ist aber nicht auf den GVKs zu finden, was somit lediglich zu einem Ansatz dieser Anforderung führt. Bezüglich der GVKs wird außerdem auf der Webseite hingewiesen, dass eine hohe Sortierquote eine Recyclingquote für GVKs von 77,6 % ermöglicht. Die Entsorgung wird auch bei der Mehrwegflasche mit dem Hinweis „Flasche bitte spülen und mit Deckel im Einzelhandel zurückgeben“ thematisiert. Auch eine Erklärung über den Deckel, der zwar nicht wiederverwendet wird, aber durch Verhinderung des Antrocknens von Milchresten für eine besserer Reinigung sorgt, ist inkludiert. Zudem kann die Milchflasche 10-15-mal wiederbefüllt werden, im Bericht (2020) hieß es sogar 20–25-mal. Damit werden die Anforderungen an Mehrwegverpackungen und an das Verpackungsdesign Reuse erfüllt, wohingegen im Transport/Logistik-Sektor keine Angaben präsentiert werden. Weiterhin ist ihr Ziel Verpackungen einzusparen. Dazu wird ein Zweikomponentenbecher - dünner Kunststoffbecher (PS), Kartonommantelung (FSC), rund 60 % NWAROS – für die Joghurt-Verpackung eingesetzt. Dieser spart 50 % Plastik im Vergleich zu einem Kunststoffbecher gleicher Größe ein. Damit kann die Genossenschaft jährlich insgesamt 100 t Polymer in all ihren Produkten einsparen. Mit dem Verzicht auf Plastik-Deckel kommen zusätzlich 30 t weniger Kunststoff zum Einsatz. Infolgedessen können die Anforderungen des Verpackungsdesigns zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen und der Reduzierung des

Einwegkunststoffs (auch durch Mehrweg) erfüllt werden. Ausnahme gilt dem Transport-Sektor, da hier keine Angaben zur Verfügung standen. Besonders wichtig sei ihnen auch die Aufklärung bezüglich der Abfall-Trennung und-Entsorgung, wozu auch digitale Medien, wie Social-Media-Kanäle und ihre Webseite, genutzt werden. Damit werden die Herausforderung bezüglich Kommunikation von Informationen über die Abfallvermeidung/-Management bewerkstelligt. Der Informationsumfang (Artikel 49) trifft ansatzweise die Vorgaben der PPWR. Im Jahr 2022 gab es beispielsweise eine Aufklärungskampagne auf dem Milchkarton, wo über NWA-ROS, Recyclingkreisläufe und CO₂-Bilanz berichtet wurde. Prinzipiell bieten die Verpackungsoptionen einen Ansatz zum Thema Recycling, da der GVK ohne Aluminiumschicht und der Komponentenbecher in der Theorie dafür konzipiert sind, allerdings noch nicht im großen Maßstab recycelt wird. Anzumerken ist jedoch, dass recyclebar mit erforderlicher Konsumenten-Aktion (beim K3) in Deutschland nicht als solches angesehen wird. Entwicklungen zu Rezyklaten in Verpackungen gibt es bei den Milchwerken keine, weshalb die Anforderung daran und die „hohe Qualität des Rezyklats“ (Verpackungsdesign Kreislaufwirtschaft) als nicht erfüllt gilt. Bei der Kennzeichnung, Schadstoffen und Refill-Stationen gleichen die Ergebnisse jenen der Privatmolkerei Bechtel. Die Ergebnisse basieren auf der ausgefüllten Checkliste im Anhang (Tabelle 17) und den angefügten Bildern der Verpackung durch LEH-Besichtigungen (siehe Abbildung 19 im Anhang) (Berchtesgadener Land Chiemgau eG, 2023; *Nachhaltigkeitsbericht* | 2019, 2020).

Zusammenfassend bedeutet das für die Milchwerke, dass sie ihre Verpackungen vor allem in Bezug auf Rezyklat-Einsatz in Joghurtbechern verbessern sollten um als VO-konform gelten zu können. Dennoch zeigen sie schon Bemühungen in die richtige Richtung durch Mehrwegeinsatz und den GVK ohne Aluminiumschicht. Die Verwendung von K3-Bechern ist im Hinblick auf seine Recyclingfähigkeit kritisch zu betrachten, worauf in der gesamten Diskussion näher eingegangen wird. Der Fokus ihrer Strategie liegt momentan hauptsächlich auf NWA-ROS, der Kunststoffreduzierung, und Mehrweg-Glasflaschen. Bei letzterem ist jedoch unklar in welchem Transportradius diese im Umlauf sind. Bezüglich des materialspezifischen Etiketts ist es außerdem relevant, diese zukünftig auch auf den GVKs anzugeben und nicht ausschließlich auf der Webseite oder den Joghurtbechern.

Molkerei Söbekke

Die erste gänzliche Biomolkerei in Deutschland Söbekke hat sowohl ein Nachhaltigkeitsmagazin veröffentlicht als auch Informationen bezüglich dessen Nachhaltigkeit auf ihrer Webseite präsentiert. Daraus ergeben sich die folgenden Beobachtungen in Bezug auf Verpackungen nach Ausfüllen der Checkliste (Tabelle 18 im Anhang): Die Verpackungsgrundsätze der Molkerei sind zum einen die Ressourcenschonung. Zum anderen der Einsatz von recyclingfähigen Materialien und Designs sowie die Verwendung von Verpackungen mit möglichst hohem Recycling-Anteil. Milch und Joghurt wird im Mehrweg-Glas oder -Flasche angeboten, die nach

Rückgabe wiederbefüllt werden. Der Joghurt wird alternativ im K3-Becher verpackt, der einen verringerten Kunststoffanteil von 44 % und keinen Stülpedeckel besitzt. Die dazugehörige Banderole besteht aus Altpapier und ist mit Informationen zur richtigen Entsorgung gekennzeichnet. Damit können Anforderungen an das Verpackungsdesign zur Minimierung übermäßiger Verpackungen erfüllt werden, außer die Informationen zur Reduzierung im Logistik- und Transport-Bereich. Selbst wenn die Glas-Verpackungen recyclebar sind, kann dem Thema Recycling damit nur ein Ansatz geboten werden durch die bereits erwähnte Recyclingfähigkeits-Einstufung eines K3-Bechers in Deutschland. Zudem gibt es keine Information zum Recycling im großen Maßstab. Weiterhin erfüllen die Glasbehältnisse die Anforderungen des Verpackungsdesigns bezüglich Reuse/Kreislaufwirtschaft, da sie sowohl Teil eines Systems sind als auch entleert und wiederbefüllt werden können. Zudem können damit die Anforderungen an Mehrweg abgedeckt werden, wobei zu Logistik-Verpackungen wie u.a. Paletten keine Angaben gemacht wurden. Außerdem wird ab Mitte 2022 ein neuer Joghurtbecher angeboten, der zu 87 % aus Recyclingmaterial besteht, indem 77 % recycelter Kunststoff (rPET) und 100 % Altpapier verwendet werden. Damit soll die Kreislaufwirtschaft gefördert werden. Dieser Becher erfüllt damit die Anforderung an Rezyklat-Anteilen, in der Theorie an eine hohe Qualität des Rezyklats sowie an die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks. Letzteres konnte auch rund um die Glasverpackung reduziert werden, da die Abfülllinie optimiert wurde und damit der Energieverbrauch beim Prozess reduziert werden konnte. Nachfüllstationen sowie Biopolymere werden nicht angeboten, also gelten die Anforderungen dafür ebenfalls als erfüllt. Bezüglich der Kennzeichnung gilt ein ähnliches Ergebnis wie jenes der Privatmolkerei Bechtel, außer, dass hier Rezyklat-Anteile freiwillig angegeben werden. Zum Thema Schadstoffe werden hier ebenfalls keine Angaben gemacht. Mit Tipps zum persönlichen Nachhaltigkeits-Engagement, wie eigene Verpackungen zu verwenden, wird der Anforderung einer Informationskommunikation bezüglich Abfallvermeidung ein Ansatz dargelegt. Weitere Informationen über Abfallvermeidung sind hingegen nicht vorhabenden. Dennoch kann das Re-Design des Joghurtbechers ein Teil dazu beitragen. Bei der Entsorgung wird die Verpackung bezüglich einer richtigen Entsorgung gekennzeichnet und stellt einen Ansatz zu einer materialspezifischen Kennzeichnung dar (siehe Abbildung 17 im Anhang). Dennoch gilt diese noch nicht als erfüllt, da zwar aufgezeigt wird in welchen Abfalleimer die Komponenten entsorgt werden müssen, allerdings ohne die Nennung der verwendeten Materialien (Molkerei Söbbeke, 2022a, 2022b).

Daraus ergibt sich ein Fokus der Nachhaltigkeitsstrategie auf das Thema Rezyklat (rPET) und der Optimierung von Mehrweg-Glas. Um als VO-konform zu gelten, benötigt dieses Unternehmen nach den zur Verfügung stehenden Angaben demnach keine großen Verbesserungen ihrer derzeitigen Molkerei-Verpackungen. Zwar ist die K3-Anwendung bei Joghurtbechern hier ebenfalls als kritisch zu betrachten. Jedoch verpacken sie auch in Glas und mit rPET-Anteil, was nachhaltige Entwicklungen darstellt. Vor allem die Optimierung der Glas-Abfülllinie zeigt

besondere Innovation, um den Nachteilen von Glas entgegenzuwirken. Dem Thema Informationskommunikation hinsichtlich der Abfallvermeidung sollte zukünftig jedoch mehr Beachtung geschenkt werden.

Lechnerhof Bayrischzell

Das telefonische und persönliche Gespräch mit der Besitzerin des Lechnerhof Bayrischzell, anhand dessen die Checkliste (Tabelle 19 im Anhang) ausgefüllt wurde, ergab Folgendes: Das Kleinunternehmen verarbeitet, neben der Lieferung ihrer Milch an eine Molkerei, 10 % der Milch selbst. Die Produkte werden ab Hof in einem eigenen Hofladen verkauft. Als Verpackung für Milch und Joghurt werden ausschließlich Mehrweg-Glasbehälter (siehe Abbildung 21 im Anhang) eingesetzt. Die Joghurtgläser werden dabei mit 0.50 € bepfandet, womit der Hof ein eigenes Pfandsystem eingerichtet hat, dass den Anforderungen der PPWR entspricht. Aufgrund der Betriebsgröße reichen dafür eine Industriespülmaschine und ein ausgearbeitetes Hygienekonzept aus. Für die Milch gibt es einen Nachfüllautomaten, der laut Aussage der Kleinunternehmerin allen Hygieneanforderungen entspricht. Dort kann die Milch in Mehrweg-Glasflaschen für 1 € Selbstkosten abgefüllt werden. Außerdem sind die Produkte in einem maximalen Radius von 30 km im Umlauf, was für die Nachhaltigkeit dieser Verpackungsoption spricht. Da keine Kunststoffverpackungen verwendet werden und Kleinunternehmen in manchen Punkten der PPWR zur Ausnahme fallen, konnten die meisten Punkte der Checkliste bezüglich der Verpackung als „erfüllt“ bewertet werden. Somit bedarf es keine weiteren Anpassungen an die Verordnung um als „konform“ gelten zu können. Der einzigen Punkte, die das Unternehmen nicht erfüllen konnte, ist beim Thema „Abfallvermeidung“ die Aufklärung, Informationsbereitstellung und -Aktualisierung durch (elektronische) Kommunikationsmittel sowie beim Thema „Kennzeichnung“ die Anbringung eines QR-Codes als digitalen Produktpass.

Der Fokus ihrer Nachhaltigkeitsstrategie liegt auf dem Einsatz von Mehrweg, ganz im Sinne der PPWR. Als Kleinunternehmen scheint es einfacher zu sein, die Anforderungen der PPWR zu erfüllen. Dies liegt zum einen an Ausnahmeregelungen für Unternehmen dieser Größe und zum anderen an einer leichteren Umsetzung von Hygienestandards bei den vermarkteten Milchmengen und Gläsern. Dennoch stellt der Punkt Hygiene laut der Kleinunternehmerin die größte Herausforderung für den Hofladen dar. Zudem berichtet sie von einer hohen Rückgabequote der Joghurt-Gläser, was das Funktionieren ihres Pfandsystems bestätigt. Einziger Kritikpunkt wäre, ein Pfandsystem auch für Milchflaschen einzurichten. Dieses ist bisher nur für Joghurtgläser implementiert, hingegen müssen die Milchflaschen einmalig für 1 € gekauft und selbst gespült werden. Anschließend können sie am Refill-Automat wieder befüllt werden. Dennoch hat der Hof viel weniger Berührungspunkte mit der PPWR als andere Unternehmen.

Unternehmensgruppe Theo Müller (UTM)

Die UTM betreibt international Standorte wie Müller UK & Irland oder Polen & Slowakei sowie Tochterfirmen wie Sachenmilch, Weihenstephan oder Landliebe. Informationen über Verpackungen und das Thema Nachhaltigkeit waren hauptsächlich anhand eines Berichtes namens "Nachhaltig Wertschöpfung gestalten" (2021), der auf persönliche Anfrage herausgegeben wurden, und der Verpackungs-Sichtungen im LEH zu finden. Das Ausfüllen der Checkliste (Tabelle 20 im Anhang) mit den verfügbaren Informationen ergab folgende Ergebnisse: Beim Thema Recycling sind die Anforderungen, dass alle Verpackungen bis 2030 recyclebar sein müssen sowie ab 2035 "recycling at scale" nicht erfüllt oder angegeben worden. Die Joghurtbecher der UTM werden aus dem gesamten Portfolio des dazugehörigen Verpackungsherstellers Optipak bezogen. Damit wird u.a. bei gelaseevten PP-Bechern auf Monomaterialien, die zu besserer Recyclingfähigkeit führt, geachtet (Siehe Kapitel 4.1.2). Da dies aber nur ein einziger Ansatz zum Thema Recycling ist, das Portfolio aber deutlich größer ist, kann es noch nicht als einen geltenden Ansatz der Anforderung angesehen werden. Weiterhin versuchen sie zwar den Rezyklat-Anteil zu erhöhen, geben aber zu, dass dies nicht einfach sei. Demnach kann der Mindestanteil an PCPW auch noch nicht erreicht werden. In ihrem Nachhaltigkeitskonzept 3Ri (Reduce, Recycle, Reconnect, Innovate) legen sie allerdings einen Gedankenansatz zur Reduzierung des Materialeinsatzes, inklusive des Verpackungsgewichts, der die Leistungskriterien erfüllt dar. Außerdem wird ein Ansatz zur Beschränkung von Einweg-Kunststoff präsentiert. Der Desto-Becher mit einem reduzierten Kunststoffgehalt setzt diese Anforderung um. Zudem kann der Leerraumanteil von höchstens 40 % bei Milch und Joghurt erfüllt werden. Ebenfalls gearbeitet wird daran, den Anteil und die Qualität des Rezyklats zu erhöhen. Beim Thema "Verpackungsdesign zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen" gab es in diesem Bericht bezüglich Sammel-, Transport-, Leerverpackungen und elektronischer Handel keine Angaben. Gleiches gilt beim Thema "Mehrweg" bezüglich Alternativen im Transport, bei der Paletten-Umhüllung und in Sammelverpackungen. Da nun auch Landliebe der UTM angehört, die Mehrweg-Verpackungen für Milch und Joghurt auf dem Markt anbieten, gelten die Anforderungen bezüglich Mehrweg und dem entsprechenden Verpackungsdesign als „erfüllt“. Infolgedessen ist auch kein „Refill“ System implementiert, weswegen eine Erfüllung der Anforderungen gilt. Beim Thema Abfallvermeidung sind zwar keine Informationen auf der Webseite verfügbar, allerdings gab es eine Kampagne bei Joghurt (Weihenstephan), wo Kunden für einen begrenzten Aktionszeitraum die Möglichkeit hatten, den Joghurt mit einem wiederverwendbaren Deckel zu erwerben. Diese Kampagne endete allerdings im Februar 2023, weshalb dieser Punkt damit nicht erfüllt ist. Außerdem wird der Deckel mit hoher Wahrscheinlichkeit nur im häuslichen Gebrauch wiederverwendet und erfüllt somit die Anforderung, dass die Mehrweg-Alternativen auch zurückgegeben werden, nicht. Hinzu kommt ein Quiz (Stand Mai 2023) auf den Milchkartons von Tetra Pak, was die ökologischen Aspekte und Recycling-

Möglichkeiten deren GVKs aufzeigen soll. Deshalb kann insgesamt der Punkt zu Aufklärungskampagnen oder ähnlichem ansatzweise erfüllt werden. Des Weiteren verzichtet die Molkerei Weihenstephan bei ihrem Joghurt (500 g) seit 2019 auf Einwegdeckel, was mit der Einsparung von rund 80 t Plastik per anno eine Bewerkstelligung der Eliminierung exzessiver Verpackungen bedeutet. Um den CO₂-Fußabdruck ihrer Verpackungen zu verringern, bemühen sie sich ebenfalls mit ihrem 3Ri-Konzept. Handfeste Ergebnisse gibt es allerdings bisher nur bezüglich einem Energiesparen im Prozess. Anforderungen an Biokunststoffe werden ebenfalls erfüllt, da keine verwendet werden. Zum Thema Schadstoffe gibt es keine Angaben. Bei der Entsorgung präsentiert u.a. die Weihenstephaner Milch einen „Entsorgungs-Guide“ der einzelnen Komponenten auf dem Milchkarton (nicht Bio-Milch!) und den Joghurts mit Banderole. Dies ist allerdings nicht auf direktbedruckten Bechern von Landliebe oder dem Joghurt mit der Ecke (Müller) zu beobachten, was in der Abbildung 16 im Anhang ersichtlich ist. Ein einheitliches Kennzeichnungssystem für Verpackung und Abfallbehälter gibt es noch nicht, weshalb es von der Industrie folglich nicht umgesetzt werden muss. Bei der Kennzeichnung kann nur ein bisher fehlender QR-Code und ein fehlendes unmissverständliches Akkreditierungssymbol zur stofflichen Verwertung beanstandet werden (Landliebe, 2023; Unternehmensgruppe Theo Müller, 2021).

Folglich liegt das Hauptaugenmerk deren Nachhaltigkeitsstrategie auf Materialeinsparung, bei der bisher auch Umsetzung stattgefunden hat. Damit deren Verpackungen bei Inkrafttreten der VO in den EU-Standorten als konform gelten, sind in jeder dafür erforderlichen Thematik noch Anforderungen zu erfüllen. Bisher wurde davon wenig berücksichtigt. Zudem sollten Themen wie Mehrweg und Abfallvermeidung auf weitere Tochterfirmen ausgebaut sowie ihre Ziele im R3i nicht nur angedacht sondern auch umgesetzt werden. Da Müller mehrere Tochterfirmen und Internationale Standorte hat, gibt es kein einheitliches Design der Verpackungen. Somit sind hinsichtlich der Etikettierung alle Möglichkeiten - direkt bedruckt, gesleeved, Papierbanderole - geboten. Dies könnte daran liegen, dass ihre Tochterunternehmen eigens wirtschaften und ihnen Optipak angehört. Vorteile eines eigenen Verpackungsherstellers könnte sein, ihre Ziele leichter umsetzen zu können aufgrund einer direkteren Absprache. Bisher ist beim Blick auf die Gesamtübersicht allerdings noch keine Auswirkung dieses Vorteils zu sehen. Dennoch kann die Struktur des Unternehmens einer nachhaltigen Gestaltung von Verpackungen auch im Weg stehen.

Upländer Bauernmolkerei

Die regionale Upländer Bauernmolkerei verarbeitet neben der Lieferung der Milch, diese auch in einer eigenen Molkerei zu regionalen Produkten und vermarktet sie in Eigenregie. Aus den Informationen auf der Webseite bezüglich ihrer Verpackungen lassen sich folgende Ergebnisse schließen: Ihre nachhaltigen Verpackungslösungen sollen sowohl die Anforderungen an

Lebensmittelverpackungen erfüllen als auch möglichst umweltschonend sein. Mit dem Bau der Abfüllanlagen für Mehrwegflaschen, der aus dem Ergebnis des Projektes der Fraunhofer UMSICHT (2021) folgte, ist eine häufige Wiederverwendung bei einer Rückgabe mit Deckel möglich und bei kurzen Transportwegen nachhaltig. Die Deckel sind PVC- und BPA- frei, das Etikett besteht aus Recyclingpapier und die Glasflasche ist braun gefärbt. Joghurt wird in transparenten Mehrwegglas verpackt. Damit werden alle Anforderungen der PPWR zum Thema Mehrweg erfüllt, wobei es keine Angabe zum Logistik- und Transport-Sektor gab. Auch die Anforderungen an das Verpackungsdesign zur Wiederverwendung konnte mit den Mehrweg-Optionen erfüllt werden. Zudem wird die Milch in GVKs - mit ungebleichten braunen Zellstoff auf der Innenseite der Firma Elopak (PurePak Classic) – abgefüllt. Die Weidemilch wird in einem naturbraunen Karton ohne Weißbeschichtung abgefüllt, die ressourcenschonender, leichter und geringer im CO₂- Ausstoß ist. Die Anforderungen an das Recycling kann damit erfüllt werden, da sich die Recyclingfähigkeit von GVKs üblicherweise auf 80-90 % beläuft. Dieser Wert schwankt zwar je nach Faseranteil, sollte aber nicht unter 70 % fallen. Zum Thema „recycling at scale“ gibt es keine Angabe. Bei anderen Milchprodukt-Verpackung und teilweise auch noch im Joghurt kommen K3-Becher - mit FSC-zertifiziertem Papier und Deckel aus Aluminium - zum Einsatz, der wie bereits erwähnt einen geringeren Kunststoffanteil besitzt. Dieser Becher führt in der Theorie zwar zu einer ausreichend hohen Qualität des Rezyklats (Thema Verpackungsdesign Kreislaufwirtschaft), allerdings hat PP/PS-Rezyklat bisher keine Anwendungszulassung im Lebensmittelkontakt (vgl. Kapitel 4.2.2. und 4.3.1.). Dies führt deshalb noch zu keiner gänzlichen Bewältigung dieser Herausforderung. Zudem ist nicht ersichtlich ob und wie viel Rezyklat-Anteil der Kunststoffbecher besitzt, was zu einer Nichterfüllung der Anforderungen bezüglich Rezyklat führt. Jedoch bietet die Verwendung von Altpapier als Etikett einen ersten Schritt den Rezyklat-Gehalt der Verpackung zu erhöhen, muss aber zukünftig noch auf die Polymer-Komponente ausweitert werden. Zum Thema Recycling stellt der Becher im Vergleich zum GVK aus dem bekannten Grund nur einen Ansatz dar. Infolgedessen kann die Gesamtbeurteilung aller Verpackungen zu diesem Thema als Ansatz bewertet werden. Auch das Verpackungsdesign zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen wird mit dem K3-Becher erfüllt, wobei zum Transport/Handel-Bereich auch hier keine Angaben gemacht wurden. All die bisher genannten Bemühungen tragen dazu bei, den CO₂-Fußabdruck der Verpackungen zu verringern. Sowohl zu den Joghurtbechern als auch zu den GVKs ist ein detaillierter Entsorgungs-Guide auf der Webseite abgebildet, um über die korrekte Entsorgung zu informieren. Dieser Guide ist allerdings nicht auf GVKs zu finden, weshalb die Anforderungen der PPWR diesbezüglich nicht gänzlich erfüllt ist. Zudem stellt dieser Guide auch eine ansatzweise¹⁶ Bewerkstelligung der Anforderung zur Informationskommunikation über die Abfallvermeidung sowie -Bewirtschaftung dar und erfüllt die Bereitstellung der Informationen über die

¹⁶ Da nicht alle erforderlichen Informationen des Artikel 49 dargelegt werden.

Webseite. Besonders erwähnenswert diesbezüglich ist eine ausführliche Erklärung der einzelnen Kennzeichnungskomponenten der GVKs. Als Beispiel zur Umsetzung der Abfallvermeidung kann die Molkerei mit der Einführung von Mehrwegalternativen punkten. Die Anforderung zum Thema der Entsorgung, das materialbasierte Kennzeichnungssystem im Zusammenhang mit den Abfallbehältern, kann auch hier noch nicht umgesetzt werden. Die Kennzeichnung der Verpackung weist selbe Ergebnisse auf, wie die Privatmolkerei Bechtel (vgl. Abbildung 18 im Anhang). Über Schadstoffe in der Verpackung gab es ein weiteres Mal keine Angaben. Biokunststoffe werden auch bei der regionalen Molkerei nicht eingesetzt und Nachfüll-Stationen nicht angeboten, was eine Erfüllung der Anforderungen bedeutet. Die ausgefüllte Checkliste ist im Anhang als Tabelle 21 ersichtlich (Upländer Bauernmolkerei, 2023).

Folglich kann die Upländer Bauernmolkerei schon nachhaltige Entwicklungen bezüglich Verpackungen aufweisen, wobei Hauptaugenmerk auf der Mehrweg und der Ressourcenschonung liegt. Die Mehrwegflasche fungiert durch ihre braune Färbung verglichen mit einer transparenten Option schützend gegenüber dem Produkt, indem ein UV/Lichtschutz einen optimalen Erhalt der Nährstoffe gewährleistet. Damit haben sie hauptsächlich Verbesserungen bei ihren Einwegverpackungen zu tätigen, wie den Rezyklat-Anteil zu erhöhen, um künftig als VO-konform zu gelten. Außerdem sollten weiterhin Fortschritte bei der Umsetzung der bisherigen getätigt werden. Zudem ist es relevant den Entsorgungs-Guide auch auf ihre Verpackungen anzubringen. Der K3-Becher-Einsatz ist auch hier diskussionswürdig.

Berglandmilch

Die Berglandmilch aus Österreich (Latella, Stalnzner Milch, Tirol Milch, Schärdinger) hat verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrategien sowohl auf ihrer Webseite als auch durch einen Nachhaltigkeitsbericht „Unser Ansporn der Gedanke an Morgen“ (2021) präsentiert. Daraus ergeben sich nach ausfüllen der Checkliste (siehe Tabelle 22 im Anhang) folgende Ergebnisse: Die Optimierungsbestrebungen dieser Molkerei in Bezug auf Verpackungen fokussieren sich auf drei Teilbereiche. Zum einen auf alternative Verpackungen zum anderen auf Materialstärkenreduktion und Recyclingfähigkeit. Zur Umsetzung alternativer Materialien wird seit 2020 die Milch wieder in Mehrweg-Glasflaschen abgefüllt. Diese werden in einem geschlossenen Mehrwegsystem gehalten und an zwei Standorten abgefüllt, damit die Transportwege in Österreich 200 km nicht überschreiten. Dies weist eine Verringerung des CO₂-Fußabdrucks ihrer Verpackungen nach. Gereinigt wird mit nur 120 ml Wasser und ohne ständige Erneuerung der Reinigungslauge durch ein Keramiksieb mit Feinheit im nano-Millimeter Bereich. Die Umlaufanzahl dieser Flasche beträgt dabei 15-mal. Anzumerken sei eine Rücklaufquote von über 90 %, was eine tatsächliche Wiederverwendung durch Rückgabe der Flaschen bestätigt. Damit können Anforderungen der PPWR an Mehrwegverpackungen erfüllt werden, wobei auch hier keine Angaben über den Transport-/Logistik-Sektor zur Verfügung standen. Hinzu

kommt die erfolgreiche Bewältigung der Herausforderungen zum Thema Verpackungsdesign Reuse, wo ebenfalls keine Angaben zu Online-Handel und Transportverpackungen gemacht werden. An der Umstellung, Joghurt ganz im Mehrwegglas abzufüllen, wird laut dem Bericht gearbeitet. Einsatz findet der Mehrwegbehälter bereits bei Joghurt von Schäringer (vgl. Abbildung 20 im Anhang). Bisher werden bei Berglandmilch ebenfalls überwiegend Kartonmantelbecher (PP) eingesetzt, der bei ordentlicher Trennung der einzelnen Komponenten recycelt werden kann und mit dem pro Jahr 66 t Kunststoff eingespart werden. Damit werden die Punkte bezüglich des Verpackungsdesigns zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen abgedeckt. An jenen Punkten wo es nicht möglich ist Kunststoff einzusparen, haben sie sich das Ziel gesetzt bei PET-Verpackungen den Rezyklat-Gehalt zu erhöhen. Mittlerweile enthalten 89 % der PET-Verpackungen einen Rezyklat-Anteil wie beispielweise die Trinkjoghurts (Schäringer Trinkräume) oder Müsli-Stülpedeckel der Joghurts (Schäringer Knuspertraum), die mehr als 50 % rPET aufweisen können. Damit hat Berglandmilch 304 t Kunststoff wiederverwertet. Diese Ziele und die Mehrwegalternativen stellen einen Ansatz für die Herausforderung des Verpackungsdesigns einer Kreislaufwirtschaft durch eine hohe Qualität des Rezyklats dar. Außerdem werden damit die Herausforderungen in Bezug auf Rezyklat für PET bewerkstelligt. Bezüglich des Hauptziels der VO, dass 2030 alle Verpackungen recyclebar sein sollen, stellt Berglandmilch mit dem K3-Joghurtbecher, der in Österreich als recyclebar gilt (Leistungsstufe A), den Mehrwegalternativen, GVKs (Elopak PurePak Classic) und PET-Verpackungen eine Erfüllung dieser Anforderung dar. Zwar variieren GVKs in ihrer Rezyklierbarkeit (80-90 %), können allerdings in der Theorie die Anforderung dafür erfüllen. Zu „recycling at scale“ kann keine Aussage getroffen werden. Zudem wird der GVK mit „Tethered Caps“ versehen, der laut Berglandmilch ressourcen- und klimaschonend sowie vollständig recycelbar ist. Dies geht der Anforderung einer vorherigen VO nach, dass ab 2024 Deckel fest mit Einweg-Verpackungen verbunden sein müssen, um Littering zu vermeiden. Informationen über Abfallvermeidung durch Kampagnen (u.a.) sind auf der Webseite nicht präsentiert sowie keine Aufklärung über Abfallvermeidung und-Bewirtschaftung, was diese Anforderung nicht erfüllt. Dennoch gehen sie mit dem Mehrwegglas aktiv gegen Verpackungs-Abfall vor, womit die Anforderung diesbezüglich als erfüllt gilt. Auch die Anforderungen an Biopolymere und Refill werden erfüllt, da sie keine Anwendung finden. Bezüglich Schadstoffe in den Verpackungen hat Berglandmilch ebenso keine Angaben gemacht. Ergebnisse in Bezug auf Kennzeichnung gleichen jenen der Upländer Bauernmolkerei. Zum Thema Entsorgung, konnte eine Kennzeichnung bezüglich der Verpackungsentsorgung nachgewiesen werden, das einheitliche Label zur Materialzusammensetzung in Verbindung mit den Abfallbehältern existiert allerdings noch nicht. Nachwiesen wurde dies in Abbildung 20 im Anhang (Berglandmilch, 2021, 2023).

Berglandmilch gab zudem Rückmeldung zum Fragebogen (F1-10). Der ergab, dass sie sich bereits mit der PPWR beschäftigt haben (F2). Die Frage nach den wichtigsten

Herausforderungen der PPWR für die Milchindustrie, auch speziell für das Unternehmen, beantworten sie damit, dass „[...] schon viele Punkte umgesetzt [wurden] und sehen teilweise wenig Potential zu weiteren Reduktionen, ohne die Produktqualität zu verschlechtern“ (F3). Der größte Handlungsbedarf besteht laut ihnen beim Einsatz von Mehrwegalternativen (F4). Die Frage nach ihren Mehrweglösungen bestätigt die Beobachtungen aus der Analyse, dass „eine Mehrweg-Glasflasche für Milch und teilweise Mehrwegglas für Joghurt“ eingesetzt wird (F5). Um den Kunststoffanteil (F6) wird, wie ebenfalls aus der Analyse bekannt, der ein Kartonmantelbecher eingesetzt. Als Gründe, warum die Verpackung im Gewicht nicht weiter reduziert werden kann (F7), werden die Qualität, Haltbarkeit und Stabilität der Verpackung beim Transport genannt. Gegenüber einem digitalen Produktpass mittels eines QR-Codes (F8) ist Bergland nicht positiv gestimmt, aufgrund eines administrativen Mehraufwands. Zur Frage über das Engagement des Unternehmens bezüglich der Aufklärung über die Vermeidung und das Management von Verpackungsabfall (F9) äußert sich das Unternehmen mit einer engen Zusammenarbeit mit Verpackungsherstellern, Behörden, diversen Organisationen und Universitäten/Fachhochschulen. Zur Reduzierung oder Wiederverwendung von Transport-/Sammelverpackungen (F10) arbeiten sie mit Herstellern von VPM (Verpackungsmaterialien) an wiederverwendbaren Kartons und setzen Mehrwegkisten für Glasprodukte sowie Karton/Pappe-Verpackungen für die klassischen Molkereiprodukte ein.

Da die Strategie bereits Rezyklat, Mehrweg und Kunststoffeinsparung fokussiert, sind die erforderlichen Veränderungen der Verpackungen, um als VO-konform gelten zu können, umsetzbar. Die K3-Verpackung, die in Österreich in Hinblick auf die Recyclingfähigkeit mit der Leistungsstufe A ausgezeichnet ist, in Deutschland jedoch als „nicht recyclefähig“ gilt, ist kritisch zu betrachten. Allerdings zielen ihre Bemühungen darauf ab den Joghurt zukünftig vollständig auf Mehrweg umzustellen, was diesem Problem entgegenwirken könnte. Bei den Rezyklat-Anteilen sollte sich weiterhin zum einen nicht nur auf PET fokussiert werden und zum anderen ein Fokus auf den direkten Einsatz im Joghurtbecher gelegt werden. An dieser Stelle sind jedoch weitere Entwicklungen bezüglich der Zulassung von rPP im Lebensmittelkontakt abzuwarten. Deshalb konnten die Anforderung nach dem aktuellen national-rechtlichen sowie technischen Stand trotzdem als „erfüllt“ bewertet werden. Ebenfalls anzumerken sei die Veröffentlichung der Rücklaufquoten der Mehrweg-Flaschen, womit die nachhaltige Rentabilität dieses Systems besser abzuschätzen ist. Von großer Bedeutung ist in diesem Unternehmen die Verbesserung der Informationsbereitstellung bzw. Aufklärungskampagnen in Bezug auf die Abfallvermeidung und das -Management. Anzumerken bezüglich der Ergebnisse des Fragebogens sei, dass sie gegenüber dem digitalen Produktpass negativ gestimmt sind aufgrund des administrativen Mehraufwands. Dieser soll laut der EU-Kommission jedoch genau diesen Aufwand verringern, was zu einem Widerspruch führt. Weiterhin sollen mit der PPWR die Leistungskriterien trotz einer Reduzierung zwingend eingehalten werden, was die Antwort auf

F2 widerlegen würde. Hinzu kommt die Angabe aus F10, die zwar Engagement bezüglich Mehrweg im Sammel-/Transportsektor ihrer Mehrweglösungen nachweisen, dieser aber zukünftig auch auf die Einweg-Produkte ausgeweitet werden sollte.

Erlebnis Sennerei Zillertal

Tirols größte Sennerei in Privatbesitz hat eine Nachhaltigkeitsbroschüre bezüglich Verpackungen der Heumilchprodukte veröffentlicht: „Bewährte Qualität Nachhaltig verpackt“. Daraus ergeben sich bei der Analyse die folgenden Ergebnisse: Bei ihren Verpackungen setzen sie im technisch möglichen Rahmen auf nachwachsende Rohstoffe und leichtere Verpackungen durch recycelte sowie gewichtsreduzierte Materialien. Dies soll den ökologischen Fußabdruck verringern, womit die Anforderung der PPWR diesbezüglich erfüllt wird. Im Zuge dessen schreiben sie sich über 10 t weniger Verpackungsmüll und mindestens 5,5 t weniger Kunststoff per anno zu. Zudem wird mit einer 100 % klimaneutralen Milchverpackung in der Herstellung mit Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft und FSC-zertifizierten Papieretiketten geworben. Hinzu kommt ein 75-80 % Kartonanteil der Milchverpackung mit sehr dünner Barriere im Inneren des Kartons - laut der Sennerei „dünner als ein Menschenhaar“. Mit der kartonbraunen Packung (26,94 g), die in der CO₂- Bilanz mehrheitlich besser abschneidet als Glas soll der ökologische Fußabdruck weiter reduziert werden. Folglich ist bei Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen ausschließlich Holz gemeint. Anzumerken ist außerdem, dass aus der Verpackung und Verarbeitung im Zillertal kurze Transportwege folgen, die dem CO₂-Fußabdruck ebenfalls zugutekommen. Auch im Zillertal wird der Joghurt im recyclefähigen K3-Becher verpackt, damit 27 % weniger Kunststoff Anwendung finden. Des Weiteren ist dieser Becher mit einer Platine ausgestattet, die 17 % weniger Aluminium aufweist, was das Gewicht und infolgedessen der Transportaufwand und CO₂-Ausstoß weiter reduziert. Außerdem besteht die Banderole aus einem ungebleichten Karton aus nachhaltiger Forstwirtschaft. Dieser Becher entspricht somit den Anforderungen an das Verpackungsdesign zur Minimierung (übermäßiger) Verpackungen und ansatzweise¹⁷ der Reduzierung von Einweg-Kunststoff, wobei auch hier keine Angaben zum Transport/Handels-Bereich gemacht wurden. Zum Verpackungsdesign der Kreislaufwirtschaft wird kein Ansatz präsentiert. Jenes Design bezüglich Mehrweg sowie Anforderungen an Mehrwegverpackungen, Refill-Stationen und Biopolymere gelten als abgedeckt, da keine solche Alternative angeboten wird. Jedoch kann auch hier über den Logistik-/Transport-Sektor aufgrund fehlender Informationen keine Aussage getroffen werden. Die Verpackungen (GVK, K3) der Sennerei gelten als recyclebar in Österreich, selbst wenn die Recyclingfähigkeit des GVKs schwankt und der K3-Becher Konsumenten-Aktionen erfordert. Auch hier gibt es zu „recycling at scale“ keine Angaben. Sie werben außerdem mit recycelten Materialien, allerdings sind davon nur die Käseetiketten betroffen. Damit wird zwar ein

¹⁷ Da kein weiterer Austausch, wie beispielsweise durch Mehrwegnutzung, stattfindet.

Ansatz für die Anforderung des Themenbereichs Rezyklat dargelegt, dieser gilt jedoch bisher nicht für Joghurt- und Milchverpackungen, um der Anforderung entsprechen zu können. Bezüglich der Abfallvermeidung/-Bewirtschaftung werden Informationen oder Aufklärungsprogramme beispielsweise auf der Webseite im Artikel „So entsorgst du richtig“ veröffentlicht, womit die Anforderungen diesbezüglich erfüllt werden können. Der Umfang der Informationen ist allerdings noch nicht vollständig nach Artikel 49. Durch Angabe der gesparten Abfälle durch umgesetzte Maßnahmen werden auch Information zu ihrer eigenen Vermeidung von Verpackungsabfällen präsentiert. Außerdem ist der Milch-Verschluss mit der Verpackung verbunden, um Littering zu vermeiden, was damit ein Beispiel für die Umsetzung der Abfallvermeidung (Re-Design) darstellt. Über Schadstoffe in Verpackungen gab es keine Angabe. Die Ergebnisse über die Kennzeichnung gleichen jenen der Berglandmilch. Auf den Verpackungen wurde hingewiesen, wie diese zu entsorgen sind und verfügen bereits über eine materialspezifische Kennzeichnung, weshalb die Anforderung an die Entsorgung erfüllt sind, bis auf die Verbindung mit den Abfalleimern. Dies ist aus Abbildung 24 im Anhang zu erschließen. Biopolymere und Nachfüll-Stationen werden auch hier nicht angeboten, weshalb die Anforderungen diesbezüglich erfüllt werden. Die ausgefüllte Checkliste ist im Anhang als Tabelle 23 ersichtlich (Erlebnissenerei Zillertal, 2023a, 2023b).

Abschließend kann gesagt werden, dass hauptsächlich Verbesserungen bezüglich des Rezyklat-Gehalts ihrer Joghurt-Becher getätigt werden müssen, da eine solche Umsetzung bisher nur bei Käseverpackungen stattgefunden hat. Dann könnten die Verpackungen auch in Zukunft als VO-konform gelten. Fokus ihrer Nachhaltigkeitsstrategie liegt demnach auf NWAROS und einer Ressourcenschonung. Dem Thema Mehrweg oder Refill wird hier nicht nachgegangen. Dies wäre jedoch aufgrund der Unternehmens-Größe und -Struktur, dem Transportweg der Milch im Zillertal von maximal 40 km und dem präsentierten Image höchstwahrscheinlich umsetzbar. Weiterhin wird mit klimaneutralen GVKs geworben, dessen Formulierung allerdings fast unter „Verbrauchertäuschung“ fällt. Grund dafür ist, dass keine Verpackung klimaneutral hergestellt werden kann und diese Betitelung nur durch ein Ausgleichen anhand Investitionen in klimapositive Projekte zu Stande kommt. Dennoch ist dieser GVK zusätzlich durch die dünne Barriere-Schicht vielversprechend in Bezug auf ein leichteres Recycling. Die Diskussion über die Verwendung von K3-Bechern gleicht jener von Berglandmilch.

Emmi Group

Die Emmi-Group, ein großes Unternehmen aus der Schweiz mit zahlreichen Internationalen Standorten, veröffentlichte einen Nachhaltigkeitsbericht „Die besten Milchmomente“ (2021), der zu folgenden Ergebnissen führte. Im Zuge einer allgemeinen Nachhaltigkeitsstrategie hat Emmi einen Baum mit drei Kernbereichen abgebildet, die dem Säulenmodell der Nachhaltigkeit ähneln (siehe Kapitel 3.2.). Ein Ast wird als „für die Umwelt sorgen“ benannt und beinhaltet

bis 2050 „netZERO“ zu erreichen sowie die Kreislaufwirtschaft (länderübergreifend) voranzutreiben. Eines Ihrer Fokusthemen ist es demzufolge Verschwendungen sowohl im Verpackungs- als auch Lebensmittelbereich zu vermeiden. Ihre Forderung zu einer dauerhaften Vermeidung von Abfällen ist das Schaffen einer Kreislaufwirtschaft, wobei der größtmögliche Anteil an Verpackungen einfach und kostengünstig verwertbar sein sollte. Außerdem soll eine Verpackung so konzipiert sein, dass ein Wiedereinsatz im Lebensmittelkontakt sowie ein Verbleiben in der Wertschöpfungskette möglich ist, was den Worten der PPWR entspricht. Dafür bedarf es auch die dafür verwendbaren Materialien, wohingegen biologisch abbaubare Polymere nicht im Fokus stehen und damit die Anforderungen bei dessen Verwendung erfüllt werden. Weiters soll der Materialeinsatz bei gleichbleibender Funktionalität (hauptsächlich Produktschutz) reduziert und Kunststoff ersetzt werden, was dem Verpackungsdesign zur Minimierung übermäßiger Verpackungen nachgeht. Umgesetzt wurde das im Verzicht auf übermäßige Umverpackungen und Stülpedeckel für Joghurt. Im Jahr 2020 galt es die Lebensmittel- und Verpackungsmaterial-Verschwendung im Vergleich zu 2017 um 20 % zu reduzieren. Der global von Emmi verursachte Abfall konnte allerdings bis Ende 2020 nur um 10 % gesenkt werden. Dieses Verfehlen der Zielvorgabe führen sie auf eine einzige Quelle zurück – die tunesische Centrale Laitière de Mahdia durch ihre Schlamm-Entsorgung auf Deponien. Das neue Ziel für 2027 ist nun 100 % rezyklierbare und/oder wiederverwendbare Verpackungen anzubieten und 50 % weniger Abfall und Lebensmittelverschwendung im Vergleich zum Basisjahr 2017 zu erreichen. Außerdem soll keine Abfallentsorgung mehr auf Deponien stattfinden und der Rezyklat-Anteil aller genutzten Materialien soll mindestens 30 % betragen. Dies entspricht einem erwähnenswerten Ansatz zu den Herausforderungen der Themen Recycling (nicht „recycling at scale“) und Rezyklat der PPWR, jedoch noch keiner detaillierter Umsetzung zum Thema Verpackungsdesign Reuse. Dafür wurde ein eigenes Team geschaffen, um Bemühungen für nachhaltige Verpackungen weiter voranzutreiben und umzusetzen. In den einzelnen Divisionen wurden bisher unterschiedliche Innovationen erreicht. So konnte in der Schweiz bei vielen Produkten Verpackungsmaterial eingespart werden. Beispielweise konnte das Gewicht von Aktifit- und Benecol-Flaschen (Mini-Joghurtdrinks) um 10 % reduziert sowie die Trays und Kartonagen optimiert werden. Zudem wird sich dort auf Monomaterialien fokussiert, damit die Recyclingfähigkeit verbessert werden kann. Bezüglich einer Abfallvermeidung wurde eine interne Initiative lanciert, Verpackungsabfälle in den Kreislauf zurückzuführen (z.B. Aluplatinen). In der Division Europa verzichtet die Gläserne Molkerei in Deutschland bei Joghurt und Buttermilch auf die zusätzlichen Stülpedeckel, womit 30 t Kunststoff eingespart werden können. Dem folgt ein Angebot eines Mehrweg-Deckels, der die Anforderungen an eine Verpackung solcher Art erfüllt, allerdings kein System zur Rücknahme erwähnt wird. Hinzu kommt die Umstellung der Verpackungen von Emmi Dessert Italia. So wird statt PS nun PP oder PET eingesetzt, wobei mehr als 18 % (ca. 40 t) rPET verwendet werden. Der Einsatz von rPET

entspricht einem Ansatz zum Thema Rezyklat, insbesondere einer Erfüllung der Erhöhung des Rezyklat-Anteils, sowie dem Verpackungsdesign Kreislaufwirtschaft, da diese Bemühung auf nur ein Land beschränkt ist. In Amerika gibt es einen Ansatz zur Verbesserung des E-Commerce, allerdings nur für Käse Verpackungen (Cowgirl Creamery). Neue Versandverpackungen verbesserten dort die Recyclingfähigkeit der Materialien. Zudem reduzierte sich die Abfallmenge um circa 2.5 t. Seit 2020 wird beim Versand kein Styropor und keine Luftpolsterfolien mehr verwendet. Zusätzlich konnte die isolierende Umverpackung für verderbliche Ware optimiert werden. Bei Kaiku in Spanien konnten die verwendeten Verpackungsmaterialien teilweise verringert oder ersetzt werden. Beispielsweise fiel die Verwendung eines Karton als Umverpackung bei mehreren laktosefreien Kaiku-Produkten sowie eines beigegefügt Löffels weg. Bei Kaiku Gurea (Milch) wurde die Kunststoffverpackung durch einen Karton ersetzt. Zudem konnte bei verschiedenen Kartonverpackungen das Gewicht reduziert werden. Damit kann in den Divisionen der CO₂-Fußabdruck der Verpackung und der Einsatz von Einweg verringert werden. Abfallmanagement wird in den Produktionsbetrieben über das Umweltmanagement gesteuert, indem Abfallkennzahlen systematisch in einer gruppenweiten Plattform gesammelt werden. So wurden zum Beispiel 2020 5,4 t Abfall wiederverwertet. In der Schweiz wird für die Abfallvermeidung ein ISO 14001 zertifiziertes Abfallmanagement und- Monitoring eingesetzt, in vielen ausländischen Standorten fehlen diesbezüglich aber oft Daten und Steuerungsmechanismen. Nicht recyclebarer Abfall wird in der Schweiz energetisch verwertet. Der Einsatz von kreislauffähigen erneuerbaren Materialein soll dabei immer mehr Anwendung finden. Diese Materialien werden auf ihre Recyclingfähigkeit mit Cyclos-HTP oder Recyclclass geprüft (vgl. Kapitel 4.3.2) und ihre CO₂-Emissionen berechnet. Damit zukünftig auch lokale Projekte umgesetzt werden können, hat Emmi als Leitfaden für ihre Tochterunternehmen ein Informationsblatt mit deren Verpackungsstrategie erstellt. Zudem sind sie Mitglied im Verein PRISMA, der ein zukunftsfähiges Recyclingsystem für sämtliche Materialien anstrebt und engagiert sich bei der Drehscheibe Kreislaufwirtschaft sowie bei „Realcycle“. Daraus folgt eine deutliche Fokussierung auf die Schweiz, wohingegen in internationalen Werken die Reduktionen Projektbezogen umgesetzt werden sollen. All diese Bemühungen erfüllen die Anforderungen der PPWR bezüglich der Informationsbereitstellung zur Abfallvermeidung ansatzweise, da nicht alle erforderlichen Informationen nach Artikel 49 dem Verbraucher bereitgestellt werden. Die anderen beiden Anforderungen an die Abfallvermeidung gelten durch ihre Bemühungen hingegen als erfüllt. Bezüglich Reuse wird bis auf den Mehrwegdeckel, der eher im häuslichen Gebrauch wiederverwendet statt zurückgegeben wird, keine Alternative angeboten, weswegen die Anforderungen diesbezüglich entweder als erfüllt gelten oder keine Angaben gemacht wurden. Letzteres gilt insbesondere im Transport/Logistik-Sektor. Auch Refill-Stationen und Biopolymere finden keine Anwendung, was zu einer Erfüllung der Anforderungen diesbezüglich führt. Hinzu kommt, dass die Emmi-Group, wie die anderen bisher analysierten

Unternehmen, keine Angaben bezüglich der Schadstoffe in ihren Verpackungen preisgibt. Die Kennzeichnungs-Beobachtungen gleichen jenen Ergebnissen der Berglandmilch. Zum Thema Entsorgung werden die Verpackungen mit Entsorgungs-Informationen gekennzeichnet, die einheitliche Etikettierung bezüglich Materialzusammensetzung mit Verbindung der Abfallbehälter gibt es jedoch noch nicht für Milch oder Joghurt. Für den CAFFÉ LATTE konnte auf der Webseite dennoch eine Materialbeschreibung und eine Kennzeichnung als „Kunststoff“ (Siehe Abbildung 25 im Anhang) beobachtet werden, was zu einer ersten Bemühung einer diesbezüglichen Kennzeichnung führt. Die Ergebnisse sind aus Tabelle 24 im Anhang erschlossen (Emmi, 2023; *Nachhaltigkeitsbericht 2019/2020 - Die besten Milchmomente*, 2021).

Aufgrund ihrer internationalen Tätigkeiten hat die Emmi-Group größere Hürden bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeit zu überwinden als nationale Unternehmen. Zudem sind sie den Anforderungen der PPWR nicht zwingend überall unterlegen. Aus der Beschreibung des rechtlichen Rahmens in der Schweiz (Kapitel 4.3.2) ergibt sich allerdings dort der Wille sich daran zu orientieren. Bisher konnten davon schon Punkte erfüllt oder Ansätze gemacht werden. Hinzu kommt, dass sie auch Standorte innerhalb der EU haben, wie die Gläserne Molkerei, für die jene Anforderungen gelten. Fokus sollte hier auf konkrete Umsetzungen bezüglich Kreislaufwirtschaft und Mehrweg liegen. Allerdings würden laut ihrer Aussage zur Einführung von Mehrwegsystemen Rücknahme- und Reinigungssysteme fehlen. Außerdem ist Emmi der Meinung es gäbe noch kein Material oder System, das sich in allen Hinsichten als ideal erwiesen hätte und von Konsumenten akzeptiert werden würde. Zudem werden große länderspezifische Unterschiede bezüglich Materialeinsatz, Kennzeichnung und Sortier- und Wiederverwertungsmöglichkeiten beobachtet, was eine globale Ziel-Umsetzung erschwert.

ALDI SÜD

Die Unternehmensgruppe ALDI SÜD, zu der auch ALDI SUISSE und HOFER gehören, veröffentlicht Informationen zu ihren Eigenmarken-Verpackungen in Bezug auf Nachhaltigkeit, sowohl mit einem Fortschrittsbericht (2022), als auch mit einer Broschüre „Heute für Morgen“ (2022) sowie auf ihrer Webseite. Zum Thema Nachhaltigkeit ist ALDI SÜD in verschiedenen Handlungsfeldern tätig. Dabei fallen die Verpackungen unter das Fokusthema „Schutz von Klima und Umwelt“ und wird seit 2018 als „Die ALDI-Verpackungsmission“ bezeichnet. Das Hauptaugenmerk der Mission gilt dem Vermeiden, Wiederverwenden und Recyceln zusammen mit ALDI NORD. Bisher konnten gemeinsam 149.000 t Verpackungsmaterial – davon 51.000 t Kunststoff - eingespart werden, was der Anforderung der PPWR diesbezüglich entspricht. Aktuell bestreben sie mitunter den Ausbau der Kreislaufwirtschaft in Deutschland, wofür sie den Einsatz von Rezyklat erhöhen wollen. Dazu sollen bis 2025 alle Kunststoffverpackungen aus durchschnittlich mindestens 30 % recycelten Materialien bestehen. Da der Anteil bisher 18 % beträgt, gilt die Anforderung den Rezyklat-Anteil zu erhöhen zwar als erfüllt, allerdings konnte der Mindestanteil an PCPW noch nicht erreicht werden. Deshalb gilt dies bisher

nur als Ansatz für diese Herausforderung. Weiterhin sollte bis Ende 2022 100 % ihrer Verpackungen recyclingfähig sein. Dies gelang ihnen bisher nicht. Aktuell sind nur 66 % wiederverwendbar, recycelbar oder kompostierbar, was dennoch als Ansatz zum Thema Recycling zählt. Hinzu kommt das Ziel einer Verpackungsgewichtsreduzierung um 30 % bis 2025 (vgl. zu 2015). Diese Bemühung bewerkstelligt die Anforderungen bezüglich eines Verpackungsdesigns zur Minimierung übermäßiger Verpackungen, geben aber keine Informationen diesbezüglich im Transport-/Handelssektor an. Der Status dieser Bemühungen ist laut dem Stand Mai 2022 weiter „in Bearbeitung“, wohingegen der Einsatz von Rezyklat bisher nur „gestartet“ hat. Außerdem wurde 2021 die Mission veröffentlicht, den Einsatz von Virgin-Kunststoff bis 2025 in den Eigenmarken um 40 % zu reduzieren (vgl. 2020). Umgesetzt wurde dieses Ziel im Milchprodukt-Sektor durch den Verzicht auf zusätzliche Deckel bei ausgewählten Produkten. Zudem bietet Hofer, wie bereits im Kapitel 4.4. „Anforderungen des LEH“ erwähnt, die „Zurück zum Ursprung“ BIO-Heumilch in Österreich in der Mehrweg-Glasflasche an, die bis zu 15-mal wiederverwendet werden kann. Damit gelten die Anforderungen an die Themen Verpackungsdesign Reuse sowie Mehrweg als erfüllt, mit Ausnahme von fehlenden Informationen im Transport-/Logistik-Bereich und einem fehlenden Pfandsystem in manchem Hofer Filialen. Infolgedessen kann dies nur als Ansatz der diesbezüglichen Herausforderung angesehen werden. Außerdem stellt es ein erfolgreiches Beispiel zur Umsetzung der Abfallvermeidung dar. Auch der CO₂-Fußabdruck kann mit ALDIs Bemühungen und Zielen verringert werden. Zum Thema Entsorgung ist jedes Produkt mit den ALDI-Trennhinweisen „Tipps für die Tonne“ versehen, was der Anforderung, den Konsumenten über die richtige Trennung von Wertstoffen zu informieren, entspricht. Da dabei nicht die explizit verwendeten Kunststoffe genannt wurden aber einheitliche Symbole (siehe Abbildung 14 und im Anhang Abbildung 22) angebracht sind, ist die materialspezifische Kennzeichnung in Verbindung mit der Abfalltonne bisher nur ansatzweise erfüllt. Eine Leitlinie zur richtigen Abfallsortierung in Bezug auf die verschiedenen Tonnen ist außerdem als PDF verfügbar. Das Thema Kennzeichnung gleicht jenen Ergebnissen der Emmi-Group. Außer dass hier zusätzlich eine optimierte Verpackung mit dem ALDI-Verpackungsmissions-Logo gekennzeichnet wird. Dem Thema Abfallvermeidung wird bei ALDI SÜD ebenfalls Beachtung geschenkt, indem sie auch außerhalb der Verpackungsmission für einen nachhaltigen Umgang mit Abfällen aktiv sind. So werden die dort anfallenden Abfälle als wichtige Rohstoffe aufgrund begrenzter Ressourcen gesehen und sollen deshalb bis 2030 zu 90 % nachhaltigeren Verwertungszwecken, wie beispielsweise dem Recycling, zugeführt werden. Außerdem sind sie Teil vieler Projekte, wie HolyGrail 2.0 oder dem „Fight against plastic“ Projekt auf den Philippinen. Dies bewerkstelligt die Herausforderung bezüglich der Informationsbereitstellung (ansatzweise) oder Aufklärungskampagnen zu Abfallvermeidung und -Management.

Bezüglich der Molkereiproduktverpackungen konnte beobachtet werden, dass Milch, neben der Mehrwegoption in Österreich, u.a. in PET-Flaschen, in Deutschland in den GVK PurePak Sense von Elopak (inklusive verbundenen Verschluss) und in der Schweiz im Tetra Pak abgefüllt wird. Der Joghurt hingegen wird zum Beispiel bei „gut bio“ in einem Komponentenbecher, „Milsani“ in einem direkt bedruckten Kunststoffbecher und „Milfina“ 1 kg in PP-Eimer verpackt. Dies bestätigt, dass bisher noch nicht alle Verpackungen bei ALDI Süd recyclefähig sind. Allerdings konnte 2021 das Ziel, bei Primärverpackungen und holzbasierte Produkte auf zertifiziertes Holz oder Recyclingmaterial (FSC/PEFC/Blauer Engel) umzustellen, erreicht werden. Der Einsatz von NWAROS oder Biopolymere, wie Zuckerrohr- oder Grasfasern wird bisher noch geprüft. Allerdings sind keine Information zu den erwähnten „kompostierbaren“ Verpackungen verfügbar, weshalb über Biopolymere keine Aussage getroffen werden kann. Des Weiteren sind keine Refill-Stationen implementiert, was zur Erfüllung diesbezüglicher Anforderung im Falle einer Verwendung führt. Informationen über Schadstoffe gibt ALDI SÜD ebenfalls nicht heraus. Die Checkliste und Abbildungen, auf welche die beschriebenen Ergebnisse basieren, ist im Anhang als Tabelle 25 und Abbildung 22 dargestellt (ALDI SÜD, 2022, 2023a, 2023b; *Fortschritt zur Nachhaltigkeit 2022*, 2022; HOFER, 2023).



Abbildung 14 Symbole für Trennhinweise der ALDI Süd Eigenmarkenverpackungen (ALDI SÜD, 2023a)

Durch die veröffentlichte internationale Rezyklierbarkeit-Leitlinie wird deutlich, dass ALDI den Fokus ihrer Nachhaltigkeitsstrategie auf die Kreislaufwirtschaft und das D4R legt, an jene auch ihre Ziele angelehnt sind. Hinzuzufügen sei, dass die Ziele und Standards von ALDI nicht ausschließlich auf Molkereiprodukt - Joghurt und Milch - beziehen, sondern auf ihr gesamtes Eigenmarken-Sortiment. Außerdem gelten die Strategie und Leitlinie auch für die Standorte außerhalb der EU, wie die Schweiz, was ein gelungenes Beispiel einer globalen Strategie, die nicht auf einzelne Standorte beschränkt ist, darstellt. Zudem hat ALDI die wichtigsten Ziele der PPWR -Recyclingfähigkeit und Rezyklat- schon vor Augen, selbst wenn diese noch nicht vollständig umgesetzt wurden. Dies ist positiv zu bewerten. Kritik kann hier am mangelnden Pfandsystem in manchen Hofer-Filialen geübt werden. Dieses gilt es zukünftig auszubauen. Besonders im Gedächtnis bleibt hier die ausführliche Leitlinie und einheitlichen Symbole zur Abfalltrennung, die ein Schritt in die richtige Richtung sind und damit viel Aufklärungsarbeit gegenüber dem Konsumenten leisten. Dennoch könnte das „ALDI-Verpackungsmissions-Logo“ für Irreführung sorgen, da keine Angaben gemacht werden, was genau verbessert wurde. Damit könnte dem Endverbraucher das Bild einer nachhaltigen Verpackung verkauft werden, was dem Thema „Greenwashing“ genüge tun würde. Weiterhin wurden bei den

eingesetzten Verpackungen auch die „kompostierbaren“ Verpackungen angesprochen, deren Einsatzort durch den vorliegenden Bericht nicht nachvollziehbar ist. Insgesamt hat ALDI die richtigen Ziele und Ansätze, die es für eine VO-Konformität noch umzusetzen gilt.

Auswertung Checkliste: Gesamt-Übersicht

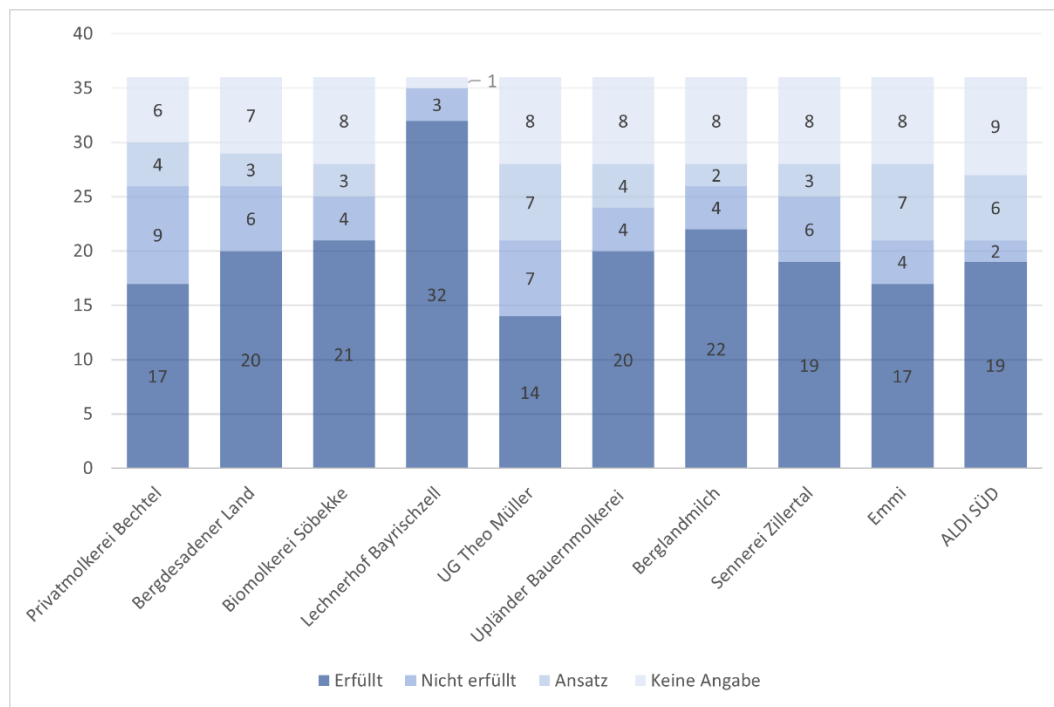


Abbildung 15 Gesamtübersicht der Verteilung innerhalb der Checkliste der untersuchten Unternehmen (eigene Darstellung).

In der Gesamtübersicht ist die Verteilung der 36 herausgearbeiteten Anforderung der PPWR dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Unternehmensgruppe Theo Müller mit 14 Punkten am wenigsten erfüllen konnte, der Lechnerhof Bayrischzell mit 32 am meisten. Ebenfalls konnte Berglandmilch bisher einige Punkte erfüllen (22). Bezüglich der Ansätze liegt die Unternehmensgruppe Theo Müller und Emmi (7), gefolgt von ALDI SÜD (6), vorne. Die meisten Anforderungen, die bisher gar nicht berücksichtigt wurden, wiesen die Privatmolkerei Bechtel (9) und ein weiteres Mal die Unternehmensgruppe Theo Müller (7) auf.

6. Diskussion

Bei der Analyse wird deutlich, dass sich viele Unternehmen auf ähnliche Punkte fixieren. Da die meisten Nachhaltigkeitsberichte von 2019-2021 sind, ist die PPWR bisher nicht direkt erwähnt. Dennoch haben einige das Ziel, die Verpackungen recyclingfähiger zu gestalten. Dazu wird oft auf Monomaterialien gesetzt. Manche Unternehmen haben sich die größte Herausforderung der PPWR - bis 2030 100 % recyclefähige Verpackungen – bereits in ihren verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien als Ziel gesetzt. Dazu gehören ALDI SÜD und Emmi. Berglandmilch, die Erlebnissenerei Zillertal und der Lechnerhof Bayrischzell konnten

diese Anforderung unter den momentanen länderspezifischen Einstufungen bereits erfüllen. Nur selten wurden Informationen über die Anwendung von Mehrweg im Transportsektor von den Unternehmen präsentiert. Allgemein wurde in den Strategien dem Thema Reuse nicht immer Beachtung geschenkt und das Thema Refill – Ausnahme im Lechnerhof – nie in Erwägung gezogen. Aus der Darstellung der Gesamtübersicht (Abbildung 15) sollten keine falschen Schlüsse gezogen werden. Diese dient ausschließlich zur Erkennung einer Tendenz, da Anforderungen wie u.a. an Nachfüllstationen, Mehrweg oder Biopolymeren auch als „erfüllt“ galten, wenn sie keine Anwendung fanden. Am Beispiel der Biopolymere lässt sich das wie folgt erklären: Wenn kein solches Polymer in der Herstellung genutzt wird, sind die Abbaubedingungen erfüllt. Diese Tabelle darf damit nicht als einziges Mittel zum direkten Vergleich der Molkereien herangezogen werden, da beispielsweise die Sennerei zwar die meisten Anforderungen der Checkliste erfüllen konnte, allerdings keinerlei Umsetzung bezüglich Mehrweg aufwies. Außerdem könnten Punkte von den Unternehmen erfüllt sein, wovon aber in den untersuchten Materialien nicht berichtet wurde. Dies könnte auf manche Punkte der Rubrik „Keine Angabe“ zutreffen, was eine ausschließliche Bewertung nach absoluten Zahlen anhand Abbildung 15 ebenfalls ablehnt. Rückmeldung zum Fragebogen gab es nur eine von Berglandmilch, weshalb ausschließlich ein Vergleich der Ergebnisse der Checkliste möglich ist.

Die untersuchten Materialien unterschieden sich des Öfteren in ihrem Inhalt und Umfang, wobei in der Schweiz kein Nachhaltigkeitsbericht oder Informationen bezüglich Verpackungen zur Verfügung standen. Ausnahme war hier Emmi, die aber nicht ausschließlich in der Schweiz tätig sind. Dies könnte zum einen daran liegen, dass in der Schweiz der Fokus auf Käse liegt, und zum anderen, dass es eher mittelständische bis kleine Molkereien gibt, wovon fast die Hälfte (49 %) im Berggebiet tätig sind, die keine Berichte veröffentlichen. Zu beobachten war außerdem, dass Deutschland die meisten Informationen publizierte. Dies kann mit der Größe der Molkereien begründet werden, da sie durch die wenig vorhandene Almwirtschaft im Vergleich zu Österreich und der Schweiz mehr von größeren Unternehmen geprägt sind. Jedoch war auch in Österreich bei den ausgewählten Kategorien die Datenlage ausreichend, insbesondere bei den großen Genossenschaften. In Österreich ist erwähnenswert, dass, neben der bereits erreichten Recyclingfähigkeit der Verpackungen, die materialspezifische Kennzeichnung von beiden untersuchten Unternehmen dieses Landes bereits eingeführt wurde. In Deutschland und der Schweiz konnte diese nur teilweise oder ansatzweise beobachtet werden. Hinsichtlich der Kennzeichnungsthematik konnten im rechtlichen Rahmen der Schweiz (vgl. Kapitel 4.3.2.) dennoch Bemühungen beobachtet werden, da der Verein Swiss Recycling einheitliche Wertstoff- und Entsorgungs-Piktogramme kostenlos zur Verfügung stellt. Diese sind jedoch freiwillig vom Verpackungshersteller zu verwenden. Demzufolge gestaltet sich ein direkter Vergleich der D/A/CH-Länder schwierig. Dennoch ist qualitativ ein Trend zu beobachten, dass die untersuchten Unternehmen der Milchindustrie aus Österreich und Deutschland

nach den dort geltenden nationalen rechtlichen Bestimmungen die Anforderungen der PPWR bereits mehr berücksichtigen als die Schweiz. Dieser Trend kann allerdings aufgrund der ungleichen Verteilung der Unternehmen auf die Länder nicht quantitativ bzw. statistisch belegt werden.

Im Vergleich der international tätigen Unternehmensgruppe Theo Müller oder Emmi Group mit dem Kleinunternehmen Lechnerhof Bayrischzell wird deutlich, dass größere Unternehmen mehr Schwierigkeiten haben, ihre Verpackungen nachhaltiger zu gestalten. Müller weist im Vergleich zu den anderen Unternehmen am wenigsten Fortschritt zur Umsetzung der gesteckten Ziele auf. Selbst Emmi zeigt deutlich mehr Ambitionen und Umsetzung ihrer Nachhaltigkeitsstrategie in vielen Ländern, auch außerhalb der EU. Dennoch liegt ihr Fokus auf der Schweiz. Insbesondere bei der Implementierung von Mehrweg/Refill und den dazugehörigen Pfand-Systemen fällt es den Kleinunternehmen deutlich leichter, da Hygiene-Vorschriften im kleinen Maßstab leichter zu erfüllen sind und teilweise die Vorschriften aus der PPWD/PPWR für diese Art von Unternehmen nicht gelten. So reicht beispielsweise eine kleine Industriespülmaschine zur Spülung der Pfandgläser. Des Weiteren gilt das untersuchte Kleinunternehmen als Paradebeispiel, da keinerlei Kunststoff bei dem Verpacken von Joghurt und Milch zum Einsatz kommt. Wird ein regionales Unternehmen – die Upländer Bauernmolkerei - in den Vergleich miteinbezogen, kann diese These bestätigt werden, da auch hier ein Mehrwegsystem implementiert wurde, indem Milch und Joghurt in Glasbehältern angeboten werden. Damit kann zwar die Aussage getroffen werden, dass die Größe eines Unternehmens prinzipiell die Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien beeinflusst, dies kann allerdings nicht verallgemeinert werden. Grund für einen Verzicht auf die Verallgemeinerung der These ist u.a. Berglandmilch, die größte Genossenschaft in Österreich, die mit ihrem rPET-Einsatz gegenüber den anderen großen Unternehmen der Milchindustrie heraussticht. Sie zeigen, dass auch große Unternehmen eine nachhaltige Verpackungsgestaltung bewerkstelligen können.

Beim direkten Gegenüberstellen der beiden untersuchten Genossenschaften aus den Ländern Deutschland und Österreich – Milchwerke Berchtesgadener Land und Berglandmilch – wird deutlich, dass bei Berchtesgadener Land insbesondere in Bezug auf Rezyklat-Einsatz mehr Handlungsbedarf besteht. Bei Berglandmilch hingegen ist das Thema schon Teil ihrer verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategie, wobei auch dieses Unternehmen noch Verbesserungsbedarf beim direkten Einsatz im Joghurtbecher hat. Bezüglich einer Mehrwegoption bieten beide Genossenschaften Milch in Mehrweg-Glasflaschen mit einer Umlaufzahl von circa 15 an. Hingegen arbeitet in Bezug auf Joghurt bisher nur Berglandmilch an einem Umstieg auf Mehrweg-Glas. Im Hinblick auf den Vertriebsradius der Mehrwegoption gibt die deutsche Genossenschaft keine Kilometerzahl an, wohingegen in Österreich an zwei Standorten abgefüllt wird, um einen 200 km Transportradius nicht zu überschreiten. Dennoch tätigt

Berchtesgadener die Aussage, Glasflaschen nur bei geringen Transportwegen einzusetzen, was damit ein Bewusstsein der beiden Genossenschaften über die Beschränkung der Nachhaltigkeit von Glas bestätigt. Eine materialspezifische Kennzeichnung besitzen beide Unternehmen bereits, allerdings sind sie bei Berchtesgadener nicht auf GVKs zu finden. Beim Einsatz von biobasierten Polymeren ist Berchtesgadener der Berglandmilch durch den GVK mit einer Polymerschicht aus Zuckerrohr einen Schritt voraus. Auch in der Aufklärung bezüglich der Abfallvermeidung und dem Abfallmanagement auf der Webseite oder durch Kampagnen ist die deutsche Genossenschaft engagierter. Demzufolge hat bei der Konformität der Verpackungen (nach nationalem Recht) momentan Berglandmilch leicht die Nase vorne, hingegen bei der Informationskommunikation und Verwendung von Biopolymeren bzw. NWAROS die Milchwerke Berchtesgadener Land. Wird die untersuchte Privatmolkerei – die Molkerei Bechtel – in den Vergleich miteinbezogen, werden im Gegensatz zu den Genossenschaften keine Mehrweglösungen angeboten. Dies kann in diesem Fall an der hauptsächlichen Tätigkeit der Privatmolkerei für LIDL Deutschland liegen, da der Transportradius schnell über eine nachhaltig rentable Schwelle fallen würde. Außerdem wird von Bechtel zum einen wie bei Berchtesgadener kein Rezyklat-Einsatz präsentiert und zum anderen keine Information bzw. Aufklärung über Abfallvermeidung und -Management auf deren Webseite veröffentlicht. Dennoch können sie eine ausführliche materialspezifische Kennzeichnung aufweisen. Zudem kristallisiert sich Bechtel mit der Verwendung von Tetra Rex, aus 100 % NWAROS durch eine fehlende Aluminiumschicht und einer Barriere auf Biopolymerbasis (Zuckerrohr), gegenüber den Genossenschaften heraus. Eine Optimierung im Bereich der Sammel-/Transportverpackungen konnte Bechtel und Berglandmilch nachgewiesen werden, indem Bechtel dabei Kunststoff einspart und Berglandmilch Mehrwegkisten für Glasflaschen einsetzt. Über Entwicklungen solcher Art hat Berchtesgadener hingegen nicht berichtet. Bezüglich der Kunststoffeinsparungen weisen alle drei Nachhaltigkeitsstrategien ähnliche Ziele und bisherige Outcomes auf. Infolgedessen kann keine verallgemeinerte Aussage darüber getroffen werden, welche Unternehmensform bessere Strategien bezüglich Nachhaltigkeit und der PPWR präsentiert. Die Untersuchung ergab allerdings, dass die Genossenschaften (20 bzw. 22) in ihren Strategien bereits mehr Anforderungen der PPWR integriert haben als die Privatmolkerei (17). Damit entwickelt sich eine Tendenz, dass die untersuchten Genossenschaften die Anforderungen bisher besser erfüllen konnten als die untersuchte Privatmolkerei.

Aus dem Vergleich der Bio-Molkerei mit der regionalen Molkerei und der Sennerei erschließt sich, dass die Bio-Molkerei Söbbeke als einziges untersuchtes Unternehmen Joghurt in rPET – wenn auch nicht vollständig – verpackt. Die Upländer Bauernmolkerei, als regionales Unternehmen, und die Erlebnissenerei Zillertal, dessen landwirtschaftlicher Betrieb ausschließlich auf einer Alm stattfindet, präsentieren keine Bemühungen diesbezüglich im Joghurt- und Milchsektor. Mehrwegoptionen aus Glas werden von der Kategorie Bio und Regional sowohl

für Milch als auch für Joghurt angeboten, was aufgrund der zu vermittelnden Werte solcher Unternehmen zu erwarten war. Allerdings bietet die Sennerei keinerlei Mehrwegoptionen an. Dies könnte theoretisch auf das Gewicht der Glasflaschen und ein damit einhergehender höherer CO₂-Ausstoß bei Transporten in bergigen Gebieten zurückzuführen sein. Denn der GVK schneidet laut der Sennerei in der CO₂-Bilanz mehrheitlich besser ab als Glas. Die Sennerei legt hingegen ihren Fokus auf NWAROS, der Ressourcenschonung und der Reduzierung des Verpackungsgewichts, weshalb sie ein besser recyclebaren GVK mit einer dünnen Barriere anbieten. Bezüglich der Informationskommunikation über Abfallvermeidung und -Management präsentiert die Sennerei mehr Aufklärung als die Bio- und Regional-Molkerei. So ist beispielsweise bei der Upländer Bauernmolkerei ein ausführlicher Entsorgungs-Guide auf der Webseite verfügbar, nicht aber auf dem GVK. Bei Söbekke sind keinerlei Informationen zum Abfallmanagement – mit Ausnahme der Tipps für persönliches Nachhaltigkeitsmanagement – verfügbar. Auch die materialspezifische Kennzeichnung findet sich schon auf den Verpackungen der Sennerei, hingegen bei den anderen beiden nur ansatzweise. Infolgedessen sind die verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien der Biomolkerei gegenüber der Sennerei und der Regionalmolkerei, aufgrund der rPET-Joghurtbecher und der Optimierung der Abfülllinie der Glasverpackung mit dem einhergehenden reduzierten CO₂-Fußabdruck und Energieverbrauch beim Prozess, innovativer. Jedoch zeigt die Sennerei in Punkten wie der materialspezifischen Kennzeichnung und der Verringerung des Verpackungsgewichts mehr Engagement. Die regionale Molkerei kristallisiert sich hier mit einer braunen Färbung der Flasche, die für einen besseren Produktschutz (UV/Licht) gegenüber der transparenten Flasche von Söbekke sorgt, und mit der ausschließlichen Abfüllung von Joghurt in Glasbehälter heraus. Somit hat jedes der Unternehmen bemerkenswerte aber teilweise andere Ansätze, um Verpackungen nachhaltiger zu gestalten und es kann keine verallgemeinerte Annahme getroffen werden, ob eine Sennerei, Biomolkerei oder regionale Molkerei den Anforderungen der PPWR bisher mehr gerecht werden. Dies kann auch darauf zurückzuführen sein, dass sich die Kategorien dieser Molkereien überschneiden. So trägt die Upländer Bauernmolkerei neben der regionalen auch die biologische Etikette und die Sennerei neben der Almwirtschaft zudem die regionale Etikette. Wird das Erfüllen der Anforderungen der PPWR in absoluten Zahlen ausgedrückt (siehe Abbildung 15) kann die Sennerei mit 19 Punkten gegenüber der Kategorie Bio und Regional mit 20-21 Punkten tendenziell geringfügig weniger Anforderungen bewerkstelligen.

Wird der Lebensmitteleinzelhandel, in diesem Fall vertreten von ALDI SÜD, mit den Molkereien aller Kategorien verglichen, ist zu beobachten, dass der LEH in manchen Punkten der Analyse besser bewertet werden konnte. ALDI SÜD, die international sowie im DACH-Raum tätig sind, war u.a. der Auswertung der Checkliste der beiden international tätigen Unternehmensgruppen Theo Müller und Emmi überlegen. So hat ALDI SÜD bisher 19 Anforderungen der PPWR in ihren Nachhaltigkeitsstrategien bezüglich der Eigenmarken integriert. Dies

könnte sich damit begründen lassen, dass der LEH nicht nur Molkereiproduktverpackungen im Fokus hat, sondern das gesamte Verpackungssortiment. Dieses schließt auch nicht-empfindliche Produkte ein, die teilweise leichter nachhaltig gestaltet werden können. Außerdem könnte der LEH aufgrund der Unternehmensreichweite mehr (finanzielle) Möglichkeiten und Druck zur Umsetzung ihrer Ziele besitzen. Weiterhin fungiert dabei der von ALDI veröffentlichte D4R-Guide unterstützend. Bezüglich der Aufklärung über Abfallmanagement und -Vermeidung ist ALDI SÜD sehr engagiert, wie u.a. Videos zur richtigen Abfalltrennung. Dies kann in der reinen Milchindustrie nicht von jedem Unternehmen behauptet werden. Auch hier hat ein LEH, als direkte Anlaufstelle für ein breites Feld an Produkten, mehr Verantwortung gegenüber dem Verbraucher als die Molkereien selbst, die ihre Produkte zum großen Teil an den LEH vertreiben. Auffällig ist allerdings, dass im Gegensatz zu den Molkereien der LEH mit 9 Punkten zu den meisten Anforderungen der PPWR keine Angaben machte. Dies kann mit dem Umfang der Nachhaltigkeitsberichte und Strategien eines LEHs erklärt werden. Dort stehen neben Verpackungen noch zahlreiche andere Punkte im Fokus, wie die Nachhaltigkeit der Lebensmittel oder die Arbeitsverhältnisse im Unternehmen. Ferner wird auch an dem Einsatz von recyceltem Material und Mehrweg gearbeitet, was ebenfalls bisher nicht Teil einer jeden untersuchten Molkerei ist. Die bisher erreichten Ziele, wie zum Beispiel, dass nur 66 % der Verpackungen bisher recyclefähig sind, bestätigen allerdings die vorherige These, dass internationale Unternehmen vor einer größeren Herausforderung gestellt werden, die Anforderungen der PPWR umzusetzen. Demzufolge werden im LEH schon Anforderungen der PPWR als Ziele angegangen, die bisher jedoch von Molkereien – falls sie Teil der Strategien sind – teilweise im größeren Maße umgesetzt wurden.

Im Hinblick auf die aktuelle Marktsituation von Molkereiproduktverpackungen und dem Ergebnis der Analyse beschränkt sich die Bewertung auf die theoretische bzw. technische Recyclingfähigkeit der Verpackung und nicht auf die praktische. Dies fällt damit unter eine Limitation dieser Arbeit, da es nicht möglich war – vor allem aufgrund fehlender Daten über die Anforderung „recycling at scale“ - nach beiden Kriterien zu bewerten. Zur Bewertung wurde das Packaging Cockpit herangezogen, ein Tool, welches die technische Recyclingfähigkeit berechnet (Packaging Cockpit GmbH, 2023). Daraus wurden die Werte und Einstufungen für einen GVK und K3-Becher bezogen. Die explizite Fähigkeit zur stofflichen Verwertung hängt allerdings von der individuellen Verpackung ab, weshalb beispielsweise die 80-90 % nicht für jeden GVK gelten könnte. Die praktische Recyclingfähigkeit fällt besonders bei GVKs eher gering aus, da sie nur durch die Poly-AL-Methode (vgl. Kapitel 4.2.3) ganz stofflich verwertet werden können, die allerdings noch nicht sehr weit verbreitet ist. Hinzu kommt, dass ohne Trennhinweise auf der Verpackung viele der GVKs auch im Restmüll landen können, wo sie ausschließlich thermisch verwertet werden. Aus diesen Gründen hat schon 2021 die deutsche Umwelthilfe Pfand auf GVKs gefordert, da laut ihrer Berechnung sich die damalige Quote von 76 % (aus dem

Bericht des Umweltbundesamtes 2020) als falsch erwies. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass nur etwa 30 % der GVKs in Deutschland recycelt werden. Auch kritisiert wird der steigende Einsatz von Kunststoff in den Kartons, wie die großen Schraubverschlüsse und Polymer-Oberteile von Tetra Pak (Tetra Top) (DUH, 2021). Dies widerspricht der erwähnten Forderung, dass GVKs in Deutschland ab 2022 eine Recyclingquote von 80 % aufweisen müssen. In Österreich hingegen liegt die Quote bei 38 % und die technische Recyclingfähigkeit zwischen 57-81 %, was deutliche Schwankungen aufzeigt. Denn zum aktuellen Zeitpunkt werden in Österreich nur Faseranteile recycelt und somit ist es vom Faseranteil abhängig (Wenger et al., 2022; WKO, 2021). Die niedrige Recyclingquote (Stand 2021) liegt wahrscheinlich zudem an den unterschiedlichen Bestimmungen der einzelnen Bundesländer. Damit die Recyclingquoten für GVKs in ganz Mittel- und Osteuropa zukünftig höher ausfallen, sollen von Tetra Pak bereits rund 200 Mio. € in europäische Kartonrecyclingverfahren investiert worden sein, bis 2027 sollen weitere 120 Mio. € folgen. Das Ziel der Getränkebranche ist es außerdem die Sammelquote für GVKs in der EU bis 2030 auf 90 % und die Recyclingquote auf 70 % zu erhöhen. Dies beweist Engagement bezüglich der Ziele der PPWR, jedoch muss abgewartet werden, ob dies auch Umsetzung findet (Packaging Europe, 2023a). Das Beispiel einer Umsetzung einer Anforderung der PPWR stellt die Palurec Anlage dar, mit Hilfe jener die stoffliche Verwertbarkeit von GVKs auf über 90 % steigen kann. Laut Getränkekarton Austria wird ab dem Jahr 2023 auch in Österreich damit das PolyAl recycelt (Wenger et al., 2022). Im Hinblick auf die Studienlage wurde von Bertolini (2016) sowie SIG (2012) durch eine LCA zudem bestätigt, dass GVKs für Milch immer noch eine bessere Variante als PET- oder HDPE-Flaschen seien. Weiterhin konnten auch Bemühungen der GVK-Hersteller, die Aluminiumschicht zu vermeiden, um die stoffliche Verwertbarkeit zu verbessern, verzeichnet werden. Auch an Ersatz für die PE-Schicht wurde geforscht, wobei das kreislauffähige „NP SiOPack“ von Nanopool dafür vielversprechend klingt.

Vergleicht man die Recyclingfähigkeit der K3-Becher einer deutschen und einer österreichischen Molkerei, kann keine einheitliche Bewertung beobachtet werden. Dieser wird, wie bereits bekannt, in Deutschland als nicht recyclebar in Österreich hingegen sogar mit der Leistungsstufe A bewertet. In dieser Hinsicht stimmt der Autor der Bewertung von Deutschland zu, da der Becher eine Konsumenten-Aktion erfordert. Bei einer nichtigen Umsetzung des Konsumenten ist dieser nicht mehr recyclingfähig, da der Becher in der Sortieranlage als Papier erkannt wird. Dadurch befindet er sich im Papierstrom, der einer Papierverwertungsanlage zugeführt wird, womit nur der Faseranteil verwertet werden kann. Infolgedessen wird er bei der Bemessung der Recyclingfähigkeit des Verpackungsregisters als geringfügig recyclingfähig eingestuft, selbst wenn PP/PS ist in der Theorie verwertbar wäre (Zentrale Stelle Verpackungsregister, 2023). Daraus folgt die Fragestellung, ob bei der Bewertung einer stofflichen Verwertbarkeit in Zukunft eine aktive Trennleistung seitens des Verbrauchers miteinbezogen

werden darf oder nicht. Bei der Ausarbeitung der genauen Rechtsakten zum D4R in der PPWR sollte infolgedessen auf harmonisierte Bewertungskriterien geachtet werden. Anzumerken sei jedoch, dass der K3 r100 von Greiner Packaging mit einer selbsttrennenden Fähigkeit und der Recyclingfähigkeit von mindestens 92 % (vgl. Kapitel 4.1.2) ein Ansatz zur Lösung dieses Konflikts sein könnte. Auch die geforderte Aufklärung der Verbraucher über das Management von Verpackungsabfällen oder die Materialzusammensetzung, dass auf vielen Verpackungen schon ansatzweise zu beobachten ist, kann einen Teil dazu beitragen. Dennoch reichen die bisherigen Bemühungen der Unternehmen diesbezüglich noch nicht aus bzw. kommen noch nicht im gewollten Maße bei den Verbrauchern an. Die fehlende Trennung der Banderole von dem Becher mag zum einen an der Bequemlichkeit, dem Unwissen zum Thema Recycling, dem fehlenden Blick des Verbrauchers auf die Verpackung oder einer generell fehlenden Abfalltrennung im Haushalt liegen. Zum anderen sind möglicherweise unauffällige, unvollständige und uneinheitliche Kennzeichnungen der Grund. Dennoch ist zu erwähnen, dass die untersuchten Unternehmen der Milchindustrie meist auf verschiedene Art und Weise auf eine Trennung der Komponenten hinweisen, weshalb die Bequemlichkeit in dieser Hinsicht die größte Rolle zu spielen scheint. Dies könnte in weiterer Forschung thematisiert werden.

Die Hindernisse des Recyclings in der Praxis machen sich bemerkbar. Von der EU-Kommission wird der tatsächliche verwertete Anteil von dem gesamten Verpackungsabfall aus Kunststoff nur auf 14 % geschätzt (vgl. Kapitel 4.2). Daraus ergibt sich die berechtigte Frage inwieweit dies unter Verbrauchertäuschung – Greenwashing – fällt, wenn trotz des Bewerbens von recyclebaren Verpackungen nicht stofflich verwertet wird. Darüber wird auch in der Presse diskutiert, so entstand die Dokumentation „Die Recyclinglüge“ der ARD. Dort wird die Problematik, dass recyclebare Verpackungen nicht stofflich verwertet werden, hauptsächlich auf Verbundstoffe zurückgeführt, die hohe Kosten zur Trennung mit sich ziehen sowie deswegen im Meer oder auf Deponien landen und verbrannt werden. Gründe dafür sind entweder, dass die Recyclingpraktiken noch nicht im großen Maße verbreitet sind, wie im Falle GVK, oder teilweise die Rezyklat-Zulassung im Lebensmittelkontakt, wie im Falle der Joghurtbecher aus PP/PS, fehlen. Hinsichtlich dieser Problematik könnte zukünftig die neue VO (EU) 2022/1616 über Kunststoff-Rezyklat-Einsatz im Lebensmittelkontakt Abhilfe schaffen. Nach dieser werden die Rezyklate nach einem neuen System bewertet und dürfen dann im Lebensmittelkontakt eingesetzt werden. Sie müssen dazu unter geeigneten Recycling-Technologien oder neuartigen Technologien hergestellt werden oder reine Stoffe sein (vgl. Kapitel 4.3.1). Dies begründet die Beobachtung aus der Analyse, dass bisher kein Unternehmen in der Milchindustrie – bis auf Berglandmilch, Lechnerhof und Söbbeke – die Ziele an PCPW (in Bezug auf PET) erreichen konnte und auf dem Markt mit Ausnahme von rPET kein anderes Rezyklat (rPP/rPS) eingesetzt wird oder werden darf. Diese Tatsache stößt aufgrund der geplanten Anforderungen an Rezyklat-Anteilen in anderen Polymeren als PET auf Kritik, da die bisher fehlende

Zulassung von rPP/rPS zu Vermarktungsverboten führen würde (Packaging Journal, 2023). Die Anwendung von rPET lässt sich auf eine einfachere Wiederverwertung zurückführen und findet momentan erfolgreich Anwendung in Molkereiprodukten von Emmi, ALDI (18 %), Berglandmilch (50 %) und Söbbeke (77 %), jedoch bisher nur von Harvest Moon im Joghurtbecher (vgl. Kapitel 4.2.2) zu 100 %. Angeboten werden solche rPET-Joghurtbecher von Paccor, Stirlinger viscotech oder Greiner Packaging. Milchflaschen aus rPET werden hingegen von Logo-Plastic angeboten, finden aber keinen Einsatz bei den untersuchten Unternehmen. Bei einer theoretischen Zulassung von rPP oder rPS, würden viele Unternehmen der Milchindustrie besser abschneiden, da diese den größten Marktanteil – geschlossen aus der Marktanalyse und der praktischen Untersuchung - besitzen. Prinzipiell ist mit der PPWR jedoch angedacht, dass lebensmittelkonformes Rezyklat wieder für Lebensmittelverpackungen eingesetzt wird. Ob dies bedeutet, dass ein Joghurtbecher wieder zu einem solchen wird, gilt es kritisch zu betrachten. Dennoch soll Downcycling zu beispielsweise Gartenzweigen in jedem Fall nicht stattfinden. Dies unterstützt die These in zukünftigen Untersuchungen den Stand der Praxis mit-einzubeziehen. Unklar ist allerdings bisher, ob und unter welchen Bedingungen chemisches Recycling zugelassen wird, was die Herausforderung bezüglich PCPW-Einsatzes momentan nur noch größer erscheinen lässt, da es eine essenzielle Rolle in der Kreislaufwirtschaft spielt. Zwar besitzen werkstoffliche Verfahren ein höheres ökologisches Potential setzen aber eine hohe Qualität der Einsatzstoffe voraus, die beim chemischen Recycling keine Rolle spielen. Dort können auch verschmutzte oder gemischte Kunststoffabfälle in hoher Qualität recycelt werden (Plastics Europe, 2023). Dieser Thematik ist hinzuzufügen, dass laut aktuellen Daten 17 % der Verpackungen in der EU aktuell nicht wiederverwertbar sind. Davon könnten 7 % in Zukunft mit der bestehenden Technologie wiederverwertbar gemacht werden und bei den restlichen 10 % müsste die bisherige Technologie weiterentwickelt werden. Dann könnte in Zukunft auch dieser Anteil recycelt werden. Dies bestätigt den Bedarf an weiterer Forschung und Entwicklung bezüglich Recyclingtechnologien, damit eine kohlenstoffarme Kreislaufwirtschaft umsetzbar wird (European Commission, 2022a).

Demzufolge wird deutlich, dass das Ziel einer hohen stofflichen Verwertung sowohl einen Ausbau der Verwertungsstrukturen als auch ein zielgerechtes Design der Verpackungen – D4R-erfordert. Um dies erreichen zu können ist eine Zusammenarbeit von den EU-Mitgliedsstaaten und der Industrie zwingend erforderlich, was der Inhalt der PPWR und die Aussagen im Folgeabschätzungsbericht unterstreichen.

Um die Recyclingfähigkeit von Joghurtbechern zu verbessern, setzen Unternehmen, wie Müller und Bechtel, auf eine direkte Bedruckung der Becher. Diese haben den Vorteil, dass der Becher dem richtigen Strom zugeordnet wird, weil die Papierbanderole wegfällt. Eine Forschungsarbeit fand außerdem, u.a. durch die Berechnung der Massenbilanzen, heraus, dass

die Verwertungsquote von bedruckten PP-Joghurtbechern (60 %) doppelt so hoch sei wie die Verwertungsquote der PP-Joghurtbecher mit Papierbanderole (30 %). Selbst wenn sie sich gegenüber PP-Bechern mit Papierbanderole und PLA-Bechern als verwertbarer erweisen, erfüllen sie laut dieser Berechnung aber nur knapp die gesetzliche Mindestverwertungsquote. Diese Quote wird nach Inkrafttreten der PPWR zukünftig noch höher ausfallen (Rudorf, 2015). Neben einer besseren Recyclingfähigkeit haben direktbedruckte PP-Becher zusätzlich den Vorteil bei der Kunststoffstudie von Wenger et al. (2022) hinsichtlich des mechanischen Produktschutzes am besten abzuschneiden. Bezüglich der Etikettierung ist auch der 100 % recycelbare OPP-Sleeve für PP-Becher von Paccor vielversprechend, der zu einer Monomaterial-Lösung führt, die ebenfalls dem richtigen Recyclingstrom zugeordnet werden kann.

Für das Verpacken von Joghurt wird häufig PS verwendet, wie bei der Unternehmensgruppe Theo Müller. Dieses Polymer macht allerdings 2021 nur 6,2 % des gesamten Kunststoffbedarfs in den EU-Ländern aus, wohingegen der PP-Bedarf 19,8 % betrug. Außerdem gibt es für PS nicht in jedem Land die Möglichkeit zur stofflichen Verwertung. Die Basis dieser Zahlen und die Empfehlung der Ellen McArthur Foundation (2016), bei zirkulären Verpackungsdesign auf selten verwendete Kunststoffe zu verzichten, führt zur Überlegung sich im Joghurtbecher-Sektor gänzlich auf PP zu beschränken (Ellen MacArthur Foundation et al., 2016). PP findet in der EU nicht nur mehr Anwendung, sondern gilt auch als das leichteste Polymer auf dem Markt und zeichnet sich durch Transparenz und Temperaturbeständigkeit aus. Außerdem kann PP im gesamten DACH-Raum recycelt werden. Demzufolge wäre es sinnvoll die weitere Forschung an rPS zu überdenken und sich in Zukunft auf die Entwicklung und Zulassung von rPP im Lebensmittelkontakt zu fokussieren, selbst wenn aktuell mehr Innovation bezüglich PS und rPS im Joghurtbecher-Sektor zu beobachten ist. Erste Ansätze zu rPP gibt es bereits beispielsweise von PureCycle (vgl. Kapitel 4.2.2.).

Mehrwegalternativen werden nicht immer von den untersuchten Molkereien angeboten, falls aber doch bisher nur aus Glas. Diese Zurückhaltung ist darauf zurückzuführen, dass strenge Hygienevorschriften gelten sowie die Umsetzung und Organisation eines Mehrwegsystems sich nicht als einfach erweist. Auch die Kosten für die Erstbeschaffung mag erst einmal abschrecken. Dennoch wird in der PPWR gefordert mehr solcher Systeme und Verpackungsoptionen zu implementieren, da sie sich mittel-/langfristig auszahlen. Sowohl durch die Kostenersparnis für keine regelmäßige Neubeschaffungen von Einwegverpackungen als auch dem längeren Lebenszyklus. Auch Ressourcenschonung und eine niedrigere CO₂-Bilanz sind Vorteile. Ferner ist Glas recyclingfähig und kann in Österreich eine Recyclingquote von 84 % aufweisen. Am Beispiel der Upländer Bauernmolkerei stellen Mehrweg-Glasflaschen für Frischmilch, unter der Bedingung eines kurzen Transportweges und der Mindestumlaufanzahl von 20, sogar die nachhaltigste Verpackungsoption dar. Allerdings gibt es auch Nachteile dieser

Verpackungs-Option. Zum einen eventuelle Probleme mit der Hygiene bei der Aufbereitung und Wiederbefüllung und zum anderen sind bei Änderung des Verpackungsdesigns die Flaschen mit altem Design noch längere Zeit im Umlauf (PackPart GmbH, 2023). Außerdem lässt sich die Zurückhaltung auf die Beschränkung der Nachhaltigkeit dieser Option durch ausschließlich kurze Transportwege durch das hohe Gewicht zurückführen, da diese insbesondere bei größeren Milchunternehmen und Ländern nicht umsetzbar wäre und sich das gegenteilige Szenario – langer Transportweg und wenig Umlaufzahl - schlecht auf die Klimawirkung von Glas auswirkt. Demzufolge wäre es für Österreich unter ausschließlicher Berücksichtigung der Größe wahrscheinlich leichter umsetzbar Mehrwegsysteme für Milch und Joghurt weiter auszubauen als für Deutschland. Dennoch sieht Berglandmilch in der Implementierung von Mehrweg die größte Herausforderung der PPWR. Im Zuge dessen stellt sich die Frage einer nachhaltigen Mehrwegoption für längere Transportwege. PET-Mehrwegflaschen haben immer noch das Problem des Migrierens, das nicht zwingend gesundheitsschädlich wäre, aber beim Verbraucher zu Ablehnung durch eine „Trübung“ der Flasche führen könnte. Dieses Problem könnte eventuell von Refill-Systemen gelöst werden, falls mit eigenen Behältern abgefüllt wird, was laut der PPWR allerdings auch verboten werden dürfte und weiterhin viel Reinigungsaufwand mit sich ziehen würde. Am Beispiel einer EDEKA Filiale¹⁸ wurde eine solche Refill-Station für Milch aufgestellt, konnte sich aber aufgrund ständiger technischer Probleme und erhöhten Reinigungsaufwand nicht durchsetzen, sodass schon nach kurzer Zeit ein Wieder-Abbau dieser Station folgte. Infolgedessen ist dies nur für sehr kleine Unternehmen, wie dem Lechnerhof Bayrischzell, eine Alternative. Weiterhin ist es fraglich, wie die logistischen Herausforderungen dafür EU-weit zu bewerkstelligen werden könnte. Im Szenario der Glas-Flaschen müsste dazu eine Menge Mehrweg-/Refill- oder Pfandsysteme eingerichtet werden, damit die Flaschen nicht erstmal etliche Kilometer zum Spülen gefahren werden müssten. Diesbezüglich hat sich Krones für die Verwendung von PET-Mehrwegflaschen im Milchsektor ausgesprochen. Dass sie zu Unrecht eine bisher untergeordnete Rolle auf dem Markt spielen, belegen sie mit einem gemeinsamen Forschungsprojekt mit ALPLA. Dabei konnten sie, nachdem das Material und die Prozessparameter einer umfassenden wissenschaftlichen Bewertung unterzogen wurden, einen Mehrweg-PET-Behälter entwickeln, der auch für sensible Produkte in der Kühlkette geeignet ist. Das Hindernis der geringen Hitzebeständigkeit von PET musste dabei bewerkstelligt werden, da mit niedrigeren Reinigungstemperaturen eine hohe mikrobiologische Sicherheit und eine große Anzahl von Umläufen erreicht werden muss. Ergebnisse zeigen, dass mit der richtigen Parameterwahl (Additive, Laugenkonzentration) Temperaturen um 60 °C ausreichen, um eine ausreichende Säuberung zu gewährleisten. Mit einer Umlaufzahl von 25 übertreffen sie auch die Glasflaschen, die maximal 15 Umläufe schaffen, wie es beispielsweise Berchtesgadener Land beschreibt. Neben einem geringeren Gewicht

¹⁸ EDEKA Simmel in 82008 Unterhaching, Quelle: Auskunft eines Mitarbeiters

konnten sie außerdem beim Voranschreiten der Reinigungszyklen eine Aufräuhung der Glas-Oberfläche durch das alkalische Reinigungsmedium beobachten, die PET nicht aufwies. Dies führt zu einer gleichbleibenden Behälterqualität, die insbesondere für sensible Produkte vorteilhaft erscheint. Weiteres ist eine PET-Flasche leichter, was weniger CO₂-Emissionen beim Transport verursacht (Krones, 2021). Die Ramboll-Studie äußert sich bezüglich der Implementierung Mehrwegsystemen hingegen kritisch. Laut der Studie folge daraus ein Wechsel der wissenschaftlichen Grundauffassung in der Umweltüberwachung und im Umweltmanagement. Begründet wird dies damit, dass sich ein Einweg-System (hier: Papier) durch eher zentralisierte große, industrialisierte Betreiber mit kontinuierlichen Umweltverbesserungssystemen kennzeichnet, wohingegen die Umweltauswirkungen eines Mehrwegsystems-Systems durch dezentralisierte und weniger organisierte Akteure gekennzeichnet sein könnten. Daraus folge ein Mangel an Umweltmanagementsystemen, Datenverfügbarkeit und -zuverlässigkeit, um weitere Umweltstrategien zu steuern. Anzumerken sei allerdings, dass diese Ökobilanzstudie keine Molkereiproduktverpackungen mit einbezieht, da To-Go Verpackungen von Fast-Food verglichen wurden. Trotzdem bezieht sich SEDA, die Joghurtbecher aus Papier anbieten (vgl. Kapitel 4.1.2), bei der Rechtfertigung der Nachhaltigkeit ihrer Produkte auf diese Studie. Dies ist kritisch zu betrachten, da Joghurt deutlich sensibler ist als hochverarbeitete Lebensmittel, selbst wenn die Grundaussagen teilweise sinnvoll oder übertragbar wären. Positiv schnitten die Mehrwegsysteme in der Studie hingegen im Abbau der stratosphärischen Ozonschicht, bei Ionisierenden Strahlungen und der Süßwasser-Eutrophierung gegenüber den Einwegsystemen ab (EPPA & RAMBOLL, 2021b). Auch aus über 20 Pilotprojekte in 12 Ländern von Nestle konnten neue Erkenntnisse – sowohl negative als auch positive - über Reuse- und Refill-Systeme gewonnen werden. Die Rückkauf- und Rückgabequoten lagen bisher alle unter den Erwartungen, was sich zum einen durch die Erwartungen der Konsumenten an die Benutzerfreundlichkeit, Bequemlichkeit sowie Kosten und zum anderen durch die mangelnde Lebensmittelsicherheit, Haltbarkeit und Qualität in tropischen Ländern begründen lässt. Der zusätzliche Aufwand für den Verbraucher zur Rückgabe scheint momentan noch unattraktiv. Weiterhin kamen sie zu dem Schluss, dass kein Unternehmen dieses System allein aufbauen könne und eine Implementierung im großen Maßstab eine enge Zusammenarbeit zwischen Herstellern, Einzelhändlern, Start-ups, Dienstleistern und politischen Entscheidungsträgern notwendig ist. Dies wird auch als Multi-Stakeholder-Initiativen bezeichnet (Packaging Europe, 2023b).

Biokunststoffe, sowohl biobasierte als auch bio-abbaubare, konnten trotz ihrer erwähnten Vorteile, wie die flexible Verwertbarkeit, weder in der qualitativen Analyse der Unternehmen noch bei der Marktanalyse im großen Maßstab beobachtet werden. Im Falle der biobasierten Polymere konnten einzelne Anwendungen während der Analyse beobachten werden, wie u.a. die Bio-PE Barriere im GVK von Berchtesgadener oder die Verwendung von Tetra Rex bei Bechtel. Da der Einsatz von Bio-PE im Lebensmittelverpackungssektor allerdings immer

beliebter wird, werden weitere Unternehmen wahrscheinlich in den nächsten Jahren umsetzen, um die Kohlenstoffbilanz zu verringern. Im Zuge der vorherigen Marktanalyse der Verpackungshersteller konnte hingegen mehr Einsatz beobachtet werden (vgl. Kapitel 4.1). So bietet das Unternehmen Tetra Pak Verschluss-Optionen aus HDPE aus Zuckerrohr und den pflanzenbasierten TetraRex an und Elopak präsentiert mit dem PurePak Imagine einen Karton basierend auf aus Tallöl gewonnenem PE, woraus auch der SIGNIA von SIG besteht. Auch bezüglich Joghurtbecher konnte trotz der nachgewiesenen Sicherheit, wie beispielsweise von Mikloskova et al. (2021), keine Anwendung der Molkereien beobachtet werden, obwohl Firmen wie Biopack und GreenBox PLA-Joghurtbecher anbieten. Daraus folgt auch keine nachgewiesene Anwendung von biologisch abbaubaren oder kompostierbaren Polymeren. Dies kann man mit der Unsicherheit ihrer Umweltvorteile nach dem aktuellen technischen und praktischen Stand, den Kosten sowie den öffentlichen Diskussionen begründet werden. Auch die Tatsache, dass Studien meist auf idealen, aber nicht immer realen, Umgebungssituationen basieren, kann dabei relevant sein. Aufgrund der Bezeichnung „bio“ vermitteln Biopolymere aus Sicht des Verbrauchers unweigerlich den Eindruck positiv für die Umwelt zu sein, was jedoch bekannterweise nur bei richtiger Entsorgung der Fall ist. In der Presse tauchen deshalb immer wieder Berichte auf, ob sie eine nachhaltige Alternative oder doch nur Greenwashing darstellen würden. Beispielsweise musste Danone, die eine kurze Zeit Joghurt in PLA-Bechern angeboten haben, ihre Werbekampagne zurückziehen. Im Zuge dessen haben sie sich verpflichtet, nicht weiter mit dem Umweltvorteil zu werben. Grund dafür war, dass vorhandene Ökobilanzen keine gesamtökologischen Vorteile gegenüber Kunststoffen aus fossilen Rohstoffen vorweisen können, sich viele Materialien nicht leichter als herkömmliche Kunststoffe abbauen und teilweise zu Schwierigkeiten in Kompostierungsanlagen führen würden. Weiterhin wurde von Nichtregierungsorganisation beklagt, dass die kurzlebigen Verpackungen abfallärmere und ressourcenschonende Mehrwegverpackungen aus dem Markt verdrängen würden. Ein Gegenargument diesbezüglicher Vorwürfe wird in dem Artikel allerdings auch dargelegt. So würden Biopolymere keine technischen Schwierigkeiten machen, da Aufbereitung, Recycling und Mehrweg grundsätzlich auch bei Biokunststoffen möglich seien. Der wichtigste Punkt ist beim Einsatz der Polymere im Grunde eine ehrliche Kommunikation über ihre Leistungsfähigkeit, da sie in bestimmten Bereichen zur Ressourceneffizienz und einer biobasierten Kreislaufwirtschaft beitragen können (Interpack, 2023). Weiterhin zeigt auch die erwähnte Studie von Desole et al. (2022) (vgl. Kapitel 4.1.1.), dass sich im derzeitigen Entsorgungsszenario keine eindeutige Verringerung der Umweltauswirkungen beim Einsatz von PLA gegenüber PET ergeben. Hingegen im Entsorgungsszenario 2030 wird PLA als deutlich umweltfreundlicher bewertet. Alle dargelegten Diskussionspunkte bestätigen, dass Biopolymere bisher noch keine ganzheitliche Etablierung im Kunststoffsektor erreicht haben, weil der Einsatz von fossilen Rohstoffen überwiegt. Im Jahr 2021 waren 90,2 % der weltweiten Kunststoffproduktion auf

fossilen Rohstoffen zurückzuführen, wohingegen biobasierte/-abbaubare Kunststoffe nur 1,5 % der weltweiten Kunststoffproduktion ausmachen (Plastics Europe, 2022). Zudem benötigt es weitere Forschung und Entwicklung, um Materialien mit viel Potenzial in der Zukunft - wie PEF - marktreif zu gestalten. Dennoch haben sie ihren Platz in einer nachhaltigen Zukunft zurecht, müssen aber spezifischen Anwendungen vorbehalten werden, bei denen ihre Vorteile für die Umwelt und ihr Wert für die Kreislaufwirtschaft nachgewiesen sind (European Commission, 2022b).

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die FSC-Zertifizierung als besonders nachhaltig einzustufen und damit zu werben, wie es jeder GVK-Hersteller und -Vertreiber tut. Greenpeace ist im Jahre 2021 bei FSC ausgetreten mit der Begründung die Holzindustrie habe zu großen Einfluss, womit die ökologischen Aspekte in den Hintergrund rücken. Es wird kritisiert, dass der FSC eine gezielte Entnahme von Holz aus Urwäldern erlaubt, statt diese konsequent zu schützen und ihre Abholzung grundsätzlich zu untersagen. Außerdem gibt es FSC-Siegel in unterschiedlichen Ausführungen, die mehr oder weniger zertifiziertes oder recyceltes Material nachweisen. Das FSC-Mix, was für Produkte steht, bei denen Materialien aus FSC-zertifizierten Wäldern, Recyclingmaterial und Material aus kontrollierten Quellen zum Einsatz kommen können, wird von jedem Unternehmen in der Milchindustrie für die GVKs benutzt. Allerdings müssen dabei nur mindestens 70 % der gesamten Holzmenge eines Unternehmens aus FSC-zertifiziertem oder zugelassenem Recyclingmaterial bestehen. Die Restlichen 30 % kommen aus nicht-zertifizierten Hölzern. Bei Produkten aus Holzfasern kann der Anteil nicht-zertifizierter Hölzer sogar bis zu 82,5 % betragen. Dies würde ein weiteres Mal unter den Begriff „Greenwashing“ fallen. Die Tatsache, dass das FSC-Siegel in bestimmten Gebieten keine positiven ökologischen Effekte auf die Waldbewirtschaftung mit sich zieht, konnte von einer Studie der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde bestätigt werden. Andere Einrichtungen, die sich mit nachhaltiger Fortwirtschaft befassen, wie das Thünen-Institut, sprechen sich hingegen für das FSC-Siegel aus (Müller, 2021). Im Kanton Zürich (Schweiz) wird das Siegel teilweise nur aus wirtschaftlichen Gründen wie eine Sicherung des Marktzugangs verwendet, da die nachhaltige Waldbewirtschaftung dort bereits rechtlich verankert ist. Folglich könnte diese Tatsache der Grund sein, weshalb Emmi in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie FSC-Zertifizierungen nicht berücksichtigt (Bieri et al., 2005). Auch das PEFC-Siegel, das von SEDA oder ALDI SÜD verwendet wird, hat seine Nachteile. Zwar wird damit der aufwendige Zertifizierungsprozess des FSC umgangen, die daraus resultierende Kostenersparnis führt jedoch zu Qualitätsverlusten. Diese Verluste folgen aus marginalen Kontrollen (Kämmerer, 2022).

Nach Inkrafttreten der PPWR stellt der internationale Warenaustausch ebenfalls eine Herausforderung für die Importeure (vgl. Artikel 16 PPWR) dar. Hier sollte darauf geachtet werden, dass nur VO-konforme (erfüllt Artikel 5-11) Verpackungen aus Drittländern in die EU importiert

werden. Demzufolge müssen Importeure eine Konformitätserklärung erstellen bevor sie die Verpackung im EU-Markt verbreiten, was ein Mehraufwand für diese Marktakteure bedeutet. Dennoch sollte es in Deutschland und Österreich diesbezüglich zu weniger Problemen kommen, da in den Strukturen der Milchwirtschaft herausgearbeitet wurde, dass die größten Handelspartner die Mitgliedstaaten der EU sind, die der PPWR unterliegen. Diese profitieren von den geplanten harmonisierten Bestimmungen innerhalb der EU durch einen daraus folgenden funktionierenden Binnenmarkt. In Bezug auf die Schweiz könnte die PPWR den Verpackungsmarkt innerhalb des DACH-Raums beeinflussen. Bei einem Direktexport aus der Schweiz zum direkten Verbrauch liegt die Einhaltung der Konformität bei ihnen, jedoch empfiehlt Swiss Recycling auch im Falle eines Exports zu einem Importeur der EU sich an die VO-Konformität zu halten. Dies sollte den Warenaustausch zwischen EU-Mitgliedstaaten und der Schweiz weiterhin sichern und eine negative Beeinflussung des Verpackungsmarktes verhindern. Den Unternehmen der Schweiz wird geraten ebenfalls den Materialeinsatz zu minimieren, D4R-Guidelines zu beachten, einen maximalen Einsatz von Rezyklat anzustreben sowie Mehrweg-Systeme in sinnvollen Maßen zu etablieren. Insbesondere bei Sammelquoten von Verbund-Kunststoffen hat die Schweiz Aufholbedarf (Swiss Recycling, 2023).

Ein Hersteller, der eine neue Verpackung auf den Markt bringt, muss die PPWR bereits im Blick haben und zuvor die Verpackung in ganzer Linie auf Nachhaltigkeit prüfen, nach beispielsweise den Verfahren der ECR, mit Hauptaugenmerk auf Zirkularität, Umwelt und Produktschutz. Weiterhin sollte man sich an dessen D4R-Kriterien orientieren, solange die PPWR noch keine delegierten Rechtsakte diesbezüglich veröffentlicht hat (ECR Austria, 2020, 2021). Auch die Durchführung einer LCA könnte die nachhaltige Auswahl der Molkereiproduktverpackungen unterstützen, was einige erwähnte Studien, wie jene von Cappiello (2022), bestätigen. Somit muss beispielsweise im Falle der Frischmilch je nach Einsatzgebiet und Ergebnis der LCA individuell entschieden werden, ob ein GVK oder eine Mehrwegflasche für die Verpackung aus einer ganzheitlich nachhaltigen Sicht sinnvoller wäre.

Dem Vorschlag für die PPWR folgt allerdings nicht nur Beifall. Kritikpunkte richten sich gegen die bereits erwähnten Mindestquoten für Rezyklat-Einsatz, die Ausnahme von faserbasierten Verpackungen beim Einsatz von Mehrweg oder der Mindest-Recyclingfähigkeits-Stufe von 70 %. Diese sollte auf 80 % erhöht werden und Verpackungen mit einem im Vorherein eingeplanten Materialverlust von über 20 % sollten ab 2030 nicht auf den Markt gebracht werden. Des Weiteren wird beanstandet, dass es Mitgliedstaaten nicht erlaubt werden sollte, von den D4R-Vorgaben, den Verpackungsverböten und Wiederverwendungsquoten abzuweichen, da sonst keine einheitlichen Verpackungsregeln im EU-Binnenmarkt erreicht werden können (Packaging Journal, 2023). Auch Österreich übt Kritik an der PPWR aus, wobei die Wertschöpfungskette Papier/Karton/Wellpappe besonders die Bevorzugung von wiederverwendbaren

Verpackungen gegenüber recycelten Papierprodukten beanstandet. Hier würden verpflichtende Mehrwegquoten den Binnenmarkt einschränken, indem ein signifikanter Anteil von erneuerbaren und recyclingfähigen Papier-, Karton- und Wellpappe-Verpackungen durch Materialien aus fossilen Rohstoffen ersetzt wird. Dies würde die Kreislaufwirtschaft beeinträchtigen, da bereits 85 % der Papierabfälle in Österreich gesammelt und verwertet wird (Austropapier, 2023). Nichtsdestotrotz hat die Europäische Kommission, als Vertreter der Politik und Wirtschaft, mit dem Proposal für die PPWR vorgelegt und ihren Standpunkt, Ziele und Anforderung an die Mitgliedstaaten der EU und die Wirtschaftsakteure deutlich gemacht, um Verpackungen in Zukunft nachhaltiger zu gestalten. Die bisherigen tatsächlichen Recyclingquoten und Recyclingfähigkeiten in der Milchindustrie sprechen jedoch für sich, was für die Politik bedeutet, mehr Druck auf Wirtschaftsakteure im Verpackungssektor für eine Umsetzung der Ziele auszuüben. Damit müssen die verlangten Quoten der PPWR bezüglich Mehrweg, PCPW und Recycling sowie Recyclingziele nach Verpackungstypen erfüllt werden und eine Kreislaufwirtschaft weiter vorangetrieben werden. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch der Verbraucher, der zwingend gänzlich über den richtigen Umgang mit Verpackungsabfall und dessen Vermeidung aufgeklärt werden muss. Daraus folgt eine unerlässliche Zusammenarbeit der EU-Mitgliedsstaaten, der Industrie und dem Verbraucher. Dabei darf trotz des Fokus auf die ökologische Säule der Nachhaltigkeit, die ökonomische und soziale Säule nicht außer Acht gelassen werden.

7. Conclusio und Ausblick

Die Analyse verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien repräsentativer Unternehmen der Milchindustrie und der Umgebung der Molkereiverpackungen hat gezeigt, welche (nachhaltige) Verpackungsoptionen von Joghurt und Milch sich derzeit auf dem Markt befinden und wie sie in der EU recycelt werden. Außerdem welchen aktuellen rechtlichen Rahmen die Verpackungen im DACH-Raum unterliegen, welche Anforderungen der Lebensmitteleinzelhandel an Verpackungen hat sowie welche praktischen Herausforderungen sich für die Milchindustrie aus der PPWR ergeben. Weiterhin welche davon in den Nachhaltigkeitsstrategien schon berücksichtigt werden. Ferner war es Ziel der Arbeit Handlungsbedarf und unbeachtete Anforderungen zu identifizieren. Hier haben sich für die angestrebte Kreislaufwirtschaft essenzielle Punkte herauskristallisiert.

Die Erkenntnisse konnten mit der Checkliste aus zuvor herausgearbeiteten Anforderungen der PPWR gewonnen werden. Durch die fehlende Rückmeldung der Unternehmen zum Fragebogen, konnte dieser weniger zu den Erkenntnissen beitragen. Infolgedessen kann die Forschungsfrage, welche praktischen Herausforderungen sich aus der PPWR ergeben und welche davon schon umgesetzt werden, wie folgt beantwortet werden: Verpackungen müssen bis

2030 recyclingfähig sein und dürfen die Fähigkeit zur stofflichen Verwertung von 70 % nicht unterschreiten. Bis 2035 muss im großen Maßstab – also auch in der Praxis durch Implementierung einer dafür geschaffenen Infrastruktur – recycelt werden. Der Anteil an PCPW muss erhöht werden sowie Mindestquoten eingehalten werden. Die Verpackungen müssen so designed werden, dass übermäßige Verpackungen minimiert werden durch die Reduzierung des Volumens und Gewichtes bei gleichbleibender Erfüllung der Leistungskriterien. Außerdem soll das Design Kreislaufwirtschaft und Mehrweg vorantreiben, wozu festgelegte Anforderungen an eine Mehrweg-Option erfüllt sein müssen, wie eine möglichst hohe Umlaufzahl. Einwegkunststoff muss, wo auch immer möglich, reduziert werden, so auch im Transportsektor. Dazu gibt es ebenfalls Mindestquoten, die von der Industrie eingehalten werden müssen. Weiterhin sollten die Verpackungen auch wiederverwendet werden, weshalb Anreize geschaffen werden müssen, damit der Verbraucher die Verpackung auch zurückgibt. Ferner muss die (Milch-)Industrie dafür ein System bereitstellen oder sich an ein solches beteiligen. Im Falle eines Angebots an Refill-Stationen müssen diese ebenso Anforderungen, wie das Vorhandensein einer Waage, erfüllen und Informationen über die Benutzung und Hygienestandards der Station kommuniziert werden. Die Refill-Verpackungen dürfen dabei nicht kostenlos oder ohne Pfand/Rücknahme-System angeboten werden. Zusammenfassend bedeutet das für die Milchindustrie den CO₂-Fußabdruck ihrer Verpackungen zu reduzieren. In die Aufklärung über Abfallvermeidung werden sie ebenso mehr miteinbezogen. So müssen diesbezügliche vorgegebene Informationen auf der Webseite oder durch Kampagnen bereitgestellt werden. Sie selbst müssen ihren Teil dazu beitragen, indem Maßnahmen ergriffen werden, um u.a. exzessive Verpackungen zu eliminieren. Für die Verwendung von Biokunststoffen gibt es ebenfalls Vorgaben, die es zu erfüllen gilt. Darunter, dass sie unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar sein müssen. Schadstoffe müssen gleichermaßen minimiert und ersetzt werden und dürfen in Summe *100 mg/kg* nicht überschreiten. Bezüglich Kennzeichnung gibt es ebenfalls Herausforderungen. So muss der Verbraucher darüber informiert werden, wie der Verpackungsabfall angemessen zu entsorgen ist und es wird ein Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung sowie ein harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen auf Verpackungen in Verbindung mit dem Abfallbehälter vorgeschrieben. Außerdem müssen missverständliche Akkreditierungssymbole vermieden, Mehrweg deutlich gekennzeichnet, Rezyklat-Anteile freiwillig angegeben und ein digitaler Produktpass implementiert werden.

Einige dieser Forderungen konnten teilweise von einzelnen, teilweise auch von mehreren oder sogar allen untersuchten Unternehmen umgesetzt werden. Wenn auch nicht immer im vollen vorgeschriebenen Maße und bei all ihren Verpackungssortiment. Nach den momentanen länderspezifischen Einstufungen konnten drei Unternehmen die Herausforderung einer Recyclingfähigkeit ihrer Verpackungen aufweisen. Die Implementierung einer Refill-Station unter den

Anforderungen hat ein Unternehmen bereits umgesetzt. Jedes der Unternehmen bezog eine Reduzierung des Gewichts und Volumens bei gleichbleibender Leistung mit einzelner Ausnahme in ihre verpackungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategien mit ein. Außerdem konnte ein Leerraum von maximal 40 % überall eingehalten werden. Auch Einweg zu reduzieren und Mehrweg zu implementieren stand auf der Agenda vieler Unternehmen. Im Falle einer Mehrweg-Implementierung wurden auch die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Das Thema Abfallvermeidung durch gezielte Umsetzung an Beispielen wie Re-Design der Verpackung und die Verbraucher-Information über die angemessene Entsorgung des Verpackungsabfalls konnte ebenfalls jedem Unternehmen nachgewiesen werden, wohingegen auf der Webseite darüber nicht bei Allen informiert wurde. Die materialspezifische Kennzeichnung wird von einzelnen Unternehmen bereits berücksichtigt, einige liefern dafür Ansätze. Der Rezyklat-Einsatz wird nur teilweise berücksichtigt, wohingegen einzelne Molkereien bereits die Mindestquote von rPET einhalten können. Engagement, den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren, zeigen weiterhin alle untersuchten Unternehmen.

Der größte Handlungsbedarf besteht im Zuge dessen im Einsatz von Rezyklat und in der konkreten Umsetzung, alle Verpackungen recyclebar zu gestalten. Weiterhin sollte den Themen Refill- und Reuse gerade in kleineren Unternehmen und Ländern mehr Beachtung geschenkt werden. Die Erkenntnisse bestätigen damit die Relevanz der Novellierung der PPWD und die Aussagen des Folgeabschätzungsberichts.

In weiterer Forschungsarbeit sollten verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrategien der Schweizer Unternehmen in der Milchindustrie im größeren Umfang miteinbezogen werden. Weiterhin könnten Kategorien aus je einem Land abgedeckt werden, damit ein direkter Ländervergleich im D/A/CH-Raum möglich ist. Dies war im Zuge dieser Arbeit aufgrund fehlender Daten nicht im vollen Ausmaß möglich. Zudem wäre es sinnvoll, eine solche Analyse zu wiederholen, sobald es delegierte Rechtsakten für D4R-Kriterien gibt und die Milchindustrie die Vorgaben aktiv in ihre Nachhaltigkeitsstrategien und -Berichte miteinbezieht. Diese werden bis 2027 von der EU-Kommission festgelegt. Nach der Darlegung der Rechtsakte könnte es ebenfalls sinnvoll sein, ein Punktesystem bezüglich der D4R-Empfehlungen der PPWR zu entwickeln, nach der die Verpackungen bewertet werden können. Damit kann sowohl ein besserer Vergleich möglich sein als auch der Industrie ein klares Bild vermittelt werden, wo ihre Verpackungen bezüglich der PPWR stehen. Dies könnte auch Teil eines Online-Tools werden. Trotz bisher fehlender Rechtsakte ist es für Verpackungshersteller in den nächsten Jahren essenziell, die PPWR beim Inverkehrbringen von Verpackungen oder Verpackungsanlagen schon zu beachten und diese einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung zu unterziehen. Dabei spielen ein zirkuläres Design sowie die Forschung nach neuen Möglichkeiten der Materialnutzung eine wichtige Rolle. Des Weiteren ist unabdingbar an Mehrwegalternativen für Molkereiproduktverpackung neben einer Glasverpackung zu forschen, die ohne Beschränkungen

nachhaltiger als eine Einwegalternative ist. So sollte der PET-Mehrweg-Option in der Frischmilchverpackung weiterhin nachgegangen werden. Zum Erreichen einer Kreislaufwirtschaft ist es außerdem zwingend erforderlich, geeigneten Recyclingtechnologien zum Einsatz von Rezyklaten weiterzuentwickeln. Damit soll die Zulassung von Rezyklaten im Lebensmittelkontakt, wie rPP, möglich gemacht werden. Da der Einsatz von rPET-Joghurtbechern selten und der Einsatz von rPET-Milchflaschen nicht beobachtet werden konnte, gilt es diesbezüglich weitere Untersuchungen durchzuführen, um die Anwendungsfähigkeit und -Sicherheit bei sensiblen Produkten nachzuweisen und Unsicherheiten seitens der Industrie zu klären. In weiterführenden Forschungsarbeiten könnte auch eine Untersuchung des aktuellen Wissensstands des Verbrauchers über Abfallvermeidung- und Management sowie über das Thema Recycling sinnvoll sein. Auch die Forschung und Entwicklung im Bereich der Biopolymere bleibt weiterhin spannend, da es viel Potenzial unterschiedlicher Materialien gäbe, die zu ungeklärten Details führen. Diese sollten durch weitere Studien geklärt werden, damit sie sich den Platz in einer nachhaltigen Zukunft zweifelsohne sichern können. In Bezug auf Fragebögen, die sich explizit an Unternehmen richten, ist es zudem wichtig, dass das Anliegen direkt die richtige Ansprechperson erreicht, damit eine höhere Rückmeldungswahrscheinlichkeit erreicht wird.

Selbst wenn die Umsetzung des D4R einer Verpackung mit dementsprechenden Vorgaben der PPWR am Hersteller liegt, steht jedoch eines fest: Die Verwirklichung einer Kreislaufwirtschaft und die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltauswirkungen funktioniert nur unter der Bedingung einer engen Zusammenarbeit von Mitgliedstaaten, Industrie und Verbraucher.

8. Kurzfassung

Milchprodukte sind aufgrund ihrer ernährungsphysiologischen Vorteile, insbesondere ihres Reichtums an Mikronährstoffen, in der Lebensmittelversorgung kaum wegzudenken. Neben der Relevanz in der Wirtschaft, ist Milch weltweit das meistkonsumierte Milchprodukt. Diese muss infolgedessen auch verpackt werden, obwohl Verpackungen sowie dessen Abfälle, wesentliche Ursachen für den Klimawandel sind. Dies ist u.a. auf Recyclingdefizite zurückzuführen. Jedoch ist eine optimal funktionierende Verpackung in der Milchindustrie aus der Sicht der Lebensmittelsicherheit unabdingbar, was eine nachhaltige Gestaltung jener erfordert. Weiterhin gewinnt das Thema Nachhaltigkeit immer mehr an öffentliches Interesse, weshalb diese Problematiken nun aus politischer Sicht mit dem Vorschlag zur PPWR angegangen werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es verpackungsbezogene Nachhaltigkeitsstrategien zehn repräsentativer Unternehmen der Milchindustrie im DACH-Raum in verschiedenen Kategorien bezüglich der PPWR zu analysieren. Dabei sollen praktische Herausforderungen und davon bereits umgesetzte Anforderungen sowie der nötige Handlungsbedarf identifiziert werden. Mithilfe einer erarbeiteten Checkliste und einem Fragebogen erfolgt im Anschluss an eine ausführliche Analyse des Umfelds der Molkereiverpackungen und einleitende Literaturübersicht die Untersuchung.

Die Ergebnisse zeigen, dass aus der PPWR zahlreiche praktische Herausforderungen für die Milchindustrie folgen, die es zu bewältigen gilt. Die größten Schwierigkeiten stellen die Mindestquoten für Rezyklat-Anteile, die Anforderungen an die Recyclingfähigkeit aller Verpackungen sowie eine Implementierung von Mehrweg-Systemen dar. Einige Unternehmen stellen dennoch innovative Ansätze an Maßnahmen vor und können vereinzelt Umsetzungen einiger Anforderungen aufweisen. Die Beobachtungen und Unterschiede in den verschiedenen Milchindustrie-Kategorien können dabei u.a. auf bisher nicht harmonisierte Bestimmungen oder der beschränkten Nachhaltigkeit der Mehrwegalternativen zurückgeführt werden. Daraus folgt eine bestätigte Relevanz der Novellierung des rechtlichen Rahmens, um eine Kreislaufwirtschaft zukünftig in enger Zusammenarbeit umsetzen zu können.

9. Abstract

It is hard to imagine nutrition without dairy products due to their nutritional benefits, especially their richness in micronutrients. Milk is the most consumed dairy product worldwide and has therefore an eminent role in economies. To enable transportation and its shelf life, milk has to be packaged with all its negative climate effects of the lifecycle of packing material. However, from the point of food safety an optimally functioning packaging in the dairy industry is indispensable, which requires sustainable design. Furthermore, the issue of sustainability is gaining more public interest, which is why these issues are now being addressed from EU-Commission within the PPWR.

This thesis is tackling with an analysis of packaging-related sustainability strategies regarding the PPWR of ten representative companies of the dairy industry in the DACH-region in different categories. Practical challenges and already implemented requirements as well as the necessary need for action are to be identified. After a detailed analysis of the dairy packaging environment and an introductory literature review, a study is conducted with the aid of a checklist and a questionnaire.

The results show numerous practical challenges from the PPWR for the dairy industry that need to be overcome. The greatest difficulties are the minimum quotas for recycled material, the requirements for the recyclability of all packaging and the implementation of reuse-systems. However, some companies offer innovative approaches to measures and can demonstrate implementation of some requirements. The observations and differences in the various dairy industry categories can be attributed, for example to non-harmonized regulations or the limited sustainability of the reusable alternatives. This leads to a confirmed relevance of the amendment of the legal framework in order to be able to implement a circular economy in close cooperation.

10. Literaturverzeichnis

- AGES. (2023). Milch Informationen. AGES. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ages.at/mensch/ernaehrung-lebensmittel/lebensmittelinformationen/milch>
- ALDI Einkauf SE & CO. oHG & ALDI SÜD KG (Hrsg.). (2023, April). ALDI'S INTERNATIONAL RECYCLABILITY GUIDELINE - Version 2. Zugriff am 5.6.2023. Verfügbar unter: <https://cr.aldisouthgroup.com/en/download/2023-aldis-international-recyclability-guideline-version-2>
- ALDI SÜD (Hrsg.). (2022, Juli). Heute für Morgen - CR Steakholderbroschüre. Zugriff am 1.6.2023. Verfügbar unter: https://s7g10.scene7.com/is/content/aldi/AS_CR_Stakeholderbroschuere_072022_Online.pdf
- ALDI SÜD. (2023a). Heute für morgen - ALDI Trennhinweise erleichtern das Recycling. *ALDI SÜD*. Zugriff am 19.6.2023. Verfügbar unter: <https://www.aldi-sued.de/de/nachhaltigkeit/klima-und-umwelt/verpackungsmission/recyclen.html>
- ALDI SÜD. (2023b). Packaging | ALDI SOUTH Group. *ALDI Responsibility*. Zugriff am 2.6.2023. Verfügbar unter: <https://cr.aldisouthgroup.com/en/responsibility/our-work-action/packaging>
- ALDI SÜD. (2023c). ALDI SÜD wird Mitglied im Recycling-Netzwerk Forum Rezyklat. Zugriff am 14.8.2023. Verfügbar unter: <https://www.aldi-sued.de/de/nachhaltigkeit/neuigkeiten/mitglied-im-forum-rezyklat.html>
- AMA. (2023, April 26). Marktinformation - Milch und Milchprodukte. *AMA - AgrarMarkt Austria*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.ama.at/marktinformationen/milch-und-milchprodukte/aktuelle-informationen>
- Ashok, A., C R, R. & Ravindranathan, R. (2016). Biodegradable Polymers for Sustainable Packaging Applications: A Review. *International Journal of Bionics and Biomaterials*, 2, 1–11.
- Austropapier. (2023, Juli 11). EU-Verpackungsverordnung:Frontalangriff auf Papier, Karton und Wellpappe - Austropapier. Zugriff am 9.8.2023. Verfügbar unter: <https://austropapier.at/eu-verpackungsverordnungfrontalangriff-auf-papier-karton-und-wellpappe/>
- Barron, A. & Sparks, T. D. (2020). Commercial Marine-Degradable Polymers for Flexible Packaging. *iScience*, 23 (8), 101353. doi:10.1016/j.isci.2020.101353
- Batz, M. (2021). Entwicklung, Strategien und Modelle der Nachhaltigkeit (Basiswissen Sozialwirtschaft und Sozialmanagement). In M. Batz (Hrsg.), *Nachhaltigkeit in der Sozialwirtschaft: Eine Einführung* (S. 5–41). Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi:10.1007/978-3-658-32558-9_2

- Berchtesgadener Land Chiemgau eG. (2023). Nachhaltige Verpackung. *Berchtedgadener Land - Echt. Gut.* Zugriff am 25.5.2023. Verfügbar unter: <https://bergbauernmilch.de/de/unsere-molkerei/nachhaltige-verpackung.html>
- Berglandmilch, eGen. (2021). *Unser Ansporn der Gedanke an Morgen - Nachhaltigkeitsbericht 2020*. Nachhaltigkeitsbericht. (S. 31). Wels. Zugriff am 23.5.2023. Verfügbar unter: https://www.berglandmilch.at/sites/default/files/2021-08/blm_nachhaltigkeitsbericht_2020_online_de.pdf
- Berglandmilch, eGen. (2023). Produktlösungen. *Berglandmilch*. Zugriff am 23.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.berglandmilch.at/de/produktloesungen>
- Bergmair, J., Washüttl, M. & Wepner, B. (2012). *Prüfpraxis für Kunststoffverpackungen: Lebensmittel-, Pharma- und Kosmetikverpackungen* (2., überarb. Aufl.). Hamburg: Behr.
- Bertolini, M., Bottani, E., Vignali, G. & Volpi, A. (2016). Comparative Life Cycle Assessment of Packaging Systems for Extended Shelf Life Milk: Comparative LCA of Packaging Systems for Extended Shelf Life Milk. *Packaging Technology and Science*, 29 (10), 525–546. doi:10.1002/pts.2235
- Bieri, L., Binder, C. & Stauffacher, M. (2005). FSC in der Schweiz: Über den Markt zu Nachhaltigkeit oder über Nachhaltigkeit zum Markt? | FSC in Switzerland: Sustainability via the market, or the market via sustainability? (reviewed paper). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 156 (10), 378–384. doi:10.3188/szf.2005.0378
- BILLA. (2023). Nachhaltigkeit - Raus aus Plastik. *BILLA*. Zugriff am 28.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.billa.at/nachhaltigkeit/raus-aus-plastik>
- Bio Pack. (2023). Dessert- und Fruchtbecher 250ml. *bio pack - biologisch abbaubare Lebensmittelverpackungen*. Zugriff am 12.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.bio-pack.at/produkt/unkategorisiert/dessert-und-fruchtbecher/>
- Biohof Zauner. (2023). rPET-Verpackung. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://biohof-zauner.at/rpet-verpackung/>
- BLW. (2023). Milch und Milchprodukte (Nachhaltige Produktion). *Bundesamt für Landwirtschaft*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/tierische-produktion/milch-und-milchprodukte.html>
- BLW, B. für L. (2023). Milch (Markt). *Bundesamt für Landwirtschaft*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/markt/marktbeobachtung/milch.html>
- BML. (2023). Milchwirtschaft in Österreich. *Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft*. Zugriff am 6.4.2023. Verfügbar unter: <https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/tierische-produktion/milch/milchwirtschaft.html>

- Bonsucro - The global platform for sustainable sugarcane. (2023). *Bonsucro*. Zugriff am 21.3.2023. Verfügbar unter: <https://bonsucro.com/>
- Börgermann, Dr. B. (2022). Molkerei - Milkipedia. *MIV Milchindustrie-Verband e.V.* Zugriff am 4.4.2023. Verfügbar unter: <https://milchindustrie.de/milkipedia/molkerei/>
- Buchner, N. S. (2013). *Verpackung von Lebensmitteln: Lebensmitteltechnologische, verpackungstechnische und mikrobiologische Grundlagen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bundesamt für Umwelt, B. (2023). Verpackungen. *Schweizerische Eidgenossenschaft*. Zugriff am 13.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfallwegweiser--stichworte-a--z/verpackungen.html>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2021). Definitionen und Begriffe Milch und Milcherzeugnisse. Zugriff am 4.4.2023. Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/DefinitionBegriffe.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2022). *Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Milch und Milcherzeugnissen*. (S. 207). Bonn. Zugriff am 4.4.2023. Verfügbar unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/2022Bericht-Milch.pdf;jsessionid=25A5D139D149B1FC970D3956993AC6C6.internet972?__blob=publicationFile&v=2
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2023). BLE - Milch und Milcherzeugnisse - 2023: Milchpreise pro Monat. *Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung*. Zugriff am 4.4.2023. Verfügbar unter: https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/_functions/TabelleMilchpreiseMonat2023.html;jsessionid=25A5D139D149B1FC970D3956993AC6C6.internet972?nn=8906974
- Bundesministeriums der Justiz. (2017, Juli 5). *Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz - VerpackG)*. *BGBI. I S. 2234*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: https://www.verpackungsgesetz.com/wp-content/uploads/gesetz_verpackg_final_fassung_ab_20220701.pdf
- Bundesministeriums der Justiz. (2021a, Februar 20). *Verordnung über das Verbot des Inverkehrbringens von bestimmten Einwegkunststoffprodukten und von Produkten aus oxo-abbaubarem Kunststoff* (Einwegkunststoffverbotsverordnung - EWKVerbotsV)*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ewkverbotsv/EWKVerbotsV.pdf>
- Bundesministeriums der Justiz. (2021b, Juni 24). *Verordnung über die Beschaffenheit und Kennzeichnung von bestimmten Einwegkunststoffprodukten*

- (Einwegkunststoffkennzeichnungsverordnung - EWKKennzV). BGBl. I S. 2024. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ewk-kennzv/EWKKennzV.pdf>
- Burger, A., Caye, N. & Schüler, K. (2022). *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020*. Abschlussbericht. (S. 267). Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-09-29_texte_109-2022_aufkommen-verwertung-verpackungsabfaelle-2020-d.pdf
- Burgstaller, M., Potrykus, A., Weißenbacher, J., GmbH, B., Kabasci, D. S., Merrettig-Bruns, D. U. et al. (2018). Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe. (Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Hrsg.), 150.
- Cappiello, G., Aversa, C., Genovesi, A. & Barletta, M. (2022). Life cycle assessment (LCA) of bio-based packaging solutions for extended shelf-life (ESL) milk. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (13), 18617–18628. doi:10.1007/s11356-021-17094-1
- Carlowitz, H. C. von, Huss, J. & Gadow, F. von. (2012). *Sylvicultura oeconomica: hauswirtschaftliche Nachricht und naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht* (Faksimile der Erstaufl. Leipzig 1713.). Remagen-Oberwinter: Kessel.
- Coelho, P. M., Corona, B., ten Klooster, R. & Worrell, E. (2020). Sustainability of reusable packaging—Current situation and trends | Elsevier Enhanced Reader. doi:10.1016/j.rcrx.2020.100037
- Conn, R. E., Kolstad, J. J., Borzelleca, J. F., Dixler, D. S., Filer, L. J., LaDu, B. N. et al. (1995). Safety assessment of polylactide (PLA) for use as a food-contact polymer. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 33 (4), 273–283. doi:10.1016/0278-6915(94)00145-e
- Desole, M. P., Aversa, C., Barletta, M., Gisario, A. & Vosooghnia, A. (2022). Life cycle assessment (LCA) of PET and PLA bottles for the packaging of fresh pasteurised milk: The role of the manufacturing process and the disposal scenario. *Packaging Technology and Science*, 35 (2), 135–152. doi:10.1002/pts.2615
- DMK. (2023). Struktur. *dmk Group*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://dmk.de/wer-wir-sind/struktur>
- DUH. (2021, Januar 21). Recycling-Lüge bei Getränkekartons: Deutsche Umwelthilfe fordert Pfand für klimaschädliche Einwegverpackung von Tetra Pak und Co. *Deutsche Umwelthilfe e.V.* Zugriff am 21.6.2023. Verfügbar unter: https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/recycling-luege-bei-getraenkekartons-deutsche-umwelthilfe-fordert-pfand-fuer-klimaschaedliche-einwegver/?no_cache=1

- ECR Austria. (2020, Juni 22). ECR Empfehlung Packaging Design For Recycling. Zugriff am 13.3.2023. Verfügbar unter: https://circularanalytics.com/fileadmin/user_upload/ecr_austria_packaging_design_for_recycling_2020_DE.pdf
- ECR Austria. (2021). Nachhaltigkeitsbewertung von Verpackungen. Zugriff am 14.3.2023. Verfügbar unter: https://circularanalytics.com/fileadmin/user_upload/ecr_nachhaltigkeitsbewertung_version2_2021_DE.pdf
- EDEKA. (2023). Verpackungsmanagement. *EDEKA*. Zugriff am 20.4.2023. Verfügbar unter: https://www.edeka.de/nachhaltigkeit/unsere-wwf-partnerschaft/verpackungen/umweltfreundliche_verpackungen.jsp
- Ellen MacArthur Foundation, World Economic Forum & McKinsey & Company. (2016). The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics. Verfügbar unter: <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>
- Elopak. (2023a). Pure-Pak® Kartons. *Elopak*. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.elopak.com/de/pure-pak-verpackungssystem/>
- Elopak. (2023b). Erneuerbare Kunststoffe. *Elopak*. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.elopak.com/de/packaging-by-nature/erneuerbare-kunststoffe/>
- Emmi. (2023). Emmi CAFFÈ LATTE | Recycling. *emmi caffe latte*. Zugriff am 9.8.2023. Verfügbar unter: <https://www.emmi-caffelatte.com/che/de/recycling>
- EPPA & RAMBOLL. (2021a). Life Cycle Assessment study of single use paper-based products compared to reusable tableware in Quick Service Restaurants. *seda — international packaging group*. Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.sedagroup.com/single-use-lca>
- EPPA & RAMBOLL (Hrsg.). (2021b). EINWEG VS. MEHRWEG - Wissenschaftliche Hinterfragung vorgefasster Meinungen. Verfügbar unter: <https://www.pro-s-pack.de/resources/Ramboll-Oekobilanz-Studie-Executive-Summary.pdf>
- Eriksen, M. K., Christiansen, J. D., Daugaard, A. E. & Astrup, T. F. (2019). Closing the loop for PET, PE and PP waste from households: Influence of material properties and product design for plastic recycling. *Waste Management*, 96, 75–85. doi:10.1016/j.wasman.2019.07.005
- Erlebnissenerei Zillertal (Hrsg.). (2023a). Bewährte Qualität nachhaltig verpackt - Schmeckt deinen Kunden und dem Klima! Zugriff am 23.5.2023. Verfügbar unter: https://www.erlebnissenerei-zillertal.at/uploads/tx_bh/sf_relaunch_nachhaltigkeit.pdf?mod=1652340003
- Erlebnissenerei Zillertal. (2023b). So entsorgst Du richtig. *Erlebnissenerei Zillertal*. Zugriff am 6.6.2023. Verfügbar unter: <https://www.erlebnissenerei-zillertal.at/neues/detail/so-entsorgst-du-richtig/>

- Euroglas. (2023). Milchflasche Mehrweg (0987). *EUROGLAS*. Zugriff am 10.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.euroglas.de/produkte/milchflasche-mehrweg-0987/>
- Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (1994). *Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle*. OJ L (Band 365). Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31994L0062&qid=1677600334319&from=DE>
- Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2018, November 19). *Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=DE>
- Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2019, Juni 5). *Richtlinie (EU) 2019/904 des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32019L0904:DE:HTML>
- European Bioplastics. (2022). What are bioplastics? - Material types, terminology, and labels - an introduction. Zugriff am 9.3.2023. Verfügbar unter: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf
- European Commission. (2020). Eurobarometer: Umwelt- und Klimaschutz. *European Commission - Pressemitteilung*. Zugriff am 31.3.2023. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_20_331
- European Commission. (2022a). *Impact Assessment Report accompanying the proposal for a regulation of packaging and packing waste - part 1*. (S. 55). Brüssel.
- European Commission. (2022b, November 30). Der europäische Grüne Deal: Abfallintensive Verpackungen verbieten, Wiederverwendung und Recycling fördern. *European Commission - Pressemitteilung*. Zugriff am 27.2.2023. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_7155
- European Commission. (2022c). *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC*. 2022/0396. Zugriff am 20.2.2023. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:de4f236d-7164-11ed-9887-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

- Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (2023). Getränkekarton Recycling: einfach und effizient. *FKN*. Zugriff am 1.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.getraenkekarton.de/recycling/>
- FAO. (2020). *Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets - November 2020*. Rom. doi:10.4060/cb1993en
- Fortschritt zur Nachhaltigkeit 2022*. Nachhaltigkeitsbericht. (2022). (S. 17). Mülheim an der Ruhr. Zugriff am 1.6.2023. Verfügbar unter: https://s7g10.scene7.com/is/content/aldi/ALDI_SUED_Fortschrittsbericht_zur_Nachhaltigkeit_062022.pdf
- Fraunhofer IBP. (2023). Ökobilanzierung. *Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP*. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/methoden-ganzheitliche-bilanzierung/oekobilanzierung.html>
- Fraunhofer IVV. (2020). Forschungsprojekt Preserve. *Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV*. Zugriff am 14.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/biobasierte-materialien-fuer-papier-und-folienanwendungen/projekt-preserve.html>
- Fraunhofer IVV. (2022). Kunststoff-Recycling - CreaSolv® Prozess. *Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV*. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/recycling-umwelt/kunststoff-recycling-creasolv.html>
- Fraunhofer IVV. (2023). Biobasierte Materialien für Papier- und Folienanwendungen. *Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV*. Zugriff am 14.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/biobasierte-materialien-fuer-papier-und-folienanwendungen.html>
- Fraunhofer UMSICHT. (2021, Juli 1). Nachhaltige Verpackung für Frischmilch. *Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT*. Zugriff am 27.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2021/studie-molkerei.html>
- FSC Deutschland. (2023). FSC Deutschland - Wälder Für Immer Für Alle. Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.fsc-deutschland.de/>
- Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e. V. (GKV), BDE & BVSE. (2022). Neue Regeln für Kunststoff-Rezyklate im Kontakt mit Lebensmitteln- Leitlinien. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: https://www.gkv.de/assets/uploads/GKV_BDE_bvse_Rezyklate_in_Kunststoffprodukten_final.pdf
- Getränkekarton Austria. (2022). Recycling Mission 2025. *Getränkekarton Austria*. Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.recyclingmission.at/>
- Green Box. (2023). PLA-Dessert-Becher (300 ml / 12 oz) | 1000 Stück. *greenBox - Eco Up Packaging*. Zugriff am 12.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.biologischverpacken.de/pla-dessert-becher-300-ml-12-oz-oe-90-mm/dcd00311>

- Greiner AG. (2022, März 23). 100 Prozent r-PET: Harvest Moon und Greiner Packaging realisieren nachhaltige Becherverpackung. *greiner*. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.greiner.com/news/100-prozent-r-pet-harvest-moon-und-greiner-packaging-realisieren-nachhaltige-becherverpackung/>
- Greiner Packaging. (2023a). Product Finder. *Greiner Packaging*. Zugriff am 31.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.greiner-gpi.com/de/Produkte/Productfinder>
- Greiner Packaging. (2023b). K3® r100: Der Becher, der sich selbst trennt. Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.greiner-gpi.com/de/Produkte/Produkt-Innovationen/K3-r100>
- Hees, T., Zhong, F., Stürzel, M. & Mülhaupt, R. (2019). Tailoring Hydrocarbon Polymers and All-Hydrocarbon Composites for Circular Economy. *Macromolecular Rapid Communications*, 40 (1), 1800608. doi:10.1002/marc.201800608
- Heinrich, C., Mosa, M. & Meineke, C. (2022). EDEKA and the WWF – Strategic Partnership - 2021 PROGRESS REPORT. Fortschrittsbericht. (S. 119). Köln. Zugriff am 20.4.2023. Verfügbar unter: <https://verbund.edeka/verbund/progress-report-edeka-wwf-2021.pdf>
- HOFER. (2023). Nachhaltigkeitsinitiative. *HOFER - Homepage*. Zugriff am 21.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.hofer.at/de/heute-fuer-morgen.html>
- Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities - PMC. *NIH- National Library of Medicine*. Zugriff am 2.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873020/>
- Hopmann, C. & Michaeli, W. (2007). *Einführung in die Kunststoffverarbeitung*. Carl Hanser Verlag. Zugriff am 1.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/epdf/10.3139/9783446446281.fm>
- Hutter, C.-P., Blessing, K. & Köthe, R. (2012). *Grundkurs Nachhaltigkeit: Handbuch für Einsteiger und Fortgeschrittene*. München: oekom-Verl.
- Initiative Tierwohl. (2023). Für mehr Tierwohl in der Nutztierhaltung. *Initiative Tierwohl*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://initiative-tierwohl.de/>
- Institut cyclos-HTP GmbH. (2021). Anforderungs- und Bewertungskatalog. *Institut cyclos-HTP*. Zugriff am 16.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.cyclos-htp.de/publikationen/a-b-katalog/>
- Interpack. (2023). Biokunststoffe: nachhaltige Alternative oder Greenwashing? *Interpack*. Zugriff am 22.6.2023. Verfügbar unter: https://www.interpack.de/de/Media_News/Tightly_Packed_Magazin/NAHRUNGSMITTEL/News/Biokunststoffe_nachhaltige_Alternative_oder_Greenwashing
- Kaiser, W. (2006). *Kunststoffchemie für Ingenieure* (3. Auflage). München Wien: Hanser.

- Kämmerer, N. (2022, Januar 14). FSC: Ökosiegel für Holz in der Kritik. *Pro Wildlife*. Zugriff am 22.6.2023. Verfügbar unter: <https://www.prowildlife.de/aktuelles/hintergrund/fsc-herkunftssiegel-fuer-holz/>
- Kaßmann, M. & Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). (2014). *Grundlagen der Verpackung: Leitfaden für die fächerübergreifende Verpackungsausbildung* (Studium Verpackung) (2., überarb. und erw. Aufl.). Berlin Wien Zürich: Beuth.
- Krones. (2021, September 10). Saft und Milch: gut aufgehoben in Mehrweg-PET. *Krones Magazine*. Zugriff am 21.6.2023. Verfügbar unter: <https://www.krones.com/de/unternehmen/presse/magazine/innovation/saft-und-milch-gut-aufgehoben-in-mehrweg-pet.php>
- Land schafft Leben. (2023). Milch. *Land schafft Leben*. Zugriff am 6.4.2023. Verfügbar unter: <https://landschaftleben.at>
- Landliebe. (2023). Unsere Geschichte. *Landliebe*. Zugriff am 8.8.2023. Verfügbar unter: <https://www.landliebe.de/die-landliebe-welt/unsere-geschichte/>
- Logo-Plastic GmbH. (2023). Startseite. *Milch-Flaschen.de*. Zugriff am 10.5.2023. Verfügbar unter: <https://milch-flaschen.de/>
- Loos, K., Zhang, R., Pereira, I., Agostinho, B., Hu, H., Maniar, D. et al. (2020). A Perspective on PEF Synthesis, Properties, and End-Life. *Frontiers in Chemistry*, 8, 18.
- Maharana, T., Negi, Y. S. & Mohanty, B. (2007). Review Article: Recycling of Polystyrene. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 46 (7), 729–736.
doi:10.1080/03602550701273963
- Martens, H. (2013). Kunststoffrecycling. (F. Böckler, B. Dill, G. Eisenbrand, F. Faupel, B. Fugmann, T. Gamse et al., Hrsg.). Thieme Gruppe. Zugriff am 2.3.2023. Verfügbar unter: <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-11-02412>
- Martens, H. & Goldmann, D. (2016). Recycling von Kunststoffen. *Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis* (S. 271–324). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. doi:10.1007/978-3-658-02786-5_7
- Martens, J. & Obenland, W. (2017). *Die Agenda 2030: globale Zukunftsziele für nachhaltige Entwicklung* (Vollständig aktualisierte und überarbeitete Neuauflage, Redaktionsschluss: 30. September 2017.). Bonn: Global Policy Forum.
- Masmoudi, F., Fenouillot, F., Mehri, A., Jaziri, M. & Ammar, E. (2018). Characterization and quality assessment of recycled post-consumption poly(ethylene terephthalate) (PET). *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (23), 23307–23314.
doi:10.1007/s11356-018-2390-7
- Meadows, D., Meadows, J. D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth. A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. Washington: Univerese Books.

- Middendorf, E. (2022). SIG investiert in neue Anlage zum Recycling gebrauchter Getränkekartons. *neue verpackung*. Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.neue-verpackung.de/markt/sig-investiert-in-neue-anlage-zum-recycling-gebrauchter-getraenkekartons-213.html>
- Mikloskova, H., Witte, F., Joeres, E. & Terjung, N. (2021). Storage stability of plain stirred whole milk yoghurt (3.7% fat) packed in polylactic acid and polystyrene. *International Dairy Journal*, 120, 105088. doi:10.1016/j.idairyj.2021.105088
- MIV. (2020a, September). Fakten Milch, Milch und Mehr - die deutsche Milchwirtschaft auf einen Blick.
- MIV. (2020b). TOP 20 Molkereien in Deutschland 2020. Zugriff am 4.4.2023. Verfügbar unter: https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2019/02/TOP_Molke-reien_DE_Homepage.pdf
- MIV. (2023). Startseite. *MIV Milchindustrie-Verband e.V.* Zugriff am 5.4.2023. Verfügbar unter: <https://milchindustrie.de/>
- Molkerei Söbbeke. (2022a). bioliebe - 100% Bio aus Überzeugung, (1), 20.
- Molkerei Söbbeke. (2022b, Mai 21). Nachhaltigkeit aus ganzem Herzen. *Paul Söbbeke, Bio-Pionier seit 1988*. Zugriff am 22.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.soebbeke.de/nachhaltigkeit/>
- Mordor Intelligence. (2020). Europäischer Milchverpackungsmarkt | 2023 - 2028 | Branchenanteil, Größe, Wachstum. *Mordor Intelligence*. Zugriff am 18.7.2023. Verfügbar unter: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-dairy-packaging-market>
- Müller, A. (2021, April 9). FSC: Wie nachhaltig ist das Holz-Siegel? *NDR*. Zugriff am 22.6.2023. Verfügbar unter: <https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/FSC-Wie-nachhaltig-ist-das-Holz-Siegel,fscsiegel110.html>
- Müller, H.-M. (2001). *Zukunft der Verwertung von Verpackungsabfällen* (Neues aus Forschung und Praxis). (K. Wiemer & M. Kern, Hrsg.) (1. Auflage.). Witzhausen: Witzhausen-Inst. für Abfall, Umwelt und Energie.
- Nachhaltigkeitsbericht | 2019*. Nachhaltigkeitsbericht. (2020). (S. 60). Piding. Zugriff am 25.5.2023. Verfügbar unter: <https://media.bergbauernmilch.de/nachhaltigkeitsbericht/2019/44/>
- Nachhaltigkeitsbericht 2019/2020 - Die besten Milchmomente*. Nachhaltigkeitsbericht. (2021). (S. 91). Luzern. Zugriff am 25.5.2023. Verfügbar unter: <https://downloads.emmi.com/app/uploads/emmi-portal/Emmi-Nachhaltigkeitsbericht-2020.pdf>
- Nachhaltigkeitsbericht 2019/2020 „Richtige Dinge einfach tun.“* Nachhaltigkeitsbericht. (2021). (S. 91). Schwarzenfeld.

- NaKu. (2022, Dezember 12). NaKu PLA-Flasche/Biokunststoff-Flasche 250ml und 500ml. Zugriff am 12.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.naku.at/naku-pla-flasche-bio-kunststoff-flasche-250ml-und-500ml/>
- Nanopool. (2023). NP® SiOPack® – Sustainable packaging with NP® SiOPack®. Zugriff am 13.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.siopack.eu/>
- Ncube, L. K., Ude, A. U., Ogunmuyiwa, E. N., Zulkifli, R. & Beas, I. N. (2020). Environmental Impact of Food Packaging Materials: A Review of Contemporary Development from Conventional Plastics to Polylactic Acid Based Materials. *Materials*, 13 (21), 4994. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/ma13214994
- Neupack Verpackungen. (2023). . Unternehmenseite, . Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <http://www.neupack.de/produkte/deutsch/index.php?productPage=ueberblick>
- Nikolić, N. (2022). VÖM: Düstere Bilanz. *CASH-Das Handelsmagazin*. Zugriff am 6.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.cash.at/industrie/news/voem-ernuechternde-bilanz-26534>
- Optipack. (2023). *Optipak*. Zugriff am 29.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.optipack.de/>
- Österreichischer Raiffeisen Verband. (2020). Strategie -Leitlinien für eine erfolgreiche österreichische Milchwirtschaft2030. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: https://landwirt-media.com/wp-content/uploads/2021/06/Leitfaden_Milchwirtschaft_2030.pdf.pdf
- Paccor. (2023). Technology expertise for protective packing solutions - dairy. *Paccor - A part of faerch*. Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.paccor.com/solutions/dairy>
- Packaging Cockpit GmbH. (2023). Packaging Cockpit - Ein System für die gesamte Supply Chain. *Packaging Cockpit*. Zugriff am 27.6.2023. Verfügbar unter: <https://packaging-cockpit.com/>
- Packaging Europe. (2023a, Juni 21). Tetra Pak and Stora Enso launch new beverage carton recycling line in Poland. *Packaging Europe*. Zugriff am 22.6.2023. Verfügbar unter: <https://packagingeurope.com/news/tetra-pak-and-stora-enso-launch-new-beverage-carton-recycling-line-in-poland/9961.article>
- Packaging Europe. (2023b, Juni 15). Reuse and refill: success, challenges, and learnings. *Packaging Europe*. Zugriff am 22.6.2023. Verfügbar unter: <https://packagingeurope.com/comment/reuse-and-refill-success-challenges-and-learnings/9934.article>
- Packaging Journal. (2020, September 8). Erste Tests erfolgreich: Joghurt-Becher aus 100 Prozent Recycling-Material - packaging journal. *Packaging Journal*. Zugriff am 2.3.2023. Verfügbar unter: <https://packaging-journal.de/100-prozent-recycling-joghurt-becher/>

- Packaging Journal. (2023, Juli 13). EU-Verpackungsverordnung: Kunststoffverpackungen benachteiligt? Zugriff am 9.8.2023. Verfügbar unter: <https://packaging-journal.de/eu-verpackungsverordnung-kunststoffverpackungen-benachteiligt/>
- PackPart GmbH. (2023). Mehrwegverpackung - PackPart Verpackungsmaschinen-Glossar. *PackPart GmbH*. Zugriff am 21.6.2023. Verfügbar unter: <https://pack-part.eu/glossar/mehrwegverpackung/>
- PEFC. (2023). Alles über das PEFC-Siegel. *PEFC*. Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.pefc.de/pefc-siegel/>
- Pinter, E., Welle, F., Mayrhofer, E., Pechhacker, A., Motloch, L., Lahme, V. et al. (2021). Circularity Study on PET Bottle-To-Bottle Recycling. *Sustainability*, 13 (13), 7370. Multi-disciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/su13137370
- Plastics Europe. (2022). *Plastics – the Facts 2022*. (S. 81). Zugriff am 13.3.2023. Verfügbar unter: https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf
- Plastics Europe. (2023). Chemisches Recycling. *Plastics Europe DE*. Zugriff am 13.7.2023. Verfügbar unter: <https://plasticseurope.org/de/unsere-themen/chemisches-recycling/>
- Preserve. (2020). Project - THE BIOBASED PACKAGING REVOLUTION. *PRESERVE*. Zugriff am 14.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.preserve-h2020.eu/project>
- Pufé, I. (2017). *Nachhaltigkeit* (3. Auflage). Stuttgart, Deutschland: utb GmbH. doi:10.36198/9783838587059
- PureCycle. (2023). PureCycle views plastic waste as a renewable resource. *PureCycle*. Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.purecycle.com/>
- Rat der Europäischen Union. (2020, Dezember 14). *Beschluss (EU, Euratom) 2020/2053 des Rates vom 14. Dezember 2020 über das Eigenmittelsystem der Europäischen Union und zur Aufhebung des Beschlusses 2014/335/EU, Euratom*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020D2053&from=DE>
- RecyClass. (2022). RECYCLASS RECYCLABILITY METHODOLOGY. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: https://recyclclass.eu/wp-content/uploads/2022/06/Recyclclass_methodology_version-2.1_May-2022-2.pdf
- RecyClass. (2023). List of Certificates. *RecyClass*. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://recyclclass.eu/get-certified/recyclability/list-of-certificates/>
- REWE Group. (2023a). Guideline for more eco-friendly packaging. Verfügbar unter: <https://www.rewe-group.com/content/uploads/2020/12/leitlinie-umweltfreundlichere-verpackungen-20.04.2023.pdf?t=2023042208>

- REWE Group. (2023b). Nachhaltigkeit - Verpackungen vermeiden, verringern, verbessern. *REWE Group*. Zugriff am 28.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.rewe-group.com/de/nachhaltigkeit/engagements-und-projekte/verpackungen/>
- Robertson, G. L. (2013). *Food Packaging Principles and Practice, 3rd Edition* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Rudorf, M. (2015). Bewertung von Verpackungssystemen anhand ihrer Verwertbarkeit. Zugriff am 25.6.2023. Verfügbar unter: https://repo.bibliothek.uni-halle.de/bitstream/1981185920/13815/1/Bachelorarbeit_MRudorf_Bewertung%20von%20Verpackungssystemen%20anhand%20ihrer%20Verwertbarkeit.pdf
- Schwarz Gruppe. (2023). Plastik reduzieren und recyceln - Plastikstrategie. *REset Plastic - Reduzieren und Recyceln*. Zugriff am 20.4.2023. Verfügbar unter: <https://reset-plastic.com/plastikstrategie>
- Schwarz Unternehmenskommunikation. (2021). *Communication on Progress on the Sustainability Activities of the Schwarz Group in the 2020 Fiscal Year*. (S. 28). Neckarsulm. Verfügbar unter: https://gruppe.schwarz/assets/csr/communication-on-progress/paper/ProgressReport_SG_FY20.pdf
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (1998). *SR 910.1 - Bundesgesetz vom 29. April 1998 über die Landwirtschaft*. Zugriff am 8.5.2023. Verfügbar unter: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/3033_3033_3033/de
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2007). Omega-3 und CLA - Der besondere Wert graslandbasierter Milch. *Schweizerische Eidgenossenschaft - Der Bundesrat - Das Portal der Schweizer Regierung*. Zugriff am 8.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-15541.html>
- Seda. (2023). Joghurtbecher & Deckel — seda packaging — germany. *seda packaging — germany*. Zugriff am 30.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.de.sedagroup.com/dairy-and-spreads/yogurt-cups-and-lids>
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A. & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26 (3), 246–265. doi:10.1016/j.biotechadv.2007.12.005
- Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G. & Zhang, Y. (2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120138. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120138
- Sieweck, Dr. J. (2019). *Verpackungen im LEH, Jahrgang 2019*. Branchenreport. (S. 38). Münster. Zugriff am 19.4.2023. Verfügbar unter: https://www.marktstudien24.de/WebRoot/Store21/Shops/62326503/5D1D/AE71/B7ED/829A/61B6/0A0C/6D09/7A12/Verpackungen_im_LEH_2019_Leseprobe.pdf

- SIG. (2012). First Europe-wide life-cycle assessment for UHT milk packaging. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: https://cms.sig.biz/media/12121/lca-ugt-milk_en.pdf
- SIG. (2023). Beverage Packaging | Lebensmittel, Getränke & Öffnungen. SIG. Zugriff am 22.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.sig.biz/de/kartonverpackungen/getraenkeverpackungen/combibloc-ecoplus>
- SIGnals. (2023). Wie werden aseptische Verpackungen recycelt. *Recycling im Fokus*. SIGnals - inform.inspire.innovate, . Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.sig.biz/signals/de/articles/wie-funktioniert-die-wertschopfungskette-des-recyclings>
- SMP. (2023). Schweizer Milchproduzenten. *SMP PSL - Swissmilk*. Zugriff am 11.4.2023. Verfügbar unter: <https://www.swissmilk.ch/de/produzenten/>
- Souren, R. (2002). Definitorische Grundlagen des Verpackungsbegriffs (Neue betriebswirtschaftliche Forschung). In R. Souren (Hrsg.), *Konsumgüterverpackungen in der Kreislaufwirtschaft: Stoffströme — Transformationsprozesse — Transaktionsbeziehungen* (S. 29–52). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. doi:10.1007/978-3-322-97846-2_3
- SPAR. (2023). FACTSHEET Verpackungsstrategie: Verpackung vermeiden, reduzieren, recyceln.
- Stahlmann, V. (2008). *Lernziel: Ökonomie der Nachhaltigkeit*. München: oekom-Verl.
- Starlinger Group. (2023). Foodgrade rPET. *Viscotec*. Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.viscotec.at/foodgrade/>
- Strasser, T. (2021). r-PS und die Kreislaufwirtschaft | Greiner Packaging. *Greiner Packaging*. Zugriff am 2.3.2023. Verfügbar unter: https://www.greiner-gpi.com/de/Knowledge/Magazin/r-PS-und-die-Kreislaufwirtschaft_s_295710
- Styrenics Circular Solution. (2023, Februar 16). Circular Solutions- Polystyrene: Uniquely circular with low carbon footprint. *Styrenics Circular Solution*. Zugriff am 2.3.2023. Verfügbar unter: <https://styrenics-circular-solutions.com/>
- Sukano, A. (2023). Milchflaschen. *Sukano AG*. MASSIVE ART WebServices GmbH. Zugriff am 10.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.sukano.com/de/milchflaschen>
- Swiss Recycling. (2023, Februar 20). Was bedeutet die neue EU-Verpackungsregulation für die Schweiz? *Swiss Recycling*. Zugriff am 13.7.2023. Verfügbar unter: <https://www.swissrecycling.ch/de/aktuell/detail/was-bedeutet-die-neue-eu-verpackungsregulation-fuer-die-schweiz-1>
- Tetra Pak. (2022). Tetra Pak tests an industry first: a fibre-based barrier. Zugriff am 21.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.tetrapak.com/about-tetra-pak/news-and-events/newsarchive/industry-first-fibre-based-barrier>

- Tetra Pak. (2023a). Verarbeitungs- und Verpackungslösungen für Lebensmittel und Getränke. *Tetra Pak - schützt was gut ist*. Zugriff am 21.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.tetrapak.com/de>
- Tetra Pak. (2023b). Recycling von gebrauchten Getränkekartons. *Tetra Pak - schützt was gut ist*. Zugriff am 3.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.tetrapak.com/de/sustainability/planet/recycling>
- TIS. (2023). Funktionen der Verpackung. *TIS - Transport Informations Service - Fachinformationen der deutschen Transportversicherer*. Zugriff am 15.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.tis-gdv.de/tis/verpack/funktion/funktion.htm/#dienst>
- Ungur, K. (2023). *FORTSCHRITTSBERICHT 2022*. Zugriff am 13.6.2023. Verfügbar unter: https://verbund.edeka/verbund/verantwortung/edeka_wwf_fortschrittsbericht-2022.pdf
- Unternehmensgruppe Theo Müller. (2021). *Nachhaltig Wertschöpfung Gestalten*. Nachhaltigkeitsbericht. (S. 22). Dresden.
- Upländer Bauernmolkerei. (2023). Unsere Verpackungen | Bio-Produkte. *Upländer Bauernmolkerei*. Zugriff am 22.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.bauernmolkerei.de/bio-produkte/unsere-verpackungen.html>
- Vereinigte Nationen für Umwelt und Entwicklung (Hrsg.). (1992). AGENDA 21. Zugriff am 10.3.2023. Verfügbar unter: https://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf
- Verghese, K., Lewis, H. & Fitzpatrick, L. (2012). *Packaging for Sustainability*. London: Springer. doi:10.1007/978-0-85729-988-8
- Verordnung (EU) 2022/1616 der Kommission vom 15. September 2022 über Materialien und Gegenstände aus recyceltem Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 282/2008. (2022, September 15). *OJ L*. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1616>
- Verpackung mit Zukunft. (2021, November 4). Verpackung für Milchprodukte aus 100% recyceltem PET. Plattform, . Zugriff am 7.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.verpackungmitzukunft.at/de/verpackung-fuer-milchprodukte-aus-100-recyceltem-pet/>
- Vollmer, I., Jenks, M. J. F., Roelands, M. C. P., White, R. J., van Harmelen, T., de Wild, P. et al. (2020). Beyond Mechanical Recycling: Giving New Life to Plastic Waste. *Angewandte Chemie International Edition*, 59 (36), 15402–15423. doi:10.1002/anie.201915651
- Welle, F. (2023). Recycling of Post-Consumer Polystyrene Packaging Waste into New Food Packaging Applications—Part 1: Direct Food Contact. *Recycling*, 8 (1), 26. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/recycling8010026

- Wenger, L.-C., Gabriel, V., Spatt, P., Tacker, M. & Zuliani, R. (2022). Kunststoff-Verpackungen in Österreich, Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeitsbewertung. Verfügbar unter: https://www.fh-campuswien.ac.at/fileadmin/redakteure/News/Dokumente/OEsterreichische_Kunststoffstudie_-_Version_05122022.pdf
- WKO. (2014). Information zur Verpackungsverordnung. WKO. Zugriff am 28.2.2023. Verfügbar unter: <https://www.wko.at/service/umwelt-energie/information-verpackungsverordnung.html>
- WKO. (2021, Juni). Nachhaltigkeitsagenda für Getränkeverpackungen. Zugriff am 12.7.2023. Verfügbar unter: <https://www.wko.at/service/netzwerke/umsetzungsbericht-nachhaltigkeitsagenda-2020.pdf>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. (S. 300). Verfügbar unter: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Yadav, S., Mattaparthi, S., Sreenivasulu, K., Khandelwal, M., Majumdar, S. & Sharma, C. S. (2019). Recycling of thermoplastic polystyrene waste using citrus peel extract for oil spill remediation. *Journal of Applied Polymer Science*, 136 (33), 47886. doi:10.1002/app.47886
- Zentrale Stelle Verpackungsregister. (2022, August 31). Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen gemäß § 21 Abs. 3 VerpackG. Verfügbar unter: https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/files/Mindeststandard/Mindeststandard_VerpackG_Ausgabe_2022.pdf
- Zentrale Stelle Verpackungsregister. (2023). Verpackungsbeispiele zur Bemessung der Recyclingfähigkeit - Beispiel 3. Zugriff am 23.5.2023. Verfügbar unter: https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/files/Verpackungen/Beispiel1_Recyclingfaehigkeit_3.pdf

Anhang

Tabelle 15 Übersicht der "best case" Gestaltung der Verpackungen (PP, PS, Getränkekarton) nach der ALDI-Guideline für Rezyklierbarkeit (ALDI, 2023)

		PP-Becher	PS-Becher	Getränkekarton
Körper	Material	PP	PS	PE/Karton oder PE/Karton/Al
	Farbe	- auf Minimum reduziert - im Einklang mit der EuPIA-Ausschlussliste - Carbon-black- frei		- auf Minimum reduziert - im Einklang mit der EuPIA-Ausschlussliste
	Füllstoffe	nur verträgliche Zusatzstoffe		keine
	Barriere/Coating	- Monoschicht-Material - Keine Barrieren		- Doppelseitige Kunststoffe, die für GVK-Verarbeitung ausgelegt - Faser- & Nicht-Faser-Materialien leicht trennbar
Verschluss	Material	Aus gleichem Material wie Körper (PP)	- Minimiert - PO (PE, PP) ohne Einlagen, um Schwimmfähigkeit zu erhalten	Poly-Al-kompatible Kunststoffverschlüsse (HD-PE/PP)
	Dichtungen	Aus gleichem Material wie Körper (PS/PP)		- Nicht-Papier-Komponenten minimieren - Leicht trennbar von Fasermaterial
	Funktionelle Verschlüsse	Aus gleichem Material wie der Körper (PS/PP)		Poly-Al-kompatible Kunststoffverschlüsse (HD-PE/PP)
Dekoration	Druck/Tinte	Vermeiden wo möglich		
	Hülle/Etikett	Label/IML aus gleichem Material wie Körper (PP)	- PS/OPS - keine Kartonverpackungen	Recycling-kompatible (Polymer)
	Klebstoffe	- wasserlöslich - auf Minimum reduziert - Ablösbarkeit wird beachtet		- auf Minimum reduziert - Ablösbarkeit beachtet

Fragebogen

- (1) Für welches Unternehmen sind Sie tätig?
- (2) Haben Sie sich schon mit der neuen Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfälle (PPWR) der EU-Kommission beschäftigt?
 - a) Ja
 - b) Nein
- (3) Was sind aus ihrer Sicht die wichtigsten Herausforderungen der PPWR für die Milchindustrie, auch speziell für ihr Unternehmen?
- (4) Wo gibt es ihrer Meinung nach noch den größten Handlungsbedarf bezüglich NH bei Molkereiverpackungen (Joghurt, Milch)?
 - a) Reduktion von Kunststoff
 - b) Recyclingfähigkeit erhöhen (Einsatz Monomaterialien)
 - c) Mehrwegalternativen
 - d) Verpackungsgewicht reduzieren
 - e) Rezyklateinsatz erhöhen
 - f) Sonstiges (bitte angeben)
- (5) Die PPWR möchte den Einsatz von Mehrweg weiter vorantreiben. Setzen Sie bereits Mehrweglösungen ein? In welchem Bereich? Wo könnte Mehrweg in Zukunft bei Ihnen mehr Einsatz finden?
- (6) Die PPWR fordert den Einsatz von Kunststoff zu reduzieren. Haben Sie diesbezüglich schon Maßnahmen umgesetzt? Was ist weiterhin geplant, um den Kunststoffeinsatz zu reduzieren?
- (7) Im Anhang 4 der PPWR ist eine Methodik zur Bewertung der Verpackungsminimierung dargelegt. Was wären Gründe dafür, dass Ihre Verpackungen im Gewicht nicht weiter reduziert werden können?
- (8) Ein digitaler Produktpass mittels eines QR-Codes wird in Zukunft gefordert. Sind Sie diesem positiv gegenüber eingestellt? (Artikel 11)
 - a) Ja
 - b) Nein

Wenn „Nein“ bitte Grund angeben
- (9) Bei der Aufklärung über die Vermeidung und das Management von Verpackungsabfall soll die Industrie mit einbezogen werden. Wie engagiert sich das Unternehmen diesbezüglich bereits?
- (10) Die PPWR gibt Zielvorgaben* zum Anteil an wiederverwendbaren Transport-/Sammelverpackungen im Rahmen eines Wiederverwendungssystems an. Welche Maßnahmen werden bereits umgesetzt, um diese Verpackungen zu reduzieren oder wiederzuverwenden?

*Artikel 26 (7-13):

- Palettenumhüllung/Umreifungsbänder (Stabilisierung/Schutz Produkt auf Paletten): Bis 2030 10%, 2040 30%
- Paletten, Kisten aus Kunststoff: Bis 2030 30%, 2040 90%
- Sammel-Verpackungen: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: Bis 2030 10%, 2040 20%

Antworten Fragebogen Berglandmilch

- (1) *Berglandmilch*
- (2) *Ja*
- (3) *wir haben schon viele Punkte umgesetzt und sehen teilweise wenig Potential zu weiteren Reduktionen, ohne die Produktqualität zu verschlechtern*
- (4) *Mehrwegalternativen*
- (5) *Mehrwegglasflasche für Milch und teilweise Mehrwegglas für Joghurt*
- (6) *Wir setzen seit langem auf Kartonmantelbecher, um den Kunststoffanteil zu reduzieren.*
- (7) *Qualität, Haltbarkeit, Stabilität der Verpackung am Transport, ...*
- (8) *Nein, Grund: weiterer administrativer Mehraufwand*
- (9) *Berglandmilch arbeitet eng mit den Verpackungsherstellern, mit Behörden, diversen Organisationen und Universitäten/FH's zusammen.*
- (10) *Wir arbeiten mit Herstellern von VPM an wiederverwendbaren Kartons und setzen jetzt schon Mehrwegkisten für unsere Glasprodukte und Karton/Pappe Verpackung für die klassischen Molkereiprodukte ein*

Checklisten der einzelnen Unternehmen der Milchindustrie

Tabelle 16 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Privatmolkerei Bechtel

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
<i>Recycling</i>	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“ Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035 Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton			X	X
<i>Rezyklat</i>	Anteil erhöhen Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere		X X		
<i>Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung</i>	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen			X	
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
<i>Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft</i>	Hohe Qualität des Rezyklats		X		
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar		X		
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatly used")		X		
<i>Reuse/Mehrweg</i>	Einweg reduzieren, wo möglich			X	
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
<i>Refill (falls angeboten)</i>	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
<i>Abfallvermeidung</i>	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen		X		
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten		X		

CO2-Fußabdruck	Verringern	X			
Biokunststoffe/Bio-abbaubar	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
Schadstoffe	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
Entsorgung	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)	X			
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
Kennzeichnung	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt			X	
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 17 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Milchwerke Berchtesgadener Land

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“			X	
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035 Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				X
Rezyklat	Anteil erhöhen		X		
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere		X		
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Hohe Qualität des Rezyklats		X		
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")	X			
Reuse/Mehrweg	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X

	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
<i>Refill (falls angeboten)</i>	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
<i>Abfallvermeidung</i>	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen	X			
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)			X	
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt		X		
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 18 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Biomolkerei Söbke

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
<i>Recycling</i>	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“			X	
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035				X
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
<i>Rezyklat</i>	Anteil erhöhen	X			
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen	X			

	2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere				
<i>Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung</i>	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
<i>Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft</i>	Hohe Qualität des Rezyklats		X		
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")	X			
<i>Reuse/Mehrweg</i>	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
<i>Refill (falls angeboten)</i>	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
<i>Abfallvermeidung</i>	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen			X	
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten		X		
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)			X	
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		

	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			
--	--	----------	--	--	--

Tabelle 19 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Lechnerhof Bayrischzell

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“	X			
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035	X			
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
Rezyklat	Anteil erhöhen	X			
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen				
	2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere	X			
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung	2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere				
	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen	X			
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
	Hohe Qualität des Rezyklats	X			
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatly used")	X			
Reuse/Mehrweg	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)	X			
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%	X			
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%	X			
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%	X			
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (Artikel 10)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
Refill (falls angeboten)	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen		X		
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebenspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			

	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten	X			
CO2-Fußabdruck	Verringern	X			
Biokunststoffe/Bio-abbaubar	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
Schadstoffe	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten	X			
Entsorgung	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)	X			
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
Kennzeichnung	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 20 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Unternehmensgruppe Theo Müller

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“		X		
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035				X
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
Rezyklat	Anteil erhöhen			X	
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere		X		
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)			X	
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Hohe Qualität des Rezyklats			X	
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")	X			
Reuse/Mehrweg	Einweg reduzieren, wo möglich			X	
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X

	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)		X		
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
Refill (falls angeboten)	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen			X	
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg			X	
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten		X		
CO2-Fußabdruck	Verringern			X	
Biokunststoffe/Bio-abbaubar	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
Schadstoffe	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
Entsorgung	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)		X		
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
Kennzeichnung	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 21 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Upländer Bauernmolkerei

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“			X	
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden (" recycling at scale "), ab 1.1.2035				X
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
	Anteil erhöhen	X			

<i>Rezyklat</i>	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere		X		
<i>Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung</i>	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
<i>Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft</i>	Hohe Qualität des Rezyklats			X	
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")	X			
<i>Reuse/Mehrweg</i>	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
<i>Refill (falls angeboten)</i>	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
<i>Abfallvermeidung</i>	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen	X			
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)			X	
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)		X		
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			

	QR-Code mit Informationen über Verpackung& verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 22 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Berglandmilch

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“	X			
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035 Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				X
Rezyklat	Anteil erhöhen	X			
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere	X			
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Hohe Qualität des Rezyklats			X	
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatly used")	X			
Reuse/Mehrweg	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (Artikel 10)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
Refill (falls angeboten)	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen		X		
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebenspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			

	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)		X		
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 23 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Erlebnissenerei Zillertal

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
<i>Recycling</i>	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“	X			
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden (" recycling at scale "), ab 1.1.2035				X
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
<i>Rezyklat</i>	Anteil erhöhen			X	
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere		X		
<i>Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung</i>	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
<i>Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft</i>	Hohe Qualität des Rezyklats		X		
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar		X		
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")		X		
<i>Reuse/Mehrweg</i>	Einweg reduzieren, wo möglich			X	
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X

	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)	X			
Refill (falls angeboten)	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen	X			
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	
CO2-Fußabdruck	Verringern	X			
Biokunststoffe/Bio-abbaubar	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
Schadstoffe	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
Entsorgung	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)	X			
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
Kennzeichnung	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Tabelle 24 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: Emmi-Group

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	Ansatz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“			X	
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035				X
	Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				
Rezyklat	Anteil erhöhen			X	
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen			X	

	2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere				
<i>Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung</i>	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen	X			
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
<i>Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft</i>	Hohe Qualität des Rezyklats			X	
	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar		X		
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")		X		
<i>Reuse/Mehrweg</i>	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)			X	
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (<i>Artikel 10</i>)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)				X
<i>Refill (falls angeboten)</i>	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
<i>Abfallvermeidung</i>	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen	X			
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebensspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	
<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bioabbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)	X			
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)			X	
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		

	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			
--	--	---	--	--	--

Tabelle 25 Checkliste zu Analyse der Unternehmen bezüglich verpackungsbezogener Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext der PPWR-Herausforderungen für die Milchindustrie: ALDI SÜD

Thema	Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt	An-satz	Keine Angabe
Recycling	Alle Verpackungen sollen bis 2030 recyclebar sein (Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton), >„E“			X	
	Recyclebare Verpackungen ausreichend/effektiv gesammelt, sortiert/stofflich verwertet werden ("recycling at scale"), ab 1.1.2035 Gilt für PET, PP, PS, Papier/Karton				X
Rezyklat	Anteil erhöhen	X			
	Mindestanteil (PCPW): Gilt nicht für kompostierbare Verpackungen 2030: 30 % Kontaktsensitive (PET), 10 % Kontaktsensitive (nicht PET), 30% Einweg Plastikflaschen (nicht PET, außer Getränke), 35 % andere 2040: 50 % Kontaktsensitive, außer Einwegplastikflaschen, 65% Einwegplastikflaschen, 65% andere			X	
	Volumen/Gewicht reduzieren	X			
Verpackungsdesign zu Minimierung (übermäßige) Verpackung	Leistungskriterien trotzdem erfüllen (Produktschutz, Herstellungsverfahren, Logistik, Hygiene/Sicherheit, ...)	X			
	Bei Elektronischer Handel, Sammel-, Transport-, Leerverpackungen				X
	Leerraumanteil höchstens 40%	X			
	Hohe Qualität des Rezyklats			X	
Verpackungsdesign Reuse/Kreislaufwirtschaft	Reuse/Refill: möglichst viele Umläufe, entleert ohne Beschädigung der Verpackung, rekonditionierbar	X			
	Teil eines Systems ("circulate, rotate, repeatedly used")	X			
Reuse/Mehrweg	Einweg reduzieren, wo möglich	X			
	Einweg im Transport reduzieren, Reuse Alternativen (z.B. Paletten)				X
	Palettenumhüllung zur Stabilisierung/Produktschutz auf Paletten: 2030 10%, 2040 30%				X
	Paletten-Mehrweg: Bis 2030 30%, 2040 90%				X
	Sammel-VP: Box (außer Pappe), um Lagereinheit zusammenzufassen: 2030 10%, 2040 25%				X
	In Praxis auch wiederverwendet (Verbraucher müssen zurückgeben)	X			
	Falls angeboten: Mehrwegverpackungen müssen Anforderungen erfüllen (Artikel 10)	X			
	System bereitstellen oder daran beteiligen (Mindestanforderungen)			X	
Refill (falls angeboten)	Eigener Behälter: Information über Refill und Verwendung, Benutzung kann verweigert werden	X			
	Information bereitstellen: Art des Behältnisses, Hygienestandards Refill, Verantwortung Endverbraucher auf Gesundheit/Sicherheit	X			
	Verpackung nicht kostenlos anbieten oder ohne Pfand/Rücknahme anbieten	X			
	Nachfüllstationen erfüllen Anforderungen (Waage, Preis ohne Behälter, Hygiene)	X			
Abfallvermeidung	Information bereitstellen über: Webseite, elektronische Kommunikationsmittel, öffentliche Information, Aufklärungsprogramme/ -Kampagnen	X			
	Eliminieren exzessiver Verpackungen, Re-Design, verlängern Lebenspanne, keine/weniger, Massenverkäufe anbieten, Mehrweg	X			
	Information zur Vermeidung und Bewirtschaftung Verpackungsabfällen, immer aktuell halten			X	

<i>CO2-Fußabdruck</i>	Verringern	X			
<i>Biokunststoffe/Bio-abbaubar</i>	Kreuzkontamination/Verunreinigung mit konventionellen Polymeren verhindern Unter industriell kontrollierten Bedingungen in Bioabfallanlagen kompostierbar Bedingungen Kompostierbarkeit einhalten (z.B. nicht als Mehrweg-Option konzipiert)				X
<i>Schadstoffe</i>	Minimieren, ersetzen, Summe Konzentration Blei, Cadmium, Quecksilber, sechswertigem Chrom dürfen 100 mg/kg nicht überschreiten				X
<i>Entsorgung</i>	Verbraucher-Information: Verpackungsabfälle angemessen entsorgen (auch kompostierbare!)	X			
	Label mit Informationen zur Materialzusammensetzung (ab 2035)			X	
	Harmonisiertes Label und einheitliche Sortieranweisungen für Verbraucher auf Verpackungen und Abfallbehälter (ab 2028)		X		
<i>Kennzeichnung</i>	Akkreditierungssymbol stofflich verwertbar (EPR), Missverständnis Grüner Punkt				X
	Mehrweg deutlich kennzeichnen	X			
	QR-Code mit Informationen über Verpackung & verpacktes Produkt: digitaler Produktpass		X		
	Rezyklat-Anteil ist freiwillig anzugeben	X			

Bilder einzelner Molkereiproduktverpackungen (eigene Fotos)

Unternehmensgruppe Theo Müller



Abbildung 16 Verpackungen der Unternehmensgruppe Theo Müller. Von Links: Weihenstephan GVK, Landliebe Joghurt (Direktdruck), Müller Joghurt (Etikett), Weihenstephan Joghurt (Banderole).

Bio-Molkerei Söbekke



Abbildung 17 Verpackungen der Biomolkerei Söbekke. Von Links: Mehrweg-Pfandglas Joghurt, Joghurt mit Banderole.

Upländer Bauernmolkerei



Abbildung 18 Verpackungen der Upländer Bauernmolkerei. Von Links: GVK (PurePak Classic), Etikett Joghurt-Mehrwegglas (Recyclingpapier)

Berchtesgadener Land

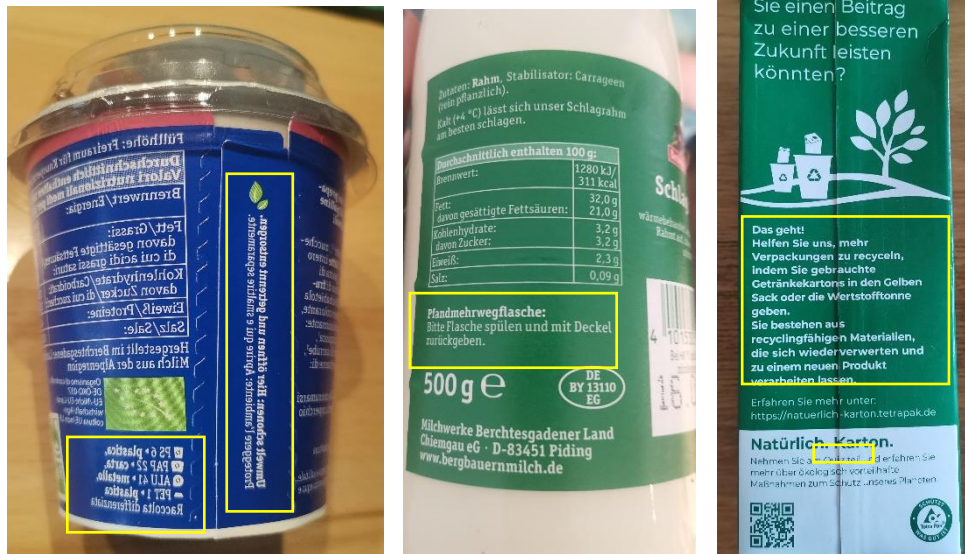


Abbildung 19 Verpackungen der Milchwerke Berchtesgadener Land. Von Links: Knusper-Joghurt (Bänderole), Mehrweg-Pfandflasche, GVK, Bänderolen-Innenseite eines Joghurtbechers

Berglandmilch



Abbildung 20 Verpackungen der Berglandmilch. Von Links: GVK, GVK (PurePak Classic), Mehrweg-Pfandglas Joghurt (Schärdinger), Joghurt (Bänderole, Schärdinger)

Lechnerhof Bayrischzell

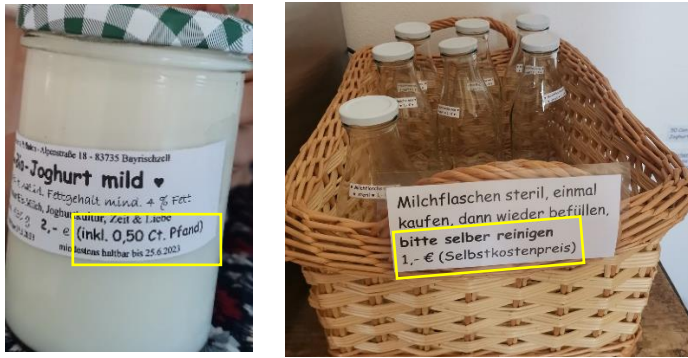


Abbildung 21 Joghurtmehrweg-Pfandglas und Milchflaschen des Lechnerhofs Bayrischzell.

ALDI SÜD



Abbildung 22 Verpackungen von ALDI SÜD. Von Links: Joghurtbecher ("bio"), GVK (Milsani) ((ALDI SÜD, 2023c))

Bechtel



Abbildung 23 Verpackungen der Privatmolkerei Bechtel. Von Links: Joghurtbecher (Direktdruck), GVK (Tetra Rex).

Erlebnissenerei Zillertal



Abbildung 24 Verpackungen der Erlebnissenerei Zillertal. Von Links: Joghurtbecher (mit Banderole), GVK Milch, GVK Honigmilch (PurePak Sense).

Emmi



Abbildung 25 Verpackung von Emmi: Caffè Latte