
Gewerbe- und Industrieverpackungen in der Schweiz

realcycle GmbH
Hagenholzstrasse 85A
8050 Zürich, Schweiz

+41 44 537 82 80
info@realcycle.ch
realcycle.ch

 realcyclegmbh

Abschlussbericht

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Datum März 2025

Impressum

realcycle GmbH
Hagenholzstrasse 85A
8050 Zürich, Schweiz

+41 44 537 82 80
info@realcycle.ch
realcycle.ch

 realcyclegmbh

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe,
CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Ver-
kehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmerin: realcycle GmbH, Hagenholzstrasse 85A, 8050 Zürich

**Autorinnen
und Autoren:** Dr. Maja Wiprächtiger
maja.wipraechtiger@realcycle.ch, 044 537 82 81

Christian Rolli
christian.rolli@realcycle.ch

Dr. Melanie Haupt
melanie.haupt@realcycle.ch, 044 537 82 80

Begleitung BAFU: Samuel Anrig, Amanda Finger

Hinweis Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt
(BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer ver-
antwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
1. Einleitung.....	8
2. Zielstellung.....	8
3. Methodik	9
3.1. Definitionen.....	9
3.1.1. Definition Verpackung.....	9
3.1.2. Definition Gewerbe- und Industrieverpackungen.....	9
3.2. Allgemeines Vorgehen	10
3.2.1. Analyse des Status Quo.....	10
3.2.2. Identifikation von Verbesserungspotenzialen	13
3.3. Materialspezifisches Vorgehen: Papier und Karton.....	14
3.3.1. Konsum	14
3.3.2. Verwertung	14
3.3.3. G&I-Anteil	15
3.4. Materialspezifisches Vorgehen: Kunststoffe.....	15
3.4.1. Konsum	15
3.4.2. Verwertung	16
3.4.3. G&I Anteil	16
3.5. Materialspezifisches Vorgehen: Holz	16
3.5.1. Konsum	16
3.5.2. Verwertung	17
3.5.3. G&I Anteil	18
3.6. Materialspezifisches Vorgehen: Glas	18
3.6.1. Konsum	18
3.6.2. Verwertung	19
3.6.3. G&I-Anteile.....	19
3.7. Materialspezifisches Vorgehen: Metalle.....	20
3.7.1. Konsum	20
3.7.2. Verwertung	21
3.7.3. G&I-Anteile.....	21
4. Resultate Teil I: Übersicht Verpackungsflüsse	22

4.1.	Übersicht Verpackungsflüsse.....	22
4.2.	Vergleich mit ausländischen Zahlen	25
5.	Resultate Teil II: Materialspezifische Verpackungsflüsse.....	27
5.1.	Papier und Karton	27
5.1.1.	Übersicht Materialflüsse	27
5.1.2.	Einsatz nach Branchen	28
5.1.3.	Einsatz nach Verpackungsart	28
5.2.	Kunststoffe	29
5.2.1.	Übersicht Materialflüsse	29
5.2.2.	Einsatz nach Branchen	30
5.2.3.	Einsatz nach Verpackungsart	30
5.3.	Holz.....	31
5.3.1.	Übersicht Materialflüsse	31
5.3.2.	Einsatz nach Branchen	31
5.3.3.	Einsatz nach Verpackungsart	32
5.4.	Glas.....	33
5.4.1.	Übersicht Materialflüsse	33
5.4.2.	Einsatz nach Branchen	34
5.4.3.	Einsatz nach Verpackungsart	34
5.4.4.	Sensitivität und Unsicherheiten	34
5.5.	Metalle	36
5.5.1.	Übersicht Materialflüsse	36
5.5.2.	Einsatz nach Branchen	37
5.5.3.	Einsatz nach Verpackungsart	37
6.	Diskussion	38
6.1.	Gewerbe- und Industrieverpackungsflüsse	38
6.2.	Datenlücken	38
6.2.1.	Produktion, Import und Export.....	38
6.2.2.	Konsum	39
6.2.3.	Entsorgung.....	39
6.3.	Verbesserungspotenziale	40
6.3.1.	Erhöhte Zirkularität durch Mehrweg oder verbessertes Recycling.....	40
6.3.2.	Reduzierte Umweltwirkungen durch Materialwahl.....	41
6.3.3.	Verbesserte Datenerfassung.....	41
7.	Fazit.....	43

8.	Literaturverzeichnis	44
9.	Anhang	46
9.1.	Übersicht Verpackungsmaterialien.....	47
9.2.	Papier und Karton	49
9.2.1.	Kategorisierungen der SwissImpex Zahlen	50
9.2.2.	Detaillierte Version Papier- und Karton-Stoffflussmodell	51
9.3.	Holz.....	52
9.4.	Glas.....	53
9.4.1.	Szenario Sensitivität: Hochrechnung Direktanlieferung:.....	53
9.4.2.	Szenario Sensitivität: Veränderte Anteile weiteres Verpackungsglas	54

Abkürzungsverzeichnis

APVP	Am Produkt importierte Verpackung (<i>also Verpackungen, die bereits im Einsatz sind, z.B. eine volle Kartonschachtel, befüllte Glasgetränkeflasche oder eine beladene Holzpalette</i>)
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
EPAL	European Pallet Association e.V. (Betreibende des Europalettensystems)
G&I	Gewerbe und Industrie
GVM	Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
HDPE	High-density Polyethylen (Polyethylen hoher Dichte, thermoplastischer Kunststoff)
JFSQ	Joint Forest Questionnaire (Erhebung statistischer Daten zur Forstwirtschaft)
KVA	Kehrichtverwertungsanlage
LDPE	Low-density Polyethylen (Polyethylen mit geringer Dichte, thermoplastischer Kunststoff)
LVA	Schweizer Abfallverzeichnis
NGO	Non-Governmental Organisation, Nichtregierungsorganisation
PET	Polyethylenterephthalat (thermoplastischer Kunststoff)
PS	Polystyrol (thermoplastischer Kunststoff)
rpk	Verein Recycling Papier + Karton
SPKF	Verband Schweizerischer Papier-, Karton- und Folienhersteller
UK	United Kingdom (England, Schottland, Wales und Nordirland)
VEG	Vorgezogene Entsorgungsgebühr
VP	Verpackung
VSMR	Verband Stahl-, Metall- und Papier-Recycling Schweiz
VSPR	Verband Schweizer Plastic Recycler
WRAP	Waste and Resources Action Programme (NGO)

Zusammenfassung

Verpackungen stellen einen wesentlichen Bestandteil des Materialverbrauchs der Schweiz dar. Während in den letzten Jahren die Konsumgüterverpackungen im Fokus standen (Haushaltsverpackungen), besteht im Bereich der Gewerbe- und Industrieverpackungen (G&I-Verpackungen) ein erheblicher Mangel an Wissen und Daten. Es fehlen umfassende Statistiken zu Mengenströmen und zur Materialverwendung, zur heutigen Verwertung und zur Kreislauffähigkeit. Dies bedeutet, dass das Potenzial für eine verbesserte Zirkularität und damit einhergehende ökologische Einsparungen heute unbekannt ist.

Für den vorliegenden Bericht wurden die G&I-Verpackungen in der Schweiz das erste Mal systematisch erfasst. Die Studie umfasst eine Materialflussanalyse, die alle G&I-Verpackungen sowie deren materielle Zusammensetzung und Verwendung im Jahr 2022 darstellt. Untersucht wurden Verpackungen in allen Branchen und aus verschiedenen Materialien wie Papier, Karton, Holz, Kunststoffen, Glas und Metallen. Auch die Verwertung aller Verpackungen wurde untersucht und, eingeteilt nach stofflicher oder thermischer Verwertung, in der Materialflussanalyse dargestellt.

Die Analyse erfolgt in mehreren Schritten: von der Definition der Fragestellung über die Datenrecherche bis hin zur Modellierung der Materialflussanalyse. Neben der Identifizierung von Verbesserungspotenzialen für die Kreislaufschliessung werden abschliessend auch bestehende Datenlücken aufgezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mengen der G&I-Verpackungen grösser sind als die der Haushaltsverpackungen. Papier- und Kartonverpackungen machen den grössten Anteil der G&I-Verpackungen aus, wobei diese mehrheitlich als Transportverpackungen (Schachteln) eingesetzt werden. Die zweitgrösste Fraktion sind Holzverpackungen, welche mehrheitlich als Paletten eingesetzt werden. Für beide Materialarten fehlen jedoch detaillierte Angaben zum Einsatz, zur Wiederverwendung, zur Reparatur, sowie zum Entsorgungsweg.

Im Bereich Kunststoffverpackungen wird, trotz der bedeutenden Mengen, nur ein kleiner Teil stofflich verwertet, was auf die Vielfalt der Kunststofftypen sowie fehlende Sammelsysteme zurückzuführen ist.

Für Metall- und Glasverpackungen gibt es nur sehr limitiert verfügbare Daten zu den in G&I eingesetzten Mengen. Verpackungen aus Metallen konnten in dieser Studie demnach nur begrenzt erfasst werden und die eingesetzte Menge wird somit unterschätzt.

Zusammenfassend verdeutlicht die Studie die Notwendigkeit einer besseren Datenerhebung im Bereich G&I-Verpackungen. Weiter zeigt sie ein grosses Potenzial für eine verbesserte Zirkularität durch gezielte Massnahmen zur Optimierung von Materialflüssen und Verwertungsstrategien. Ein verbindliches Monitoring könnte helfen, Fortschritte in Richtung einer nachhaltigeren Kreislaufwirtschaft zu messen und politische sowie industrielle Zielsetzungen zu unterstützen.

1. Einleitung

Die Umwelt schützen und gleichzeitig wirtschaftlich wachsen: Das ist die Vision hinter dem Konzept der Kreislaufwirtschaft. Dazu soll das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch entkoppelt werden, beispielsweise durch Wiederverwendung, Reparatur oder Recycling. So werden weniger Ressourcen verbraucht und weniger Abfälle produziert (Kirchherr et al., 2023; Blum et al., 2020).

Verpackungen sind für einen beachtlichen Teil des Kunststoff- und des Papier- und Kartonverbrauchs und für die damit einhergehenden Umweltauswirkungen verantwortlich (Klotz et al., 2022; Klotz & Haupt, 2022a; Verein Recycling Papier + Karton, 2023). Verpackungen von Konsumgütern (Haushaltsverpackungen) stehen seit einigen Jahren im Fokus der Aufmerksamkeit, was zu vielen Verbesserungen geführt hat. Diverse Projekte zu deren Optimierung laufen sowohl im Bereich der ökologischen Gestaltung von Verpackungen wie auch bei der Transparenz der Stoffströme. Bei den Gewerbe- und Industrieverpackungen (G&I-Verpackungen) fehlt es jedoch an entsprechendem Wissen. Materialunabhängig gibt es bisher keine übergreifenden Statistiken der Mengenströme bzw. der verwendeten Mengen aller G&I-Verpackungen. Damit bleibt unklar, welches Potenzial eine verbesserte Zirkularität im G&I-Bereich hätte.

Aus diesem Grund stellt das vorliegende Projekt die G&I-Verpackungen ins Zentrum und beschreibt eine Datenerhebung zur Abbildung der Massenströme, über alle Materialien und Branchen hinweg.

Nebst der Eruiierung möglicher Verbesserungspotenziale für die Kreislaufschliessung resp. Reduktion der Umweltwirkungen, soll in dieser Studie auch auf Datenlücken eingegangen sowie Möglichkeiten zur verbesserten Erfassung diskutiert werden.

2. Zielstellung

Ziel dieser Studie ist es, verschiedene Wissenslücken rund um Verpackungen, welche in der Industrie und dem Gewerbe eingesetzt werden, aufzuarbeiten. Dazu werden alle G&I-Verpackungen erfasst und alle Materialien sowie sämtliche Lebenszyklusphasen mittels Materialflussanalyse dargestellt. Die Materialflussanalyse zeigt auf, wie viele G&I-Verpackungen in der Schweiz im Referenzjahr 2022 verwendet wurden und aus welchem Material diese bestanden. Wo möglich wurde zudem erfasst, in welcher Branche diese zum Einsatz kamen. Schliesslich wird aufgezeigt, wie die G&I-Verpackungen verwertet wurden (thermische oder stoffliche Verwertung im In- und Ausland).

Die Materialflussanalyse wird genutzt, um qualitativ das Verbesserungspotenzial abzuschätzen. Dazu wird analysiert, welche Fraktionen wie eingesetzt und wie verwertet werden. Darauf basierend werden mögliche Option zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Umweltwirkungen qualitativ diskutiert.

3. Methodik

Dieses Kapitel umfasst einerseits die Grundzüge der verwendeten Ansätze für die Erhebung resp. Modellierung der Daten über alle Materialien. Andererseits werden in den entsprechenden Unterkapitel die detaillierten Annahmen und Berechnungen für die verschiedenen Materialien ausgeführt.

3.1. Definitionen

3.1.1. Definition Verpackung

In der schweizerischen Gesetzgebung, spezifisch in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV, wird im Anhang 2.16, 4.1 Abs. 2 der Begriff Verpackung definiert:

«Verpackungen einschliesslich Verpackungsbestandteilen sind aus beliebigen Materialien hergestellte Produkte zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder Darbietung von Waren.»

Diese Definition wird für die vorliegende Studie verwendet.

3.1.2. Definition Gewerbe- und Industrieverpackungen

In der schweizerischen Gesetzgebung gibt es bisher keine Definition von Gewerbe- und Industrieverpackungen. Für dieses Projekt wurden Gewerbe- und Industrieverpackungen daher folgendermassen definiert:

Gewerbe- und Industrieverpackungen sind Verpackungen, welche üblicherweise nicht in einem privaten Haushalt anfallen. Dazu zählen:

- Tertiär- und Sekundärverpackungen bei **Detailhändlern**, welche beim Transport von Unternehmen A zu Unternehmen B anfallen. Beispiel: Kisten, Paletten, Folien.
- Tertiär-, Sekundär- und Primärverpackungen im **Gastgewerbe**. Beispiel: Verpackungen von Lebensmittel, Paletten und Umverpackungen.
- Tertiär-, Sekundär- und Primärverpackungen von Produkten, welche im **produzierenden Gewerbe** eingesetzt werden, u.a. für deren Transport. Beispiel: Kisten, Paletten, Folien. Ausnahme: Verpackungen von Produkten, welche von Haushalten konsumiert werden.
- Tertiär-, Sekundär- und Primärverpackungen von Produkten, welche in der **Landwirtschaft** eingesetzt werden. Beispiel: Verpackungen von Futtermitteln. Ausnahme: Hofladenverpackungen.
- Tertiär-, Sekundär- und Primärverpackungen von Produkten, welche in der **Bauindustrie** eingesetzt werden. Beispiel: Verpackungen von Dämmstoffen.

Daraus folgend ergibt sich die Abgrenzung zu Haushaltsverpackungen:

- Verpackungen, welche in **Haushalten** anfallen. Beispiel: Lebensmittelverpackungen, Verpackungen von Hygienemitteln wie Shampoo oder Duschgel.

Die Definitionen wurden basierend auf den Definitionen der deutschen resp. österreichischen Gesetzgebung entwickelt (*Verpackungsabgrenzungsverordnung - Bundesrecht*, 2020; *Verpackungsverordnung - Bundesrecht*, 2014). Während die Grenze zwischen Haushalts- vs. G&I-Verpackungen in einigen Fällen eindeutig ist, ist sie in anderen fließend. So werden beispielsweise viele

Verpackungen sowohl in Gewerbe/Industrie wie auch in Haushalten eingesetzt (bspw. Farberimer). Bei der Entsorgung kann ebenfalls keine genaue Unterscheidung vorgenommen werden. Verpackungsmaterialien aus dem Gewerbe mit weniger als 250 Vollzeitstellen können sowohl als Siedlungsabfall via kommunale Entsorgung oder auch als betriebsspezifischer Abfall via private Unternehmen in die Verwertung gelangen. Die Klassifizierung von Siedlungs- oder gewerblichen Abfällen wird also unter anderem anhand der Schwelle von 250 Vollzeitstellen und nicht strikt nach Haushalten und Gewerbe/Industrie gemacht (Bundesgesetz über Den Umweltschutz (USG), n.d.).

3.2. Allgemeines Vorgehen

Das Vorgehen lässt sich in zwei Blöcke gliedern: die Analyse des Status Quo und daraus abgeleitet die Identifikation der Verbesserungspotenziale.

3.2.1. Analyse des Status Quo

Die Analyse des Status Quo erfolgt anhand der erstellten Materialflussanalyse. Die bekannte Methodik der Materialflussanalyse soll helfen, die Stoffflüsse strukturiert zu erfassen und darzustellen. Die Materialflussanalyse wurde in der Software STAN der Technischen Universität Wien erstellt (Cencic & Rechberger, 2008). Die Analyse des Status Quo, resp. die Erstellung der Materialflussanalyse für diese Studie umfasst die folgenden sechs Schritte:

- I. Definition der Fragestellung
- II. Definition der Systemgrenzen
- III. Datenrecherche in bestehenden Publikationen
- IV. Datenerhebung bei Unternehmen
- V. Plausibilisierung durch Zahlen aus dem Ausland
- VI. Modellierung der Materialflussanalyse
- VII. Interpretation und Sensitivitätsanalyse

Die einzelnen Schritte werden nachfolgend beschrieben.

Schritt I: Definition der Fragestellung

Als erster Schritt wurde die zentrale Fragestellung definiert. Im Fokus standen die folgenden Fragen: «Was für G&I-Verpackungen gibt es, welche Mengen werden in welchen Branchen eingesetzt und wie werden diese anschliessend verwertet?»

Für die Studie wurden fünf Branchen betrachtet: Produzierendes Gewerbe, Bauindustrie, Gastgewerbe, Landwirtschaft und Detailhandel. Weiter wurden die Verpackungen anhand ihres Materials unterschieden: Papier und Karton, Kunststoffe, Holz, Glas, und Metalle. Verbundverpackungen wurden ausgeklammert¹.

¹ Informationen zu Verbundverpackungen finden sich in der Schweiz nur zu Getränkekartons oder aus der Kehrachtsackanalyse. In beiden Fällen kann davon ausgegangen werden, dass es sich um Haushaltsverpackungen handelt.

Schritt II: Definition der Systemgrenzen

Für die Erstellung einer Materialflussanalyse bedarf es einer genauen Definition der Systemgrenzen, sprich der betrachteten Flüsse, Branchen und Materialien. Dieses System ist schematisch dargestellt in Abbildung 1.

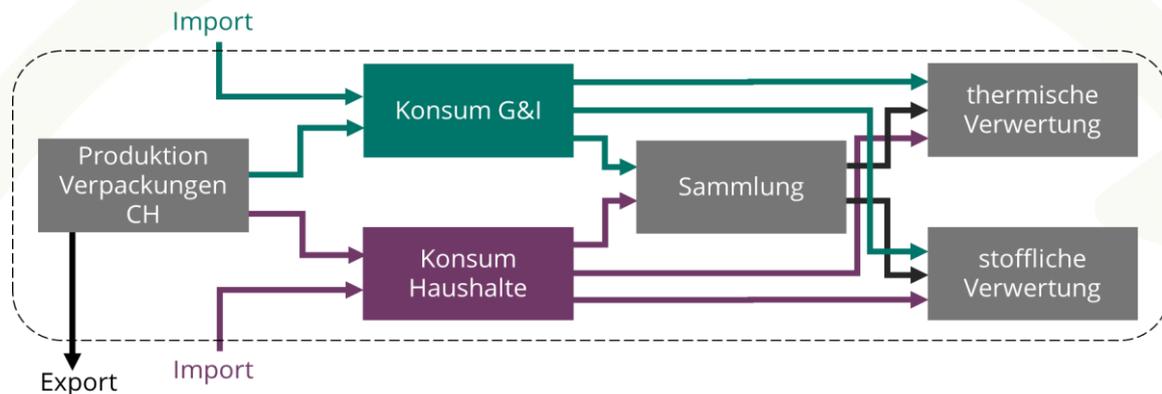


Abbildung 1: Schematische Darstellung des untersuchten Systems der G&I-Verpackungen (türkis) und der Flüsse der Haushaltsverpackungen (violett). Gemischte Flüsse werden schwarz dargestellt. Haushaltsverpackungen werden dargestellt, da ein grosser Teil der Abschätzungen zu den G&I-Verpackungen anhand der totalen Verpackungsmenge gemacht wurden.

Berücksichtigt wurden die Prozesse Produktion, Konsum, Sammlung sowie die thermische resp. stoffliche Verwertung. Wo möglich wurde der Konsum der G&I-Verpackungen unterteilt in die untersuchten Branchen. Die thermische Verwertung beschreibt eine Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage, einer Industriefeuerungsanlage oder im Zementwerk. Die stoffliche Verwertung beschreibt das Recycling, also eine Aufbereitung zur Wiedernutzung des Materials.

Schritt III: Datenrecherche in bestehenden Publikationen

In einem nächsten Schritt wurde die Datenrecherche gestartet. Untersucht wurden dazu Jahresstatistiken von Schweizer Verbänden, wissenschaftliche Publikationen, BAFU-Statistiken, Zoll-Statistiken, Studien der öffentlichen Hand sowie Studien von NGOs oder privaten Unternehmen.

Jahresstatistiken von Verbänden und öffentlicher Hand

Für die Erhebung von produzierten -, resp. konsumierten sowie exportierten und importierten Mengen bestimmter Verpackungen wurden für die unterschiedlichen Materialien die jeweiligen Verbandsstatistiken und Jahresberichte analysiert. Spezifisch wurden die Berichte folgender Verbände und Organisationen studiert: Verein Recycling Papier und Karton (rpk), Verband Schweizerischer Papier-, Karton- und Folienhersteller (SPKF), VetroSwiss, IGORA, ferro recycling und Verband Stahl-, Metall- und Papier-Recycling Schweiz (VSMR).

Zudem wurden wissenschaftliche Publikationen, nationale Abfallstatistiken und Berichte aus dem Ausland sowie die Publikationen der NGO Waste and Resources Action Programme (WRAP) zur Materialflussanalyse zu den verschiedenen Materialien recherchiert.

Schritt IV: Datenerhebung bei Unternehmungen

Zur Ergänzung und Plausibilisierung der bereits publizierten Zahlen sowie zum besseren Verständnis des Systems «Verpackungen in der Schweiz» wurden Verpackungsproduzierende, Verpackungsanwendende sowie Entsorgungsunternehmen kontaktiert.

In der Regel konnten die kontaktierten Unternehmen keine Aussage zu verwendeten G&I-Verpackungen machen, denn es wird nicht zwischen den verschiedenen Verpackungskategorien unterschieden. In einigen wenigen Fällen fehlte die Bereitschaft, Daten zu teilen. Gut ist die Datenlage hingegen beim Lebensmittelhandel: fünf Schweizer Lebensmittelhandhändler stellten ihre Zahlen zu gesammelten G&I-Verpackungen zur Verfügung. Diese Unternehmen decken 82 % des Umsatzes des schweizerischen Lebensmittelhandels ab. Die erhaltenen Angaben zu Verpackungsmaterialien und -mengen wurden anhand der Umsatzzahlen für die gesamte Schweiz hochgerechnet (z.B. (Winsider AG, 2023) und mit den Unternehmungen verifiziert.

Schritt V: Plausibilisierung durch Zahlen aus dem Ausland

Zur Ergänzung der Daten zu Verpackungen in der Schweiz wurden offizielle Zahlen aus dem Ausland recherchiert. Aufgrund der europäischen Verpackungsrichtlinie² sind europäische Länder verpflichtet, Zahlen zu eingesetzten Verpackungsmaterialien viel detaillierter zu erfassen als dies heute in der Schweiz der Fall ist. Besonders relevant, da fehlend in der Schweiz, sind Angaben der Verpackungen, die in Gewerbe und Industrie eingesetzt werden. Folgende Publikationen wurden für die Modellierung der Schweizer Zahlen verwendet:

Deutschland

Im Auftrag des Umweltbundesamtes publiziert die Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM) jährlich einen Bericht zum Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland (Burger et al., 2022; Cayé et al., 2023). Es werden dabei verschiedene Materialströme und die Anteile von privatem sowie gewerblichem Aufkommen unterschieden.

Vereinigtes Königreich (UK)

Im UK wurden verschiedene materialspezifische Studien zu Stoffflussanalysen und Szenarien bis 2025 publiziert. Diese Berichte betreffen jeweils einzelne Verpackungsmaterialien und wurden für Papier und Karton, Plastik, Holz, Glas und Metall verfasst (Illingworth et al., 2019; McCoach et al., 2019; Mitchell et al., 2019; Thomson et al., 2019). Eine Aufteilung zwischen G&I- und Haushaltverpackungen ist ebenso enthalten.

Die Datenrecherche hat gezeigt, dass nur in wenigen Ländern eine so genaue Unterteilung wie in Deutschland oder dem UK gemacht wird. Aus diesem Grund wurde mit den Studien aus

² Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle

diesen beiden Ländern weitergearbeitet. Die Übersicht zu den Zahlen aus Deutschland und dem UK, sowie die daraus für die Schweiz abgeleiteten Zahlen sind in Kapitel 4 dargestellt.

Schritt VI: Modellierung der Materialflussanalyse

Nach erfolgter Sammlung der Daten zu den G&I-Verpackungen erfolgte die Modellierung der Verpackungsflüsse. Modelliert wurden der Konsum der jeweiligen Verpackungen (VP) sowie deren Verwertung. Da meist keine Daten für Verpackungen aus Gewerbe und Industrie vorlagen, wurden die G&I-Anteile an den Gesamtverpackungsmengen berechnet oder abgeschätzt.

Der **Konsum** wurde grundsätzlich über die produzierte Menge (Produktion VP) sowie Importe (Import VP) und Exporte (Export VP) der Verpackungen direkt bzw. dem Nettoimport von Verpackungen am Produkt (Nettoimport APVP) abgeschätzt:

$$\text{Produktion VP} - \text{Export VP} + \text{Import VP} + \text{Nettoimport APVP} = \text{Konsum VP}$$

Die Verwertung wurde basierend auf Abfallstatistiken, Sammelmengen für das Recycling und der Kehrachtsackanalyse (Winzeler, Wicki, & Burckhardt, 2023) modelliert. Mengen in Direktanlieferungen konnten nicht verwendet werden, da keine Daten zu Mengen oder zur Zusammensetzung vorliegen. Durch die Erstellung der Massenbilanz für ein bestimmtes Verpackungsmaterial konnte bei bekannter konsumierter, gesammelter und via Kehrachtsack entsorgter Menge, die Menge in den Direktanlieferungen abgeschätzt werden. Diese Daten waren jedoch nicht bei allen Verpackungsmaterialien vorhanden, weshalb für die verschiedenen Materialien unterschiedliche Annahmen getroffen werden mussten. Die materialspezifischen Annahmen werden in den jeweiligen Kapiteln (ab Kapitel 3.3.) erläutert.

Schritt VII: Interpretation & Sensitivitäten

Nach der Modellierung der Verpackungsflüsse erfolgt die Interpretation der entstandenen Materialflussanalyse. Zudem werden relevante Annahmen identifiziert und Sensitivitäten überprüft und diskutiert.

3.2.2. Identifikation von Verbesserungspotenzialen

Auf Basis der Materialflussanalyse wurden anschliessend qualitativ Verbesserungspotenziale erarbeitet. So wurden die eingesetzten Materialien hinsichtlich ihrer ökologischen Nachhaltigkeit diskutiert, Optionen für den Einsatz von Mehrwegverpackungen geprüft sowie die Auswirkungen von Datenlücken und Möglichkeiten zu deren Schliessung beleuchtet.

Die heutige Datenlage erlaubt nur bedingt eine Formulierung von Verbesserungspotenzialen. Eine langfristige Optimierung der Stoffströme, bzw. deren Zusammensetzung und eine Reduktion der Umweltauswirkungen der G&I-Verpackungen bedingt ein solides Monitoring der Materialströme. Aus diesem Grund werden neben den Verbesserungspotenzialen der Verpackungsströme auch Ansätze zur Reduktion von Datenlücken erörtert.

3.3. Materialspezifisches Vorgehen: Papier und Karton

3.3.1. Konsum

Die Konsummenge wird wie folgt aus Produktion, Import und Export berechnet:

$$\text{Produktion VP} - \text{Export VP} + \text{Import VP} + \text{Nettoimport APVP} = \text{Konsum VP}$$

Produktion VP: Die inländische Produktion wurde anhand der Jahresberichte der Verbände SPKF und rpk, sowie durch Gespräche mit dem rpk und mit Unternehmen der Papier- und Kartonindustrie erhoben (Verband Schweizerischer Papier-, 2023; Verein Recycling Papier + Karton, 2023a).

Export VP und Import VP: Die Menge an importierten und exportierten Papier- und Kartonverpackungen konnten der Zollstatistik (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2024) entnommen werden. Um die grosse Menge an Zolltarifnummern in Produktgruppen zu ordnen, wurden die Klassifizierungen des Joint Forest Questionnaire (Erhebung statistischer Daten zur Forstwirtschaft) (JFSQ) und rpk abgeglichen. Da zur Klassifizierung von JFSQ mehr Informationen verfügbar waren und diese regelmässig überarbeitet wird, wurden die Kategorien basierend auf dieser Klassifizierung erstellt. Die Zuordnung ist im Anhang 9.2.1 in Tabelle A.6 ersichtlich.

Nettoimport am Produkt importierte Verpackungen (APVP): Für am Produkt importierte Verpackungen wird in der Zollstatistik lediglich das Gewicht erfasst, jedoch keine Angaben zu Verpackungsart oder -material erhoben. Der Verband rpk schätzt mittels eines Modells die Menge an jährlich importierten Transportschachteln aus Karton ab. Dabei handelt es sich um Schachteln, wie sie beispielsweise beim Kauf von Elektronikgeräten oder Textilien aus dem Ausland zum Einsatz kommen. Die so modellierte Menge an importierten Umverpackungen wird auch im Jahresbericht des Verbandes ausgewiesen.

Andere importierte und exportierte Papier- und Kartonverpackungen am Produkt (z.B. Papiersäcke für Tierfutter, Füllmaterialien aus Papier und Karton) werden im Gegensatz zu den Transportschachteln weder erfasst noch modelliert. Die so importierten und exportierten Verpackungen könnten dadurch einen Einfluss auf die Gesamtverbrauchsmenge haben. Sollten bspw. mehr Verpackungen am Produkt importiert als exportiert werden, würde dies den berechneten Verbrauch erhöhen.

3.3.2. Verwertung

Die jährlichen Sammelmengen von Papier und Karton für die stoffliche Verwertung werden vom rpk erhoben und im Jahresbericht ausgewiesen (Verein Recycling Papier + Karton, 2023a). Bei der Sammlung von Papier- und Kartonverpackungen kann weder zwischen G&I und Haushalten noch zwischen Verpackungen und anderen Produkten unterschieden werden.

Um die Mengen der nicht separat gesammelten, in die **thermische Verwertung** gelangenden Verpackungen zu bestimmen, wurden die Mengen aus der Kehrichtsackanalyse (Winzeler, Wiccki, & Burckhardt, 2023) verwendet. Weiter musste die Menge, der via Direktanlieferung in die thermische Verwertung gelangenden Verpackungen, abgeschätzt werden. Dafür wurde angenommen, dass die total entsorgte Menge sich folgendermassen zusammensetzt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Total entsorgte Menge}_{\text{Papier \& Karton}} \\
 &= \text{Separatsammlung}_{\text{Papier \& Karton}} \\
 &+ \text{Kehrichtsack}_{\text{Papier \& Karton}} \\
 &+ \text{Kanalisation}_{\text{Toilettenpapier}} \\
 &+ \text{Direktanlieferung}_{\text{Papier\&Karton}}
 \end{aligned}$$

Die separat gesammelte Menge ist aus dem rpK Jahresbericht bekannt. Für die Menge im Kehrichtsack ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Kategorie 'Papier Sonstiges' der Kehrichtsackanalyse zum überwiegenden Teil um benutzte Hygienepapiere und Servietten mit entsprechend hohem Fremdstoff- und Feuchteanteil handelt. Da dieser Anteil nicht erhoben werden konnte, wurde er auf 30 % geschätzt und von der anhand der Kehrichtsackanalyse bestimmten Menge abgezogen. Für das in die Kläranlagen gelangende Toilettenpapier wurde davon ausgegangen, dass das gesamte Toilettenpapier in die Kläranlagen gelangt. Für die verbleibende Menge an Papier und Karton wird angenommen, dass sie als gemischter Gewerbe- und Industrieabfall durch Direktanlieferungen in die KVA gelangen.

3.3.3. G&I-Anteil

Eine Abschätzung der G&I-Verpackungen konnte nur für die Konsumphase vorgenommen werden, da bei der Produktion schwer zu unterscheiden ist, ob z.B. ein Faltschachtelkarton als Umverpackung für Lebensmittel für den Einzelhandel oder als Paketverpackung für den Online-Versandhandel hergestellt wird und bei den Haushalten ankommt. Anhand von Zahlen aus dem Ausland (Deutschland und UK) wurde der Anteil der konsumierten G&I-Verpackungen auf rund 66 % geschätzt (Burger et al., 2022; Cayé et al., 2023; Illingworth et al., 2019). Um anhand der Gesamtmengen Abschätzungen zu G&I-Verpackungsflüssen machen zu können, wurde der komplette Papier- und Karton-Kreislauf der Schweiz modelliert. Für die Produktion war lediglich eine Unterscheidung zwischen Verpackungen und Nicht-Verpackungen möglich, jedoch nicht eine Unterscheidung zwischen G&I- und Haushalten (inkl. Unternehmungen mit < 250 Vollzeitstellen).

3.4. Materialspezifisches Vorgehen: Kunststoffe

3.4.1. Konsum

Die Konsummenge wird wie folgt aus Produktion, Import und Export berechnet:

$$\text{Produktion VP} - \text{Export VP} + \text{Import VP} = \text{Konsum VP}$$

Produktion VP: Die Produktion der G&I-Verpackungen aus Kunststoff wurden der Publikation von Klotz & Haupt, (2022b) entnommen. In der Studie sind zwölf Kunststofftypen unterschieden. Diese Kunststofftypen werden zudem nach Produkten und nach ihrem Einsatz in den fünf

Sektoren Bauindustrie, Gastgewerbe, produzierendes Gewerbe, Landwirtschaft und Detailhandel unterschieden.

Export VP und Import VP: Ebenso werden in der Studie von Klotz & Haupt, (2022b) Importe und Exporte für die verschiedenen Kunststofftypen und Branchen ausgewiesen und die Zahlen wurden hier verwendet.

Nettoimport APVP: In der Studie von Klotz & Haupt (2022b) werden die am Produkt importierten Verpackungen als Importe modelliert. Dazu wurden basierend auf den importierten Produkten Abschätzungen zu den Verpackungen gemacht (für mehr Details siehe (Klotz & Haupt, 2022b)). Folglich sind alle Nettoimporte APVP in den Importen ausgewiesen.

3.4.2. Verwertung

In der Publikation von Klotz & Haupt, (2022b) wurden die Sammelsysteme und Verwertungswege der G&I-Verpackungen aus Kunststoff detailliert beschrieben. Die verwendeten Daten wurden somit ebenfalls dieser Publikation entnommen.

Spezifisch für die Schweiz wurden die in der Landwirtschaft gesammelten Siloballenfolien berücksichtigt. Für diese gibt es das etablierte Sammelsystem «ERDE Schweiz». Im Referenzjahr 2022 wurden 1800 t gesammelt, 2023 waren es bereits 2200 t (ERDE Schweiz, 2024).

3.4.3. G&I Anteil

Der G&I Anteil wurde gestützt auf die Publikation von Klotz & Haupt (2022) modelliert. Diese Publikation verwendet Abfallzahlen aus dem Jahr 2017 und ist auf den Bericht von WRAP aus dem Jahr 2011 abgestützt. Der Anteil an G&I-Verpackungen in der UK ist laut WRAP (2011/2017) mit 32 % vs. 35 % G&I Anteil ungefähr konstant geblieben.

3.5. Materialspezifisches Vorgehen: Holz

3.5.1. Konsum

Die Konsummenge wird wie folgt aus Produktion, Reparatur, Import und Export berechnet:

$$\text{Produktion VP} + \text{Reparatur VP} - \text{Export VP} + \text{Import VP} + \text{Nettoimport APVP} = \text{Konsum VP}$$

Eine Besonderheit der Verpackungen aus Holz stellen Mehrwegpaletten dar. Diese haben eine längere Lebensdauer als andere Verpackungen und durch die mehrmalige Nutzung einen Einfluss auf den Konsum. Dadurch setzt sich der Konsum nicht nur aus den in der Gleichung beschriebenen Bestandteilen zusammen. Es muss zusätzlich die Nutzung der sich im Bestand befindenden Paletten berücksichtigt werden. Für diese Studie war es jedoch nicht möglich, den aktuellen Bestand oder die Anzahl Nutzungen von Mehrwegpaletten aus Holz zu bestimmen, da die Angaben zur Lebensdauer und zu den Einsatzzyklen in der Literatur stark variieren.

Produktion und Reparatur VP: Zur Modellierung der Produktion von Holzverpackungen in der Schweiz wurde in erster Linie auf den Bericht zum Holzverbrauch Schweiz der Berner

Fachhochschule zurückgegriffen (Winterberg N. et al., 2022). Die neusten verfügbaren Zahlen stammen dabei aus dem Jahr 2020. Da der totale Holzeinsatz für Verpackungen im Zeitraum zwischen 2016 bis 2020 mit Schwankungen von $\pm 2\%$ (relativ zur Produktionsmenge im Jahr 2016) sehr konstant ist, wurde die Annahme getroffen, dass diese Menge ohne Hochrechnung oder Korrektur für einen Trend für das Referenzjahr 2022 verwendet werden kann. In einem weiteren Schritt wurden die Mengen von Kubikmetern in Tonnen umgerechnet. Da Holzverpackungen inkl. Paletten meist aus Nadelholz bestehen, wurde die Dichte von 0.52 t/m^3 für Nadelholz aus dem Jahrbuch Wald und Holz (Schmutz & Gollut, 2023) als Umrechnungsfaktor verwendet.

Für die Berechnung der Materialströme wurde angenommen, dass der Bestand konstant bleibt – also weder wächst (durch höhere Produktion oder geringere Abfallmenge) noch schrumpft (durch geringere Produktion oder höhere Abfallmenge). Diese Annahme basiert auf der sehr stabilen Produktion in den letzten Jahren.

Zusätzlich zur Produktion von neuen Paletten wird Holz auch verwendet, um beschädigte Mehrwegpaletten zu reparieren. Der Holzeinsatz für die Reparatur wird ebenfalls im Bericht Holzverbrauch Schweiz (Winterberg et al., 2022) erfasst. Anstatt 0.05 m^3 für eine neue Palette wird bei der Reparatur im Schnitt nur 0.02 m^3 Holz benötigt (Winterberg et al., 2022). Es wurde für den Holzeinsatz bei der Reparatur die gleiche Dichte wie für die Neuproduktion angenommen.

Export VP und Import VP: Die Importe- und Exporte wurden aus Swiss-Impex (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2024) abgefragt und sind in Paletten (Kategorie 4415.20) und andere Holzverpackungen (Kategorien 4415.10 und 4416.00) unterteilt. Beim Export und Import von Paletten konnte jedoch nicht zwischen Einweg- und Mehrwegpaletten unterschieden werden, da diese gemeinsam erfasst werden. Dadurch ist es auch im Konsum nicht mehr möglich eine Unterscheidung zu machen.

Nettoimport APVP: Es war aufgrund der verfügbaren Daten nicht möglich eine Abschätzung zu am Produkt importierten Holzpaletten und weiteren Holzverpackungen zu machen. Aus diesem Grund wurden diese APVP nicht modelliert. Falls nicht gleich viele Holzverpackungen im – oder exportiert würden, wird der Konsum durch das hier verwendete Modell unter- oder überschätzt.

3.5.2. Verwertung

Welcher Verwertungsart Holzverpackungen zugeführt werden, ist grösstenteils unbekannt. Dies, weil sie oft gemischt mit anderen Holzabfällen entsorgt werden. Europaletten mit Vollholz- oder Pressholzfüssen, Kisten und Fässer gelten gemäss Schweizer Abfallverzeichnis (LVA) (Digital Services UVEK, 2024) als kontrollpflichtige Abfälle der Kategorie 'ak150103' (Taverna, 2023). Die Holzverpackungen, welche unter dieser Meldenummer erfasst wurden, konnten modelliert werden.

Mehrwegpaletten können auch repariert werden. Reparaturzahlen von Paletten werden von Winterberg et al. (2022) im Bericht zum Holzverbrauch in der Schweiz ausgewiesen.

Für die verbleibende Menge ist die Verwertung unbekannt. Dabei handelt es sich sowohl um nicht-kontrollpflichtige Holzverpackungsabfälle sowie um kontrollpflichtige Holzverpackungsabfälle, welche gemischt mit anderen kontrollpflichtigen Holzabfällen entsorgt werden.

3.5.3. G&I Anteil

Für den Anteil an G&I-Verpackungen wurden die G&I-Anteile aus dem UK (Mitchell et al., 2019) verwendet, da in Deutschland nicht zwischen Paletten und anderen Holzverpackungen unterschieden wird. Im UK wird für Holzpaletten ein Anteil von 100 % G&I ausgewiesen, für Rahmen, Deckel, Kisten und Trommeln knapp 80 % (Tabelle 1).

Tabelle 1: G&I-Anteile von Holzverpackungen im Ausland basierend auf Mitchell et al., (2019) und Thomson et al. (2019).

	UK	DE	Durchschnitt
G&I Anteil Paletten	100.0 %	n.a.	100.0 %
G&I Anteil Rahmen, Deckel, Kisten, etc.	79.8 %	n.a.	79.8 %
Total G&I Anteil Holzverpackungen	94.8 %	99.0%	96.9 %

3.6. Materialspezifisches Vorgehen: Glas

3.6.1. Konsum

Der Konsum von Verpackungsglas wurde separat für Getränkeflaschen aus Glas und weiteres Verpackungsglas berechnet. Weiteres Verpackungsglas umfasst unter anderem Konservengläser, Milchverpackungen aus Glas, sowie Kosmetikverpackungen aus Glas.

Getränkeflaschen aus Glas:

Für Getränkeflaschen aus Glas wird der Konsum von VetroSwiss berechnet und im Faktenblatt Verwertungsquote (Vetroswiss, 2023a) publiziert. Analog dazu wird der Konsum hier wie folgt berechnet:

$$\text{Konsum}_{\text{Flaschen}} = \text{Produktion}_{\text{Flaschen}} - \text{Export}_{\text{Flaschen}} + \text{Import}_{\text{Flaschen}} + \text{Nettoimport APVP}$$

Produktion Flaschen: Getränkeflaschen aus Glas unterliegen seit 2002 der vorgezogenen Entsorgungsgebühr (VEG) (Vetroswiss, n.d.) Die VEG muss von Herstellern und Importeuren entrichtet werden und die Mengen werden von VetroSwiss jährlich publiziert (VetroSwiss, 2020, 2023b, 2023a) und in dieser Studie verwendet.

Import und Export von Flaschen: Zusätzlich zur regulären Zollstatistik von Swiss-Impex (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG, 2024) werden durch die Erhebung der VEG auch Zahlen über die Import- und Exportmengen von Glasgetränkeflaschen erfasst. In diesen Zahlen werden jedoch nur die Gesamtmengen aus leeren und befüllten (APVP) Flaschen ausgewiesen. Die durch die Erhebung der VEG erfassten Zahlen haben das Problem, dass Trittbrettfahrer nicht berücksichtigt werden, während bei Swiss-Impex das Problem besteht, dass APVP nicht

inkludiert sind. Es wird angenommen, dass der Effekt der Trittbrettfahrer kleiner ist als der von APVP, daher werden die VEG-Zahlen verwendet.

Nettoimport APVP: Für die VEG sind auch bereits befüllte Flaschen abgabepflichtig und werden deshalb erfasst. Es konnten somit leere wie auch befüllte importierte und exportierte Flaschen bestimmt werden. Erfasst wurden Stückzahlen in verschiedenen Grössenklassen, die mit Durchschnittsgewichten auf ein Gesamtjahresgewicht hochgerechnet werden

Weiteres Verpackungsglas:

Für das weitere Verpackungsglas sind die Mengen der Produktion, Importe und Exporte unbekannt, da diese von der VEG befreit sind. Es gibt somit keine zentral erfasste Produktion von weiterem Verpackungsglas. Deswegen wurde die Konsummenge wie folgt von der Verwertungsseite her berechnet:

$$\text{Konsum}_{\text{weiteres VP-Glas}} = \text{Glas Sammlung}_{\text{Total}} + \text{Glas KVA}_{\text{Total}} - \text{Konsum}_{\text{Flaschen}}$$

Auf die Glassammlung und das in der KVA verwertete Glas wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

3.6.2. Verwertung

Die Menge an verwertetem Verpackungsglas setzt sich zusammen aus der Menge des separat gesammelten und stofflich verwerteten sowie des in der KVA behandelten Glases.

Glassammlung: Die Zahlen der Sammlung wurden von VetroSwiss bezogen (Vetroswiss, 2023a, 2023b)). Dabei wurde 2017 der Anteil von Fremdstoffen und nicht gebührenbelastetem Verpackungsglas bestimmt (VetroSwiss, 2023a). Die Bestimmung erfolgte anhand einer Sortierung von gesammeltem Altglas.

Glas KVA: Die Menge setzt sich aus dem Glas im Kehrichtsack und in den Direktanlieferungen zusammen. Die Menge an Glas im Kehrichtsack konnte durch die Kehrichtsackanalyse (Winzler, Wicki, Burckhardt, et al., 2023) bestimmt werden, jedoch ohne Unterscheidung zwischen Getränkeflaschen und weiterem Verpackungsglas. Ebenfalls gibt es keine Informationen zur Menge und Zusammensetzung der Glasabfälle in Direktanlieferungen. Daraus ergab sich, dass die totale Menge an entsorgtem Glas nicht bestimmt werden konnte. Um darzustellen, wie sich die unbekannte Menge der Glasdirektanlieferungen auf das Modell und die Berechnung weiterer Stoffflüsse auswirkt, wurden diese mit roten Fragezeichen im System markiert.

3.6.3. G&I-Anteile

Die G&I-Anteile von Verpackungsglas wurden anhand der Analyse von Sammelsystemen von VetroSwiss (2020) bestimmt. Dabei wurde unterschieden zwischen Bring-Prinzip (Sammelstelle) und zwei Hol-Prinzipien: Tür zu Tür Sammlung (Haushalte) und Gewerbe. Es wurde angenommen, dass die gewerbliche Sammlung den G&I Anteil abdeckt. Zudem wurde angenommen, dass der Anteil der gewerblichen Sammlung sich seit 2018 nicht verändert hat. Dieser Prozentsatz wurde mit der Sammelmenge von 2022 verrechnet, um die G&I-Mengen zu

bestimmen. Weiter wurde aufgrund fehlender Datenauflösung angenommen, dass bei der G&I- und Haushaltssammlung die Fremdstoffanteile sowie die Anteile von weiterem Verpackungsglas gleichgeblieben sind.

3.7. Materialspezifisches Vorgehen: Metalle

Metallverpackungen bestehen zu einem Grossteil aus Aluminium und Eisen, weshalb auf diese Fraktionen fokussiert wird. Diese Einteilung entspricht auch den Standards, welche Deutschland und das Vereinigte Königreich in ihren Berichten ausweisen. Bei den Metallverpackungen in Gewerbe und Industrie konnte nur ein Teil des gesamten Konsums bestimmt werden, da zu einem Grossteil keine Daten verfügbar waren (z.B. für Stahl tanks).

3.7.1. Konsum

Aluminium

Für Aluminiumverpackungen war es nicht möglich, den Konsum analog zu z.B. Papier und Karton zu berechnen. Es gibt keine übergreifenden Angaben zur schweizerischen Produktion. Die Import-/Exportstatistik konnte zudem nicht verwendet werden, da die Kategorisierungen nicht mit jenen der Verbände und der Abfallstatistiken übereinstimmen. Der Konsum wurde daher basierend auf den Daten aus der Sammlung und der thermischen Verwertung (KVA) errechnet.

$$\begin{aligned} \text{Konsum}_{\text{Aluminium-VP}} &= \text{Konsum}_{\text{Aludosen}} + \text{Konsum}_{\text{weitere Alu-VP}} \\ &= \text{Sammlung}_{\text{Aludosen}} + \text{Sammlung}_{\text{weitere Alu-VP}} + \text{KVA}_{\text{Aludosen}} + \text{KVA}_{\text{weitere Alu-VP}} \end{aligned}$$

Auf die Zahlen der Sammlung und der thermischen Verwertung in der KVA wird im folgenden Unterkapitel eingegangen. Der Anteil der verbrannten weiteren Aluminiumverpackungen (nicht Dosen) konnte nicht bestimmt werden, da dieser nicht separat in der Kehrichtsackanalyse erhoben wird, und ist daher rot markiert in der Formel. Der berechnete Konsum unterschätzt somit den effektiven Konsum.

Eisenverpackungen

Auch für Eisenverpackungen gibt es keine offiziell ausgewiesene Produktionsmenge. Für Stahlblechverpackungen (Konservendosen, Deckel, etc.) wird eine Sammelmenge ausgewiesen (I-GORA, 2024). Zusammen mit den Mengen aus der Kehrichtsackanalyse (Winzeler, Wicki, & Burckhardt, 2023) konnte ein Konsum berechnet werden. Für weitere Verpackungen aus Eisen, sowohl aus Haushalten als auch aus G&I, war die Herleitung des Konsums via Sammlung und Kehrichtsackanalyse jedoch nicht möglich. Dies, weil zum gesammelten Altmetall keine Informationen verfügbar waren, um die Verpackungsanteile zu bestimmen. Weiter ist nicht bekannt, welche Mengen via Direktanlieferungen in die KVAs gelangen.

$$\begin{aligned} \text{Konsum}_{\text{Eisen-VP}} &= \text{Konsum}_{\text{Stahlblech-VP}} + \text{Konsum}_{\text{weitere Eisen-VP}} \\ &= \text{Sammlung}_{\text{Stahlblech-VP}} + \text{Sammlung}_{\text{weitere Eisen-VP}} + \text{KVA}_{\text{Stahlblech-VP}} + \text{KVA}_{\text{weitere Eisen-VP}} \end{aligned}$$

Auf die Zahlen der Sammlung und der thermischen Verwertung in der KVA wird im folgenden Unterkapitel eingegangen. In Rot sind wiederum die Teile markiert, welche nicht bestimmt werden konnten. Es wird somit nur ein Teil der Eisenverpackungen ausgewiesen werden können.

3.7.2. Verwertung

Für die Verwertung von Aluminium und Eisenverpackungen wurden die Sammelmengen im Jahr 2022 aus dem Jahresbericht von IGORA und ferro recycling verwendet (IGORA, 2024). Weiter wurden in der Kehrichtsackanalyse Getränkedosen aus Aluminium und Eisen-/Stahlblech-Verpackungen ausgewiesen. Bei den Kategorien 'Nicht-Eisen-Metalle übrige' und 'Eisen übriges' sind Verpackungen und Nicht-Verpackungen gemischt und der Anteil an Verpackungen konnte nicht bestimmt werden. Verpackungen in diesen gemischten Kategorien sind Tuben, Behälter, Deckel, Folien, Kapseln und Schalen.

3.7.3. G&I-Anteile

Die Metallverpackungen aus der Kehrichtsachanalyse sind aufgrund des Sammelsystems per Definition Haushaltsabfälle. Für die Sammlung wurde eine Abschätzung der G&I Anteile basierend auf Zahlen aus dem Ausland gemacht (Tabelle 2). Mit den Mittelwerten dieser G&I Anteile und nach Abzug der Mengen aus der Kehrichtsackanalyse für die Haushaltsverpackungen, wurden die gesammelten G&I und Haushaltsverpackungen berechnet.

Tabelle 2: G&I-Anteile von Metallverpackungen im Ausland basierend auf Cayé et al. (2023) und Thomson et al. (2019).

	UK	DE	Durchschnitt
Aluminium-Getränkedosen	22.9 %	4.6 %	13.7 %
Stahlblech-Verpackungen	18.8 %	46.6 %	32.7 %

4. Resultate Teil I: Übersicht Verpackungsflüsse

4.1. Übersicht Verpackungsflüsse

Dieses Kapitel enthält eine Gesamtübersicht der G&I-Verpackungsflüsse der Schweiz. Die detaillierten Resultate für die verschiedenen Materialien werden im Kapitel 5 präsentiert.

Abbildung 2 zeigt eine **Gesamtübersicht der Stoffflüsse** der G&I-Verpackungen und der Haushaltsverpackungen. Es werden bewusst sowohl G&I- als auch Haushaltsverpackungen dargestellt, da ein grosser Teil der Abschätzungen zu den G&I-Verpackungen anhand von Zahlen zu den Gesamtmengen und den reinen Haushaltsverpackungen gemacht wurden (siehe Kapitel 2 und 3). Die Übersicht umfasst die Prozesse Produktion (inkl. Importe und Exporte), Konsum, Sammlung und Verwertung. Wo möglich wurde bei der Verwertung zwischen thermischer und stofflicher Verwertung unterschieden. Für gewisse Verpackungen konnte die Verwertungsart nicht bestimmt werden. Dies wurde mit dem Prozess «unbekannte Verwertung» dargestellt.

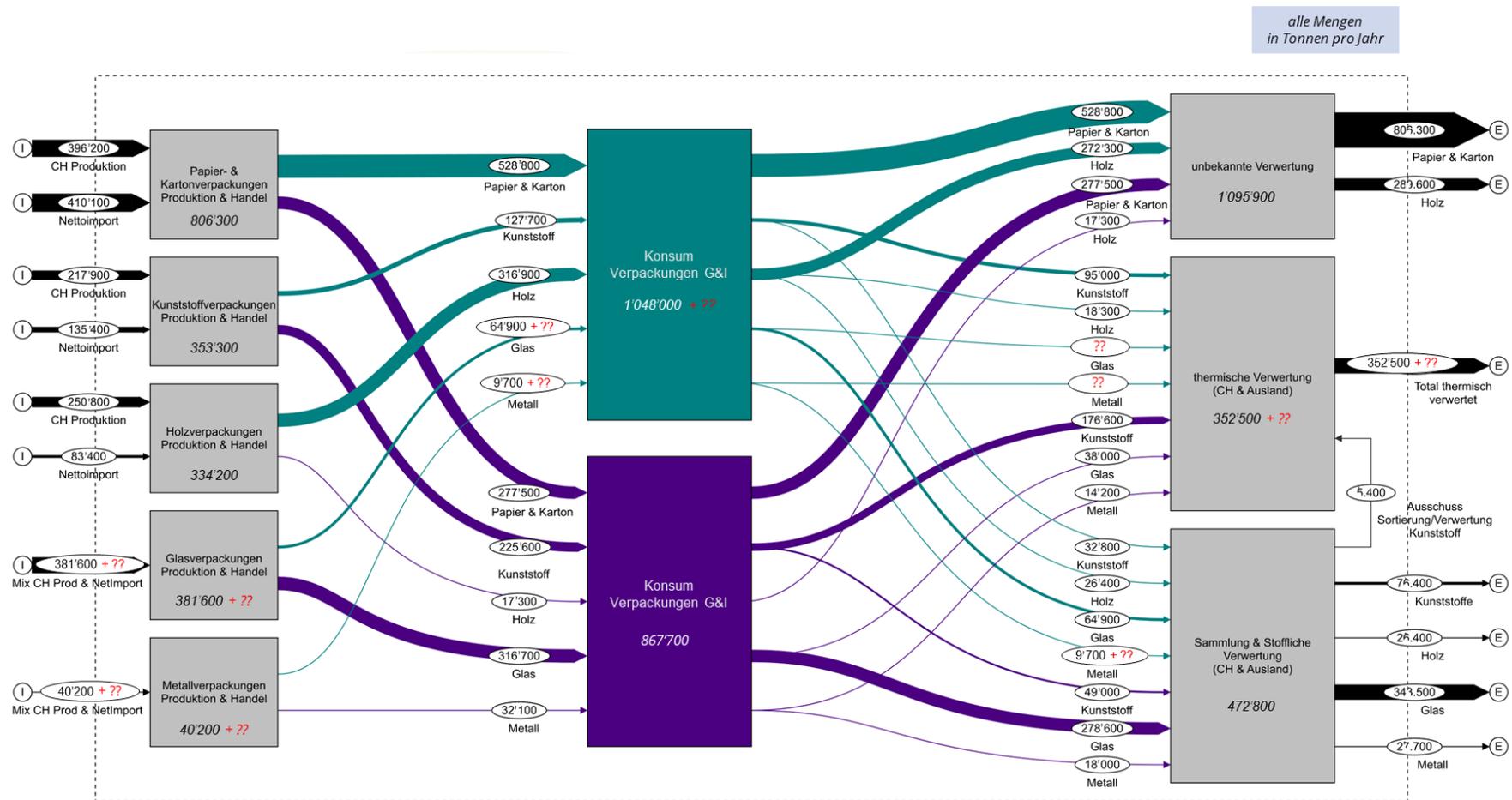


Abbildung 2: Übersicht der in dieser Studie identifizierten Verpackungsflüsse (in Tonnen) in der Schweiz für das Referenzjahr 2022. In Türkis sind reine G&I-Flüsse und in Violett Verpackungen in Haushalten dargestellt. In Schwarz sind Materialflüsse, welche nicht unterschieden werden konnten, dargestellt. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet. Rote Fragezeichen zeigen, wo Datenlücken nicht geschlossen werden konnten.

Die **Mengen** der G&I-Verpackungen sind grösser als diejenigen der Haushaltsverpackungen (siehe auch Tabelle 3). In dieser Studie konnte jedoch nur ein Teil der verwendeten G&I-Verpackungen modelliert und abgebildet werden (für Details siehe Kapitel 5). Insbesondere ein grosser Teil der **Metallverpackungen** in Gewerbe und Industrie – z.B. Stahlcontainer – konnte nicht erfasst oder dargestellt werden (vgl. Kapitel 3.7). Die in dieser Studie erfassten und in Abbildung 2 dargestellten Metallverpackungen umfassen Aluminiumgetränkedosen, -tuben, und -schalen sowie Dosen aus Weissblech. Andere Verpackungen aus Metall konnten nicht erhoben werden (vgl. Kapitel 5.5). Die abgebildeten G&I-Verpackungsflüsse werden durch diese Studie also unterschätzt.

Von den in dieser Studie erfassten Verpackungsflüssen haben **Papier – und Kartonverpackungen** den grössten Anteil an den G&I-Verpackungen. Kartonverpackungen werden oft als Umverpackungen resp. Transportverpackungen eingesetzt. Nach Karton ist **Holz** das am zweithäufigsten verwendete Material für G&I-Verpackungen. Dies sind vor allem Paletten.

Auffällig ist, dass für die Papier – und Karton- als auch für die Holz-G&I-Verpackungen - keine Angaben zum Entsorgungsweg gemacht werden können. Für Papier und Karton gibt es Statistiken zur Sammlung und Verwertung, jedoch kann nicht rückgerechnet werden, welcher Anteil der G&I-Verpackungen aus Papier und Karton fürs Recycling separat gesammelt werden. Deswegen wurde die Verwertung von Papier und Karton als unbekannt angegeben. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass die G&I-Verpackungen aus Papier und Karton zu einem hohen Anteil der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Die Verwertung der Holz-**Mehrwegpaletten** kann nicht abschliessend bestimmt werden. Gewisse Paletten müssen am Ende ihrer Lebensdauer aufgrund ihrer Behandlungen und möglichen Kontaminationen einer thermischen Verwertung zugeführt werden, unbehandelte können auch stofflich verwertet werden (BAFU, 2019; Taverna, 2020).

Bei den G&I-Verpackungen aus **Kunststoff**, welche den drittgrössten Strom der G&I-Verpackungen ausmachen, wird, ähnlich wie bei den Haushaltsverpackungen aus Kunststoff, nur ein kleiner Teil stofflich verwertet. Dies aufgrund der Diversität der Kunststofftypen und Kunststoffprodukten, aber auch infolge fehlender Sammelsysteme und Recyclinganlagen in der Schweiz. Anders sieht es bei **Glasverpackungen** aus. Hier wird der allergrösste Teil gesammelt und fürs erneute Einschmelzen vorbereitet.

In Abbildung 2 nicht dargestellt sind die Einsatzgebiete der Rezyklate. Diese konnten im Rahmen dieser Studie nicht erfasst werden.

Die in dieser Studie erfassten Gesamtmengen der konsumierten G&I- sowie Haushaltsverpackungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Es ist wichtig zu beachten, dass Tabelle 3 ausschliesslich die in dieser Studie identifizierten Verpackungsmengen berücksichtigt. Wie in Tabelle 3 erläutert, konnten bestimmte Verpackungsdaten nicht erfasst werden. Die Studie unterschätzt daher tendenziell die Gesamtmenge eingesetzter Verpackungen bei allen untersuchten Materialien.

Tabelle 3: Totale Mengen konsumierte G&I- und Haushaltsverpackungen

Material	G&I-Verpackungen [t]	Bemerkung
Papier und Karton	528'800	Diese Zahl vernachlässigt die am Produkt importierten Verpackungen
Kunststoffe	127'700	Basiert auf Abschätzungen aus dem Jahr 2017.
Holz	316'900	Es wird nur der neue Einsatz und die Reparatur erfasst. Der Bestand von Mehrwegpaletten konnte nicht modelliert werden. Am Produkt importierte Verpackungen wurden aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt.
Glas	64'900	Die Produktion und der Nettoimport von Verpackungsglas, welche nicht unter die vorgezogene Entsorgungsgebühr für Getränkeflaschen fallen, konnten nicht erhoben werden.
Metalle	9'700	Diese Zahl beinhaltet nur Aluminiumgetränkedosen sowie Weissblechdosen. Weitere Metallverpackungen, wie z.B. Stahlcontainer/-tanks konnten nicht erhoben werden.
Total	1'048'000	

4.2. Vergleich mit ausländischen Zahlen

Tabelle 4 zeigt den pro Kopf Konsum der totalen Verpackungsmengen sowie spezifisch für die verschiedenen Materialien für die Schweiz, Deutschland und UK. Der totale Pro-Kopf-Verpackungskonsum ist in Deutschland und der Schweiz sehr ähnlich, im UK ist er etwas niedriger. Diese Beobachtung lässt sich auch mehrheitlich für die einzelnen Verpackungsmaterialien machen – die Schweiz und Deutschland sind sehr ähnlich, UK etwas niedriger. Glas wird in der Schweiz mehr konsumiert als in den beiden anderen Ländern. In Deutschland und im UK ist zudem der Pro-Kopf-Verbrauch der Metallverpackungen wesentlich höher als in der Schweiz, wobei berücksichtigt werden muss, dass in der vorliegenden Studie nicht alle Metallverpackungen in der Schweiz erfasst wurden (siehe Kapitel 3.7). Basierend auf den vorhandenen Daten aus dem Ausland wurden die Mengen für die Schweiz abgeleitet (Zahlen in Rot).

Tabelle 4: Übersicht über die länderspezifischen pro Kopf Abfallzahlen. Zahlen in Rot wurden aus den Zahlen von Deutschland oder dem UK hergeleitet. Schwarze Zahlen wurde direkt aus Quellen bezogen oder berechnet.

Verpackungen in kg pro Person und Jahr	Schweiz				Deutschland				UK			
	Total	G&I	G&I [%]	Haus halte	Total	G&I	G&I [%]	Haus halte	Total	G&I	G&I [%]	Haus halte
Total	225.2	118.4	53 %	98.0	222.2	119.0	54	103.2	172.9	95.9	55	77.1
Papier und Karton	91.1	59.7	66 %	31.3	96.7	59.8	62	36.9	73.6	50.7	69	22.8
Kunststoffe	39.9	14.4	36 %	25.5	38.2	13.7	36	24.5	31.1	12.2	39	18.9
Metalle	4.7	1.1	23 %	3.6	11.7	4.7	41	6.9	11.1	4.9	44	6.3
Glas	43.1	7.3	17 %	35.8	37.2	4.7	13	32.4	37.1	9.7	26	27.4
Holz	37.8	35.8	95 %	2.0	36.4	36.1	99.0	0.4	19.3	18.3	95	1.0

5. Resultate Teil II: Materialspezifische Verpackungsflüsse

5.1. Papier und Karton

In Abbildung 3 sind die Papier- und Kartonflüsse der Schweiz dargestellt. Unterteilt sind die Materialflüsse in Rohmaterialien für die Verpackungsproduktion (wie bspw. Wellpappe), Verpackungen sowie andere Papierprodukte. Zur verständlicheren Darstellung wird der Konsum einmal unterteilt nach Verpackungen / Nicht-Verpackungen und einmal als Gesamtkonsum dargestellt.

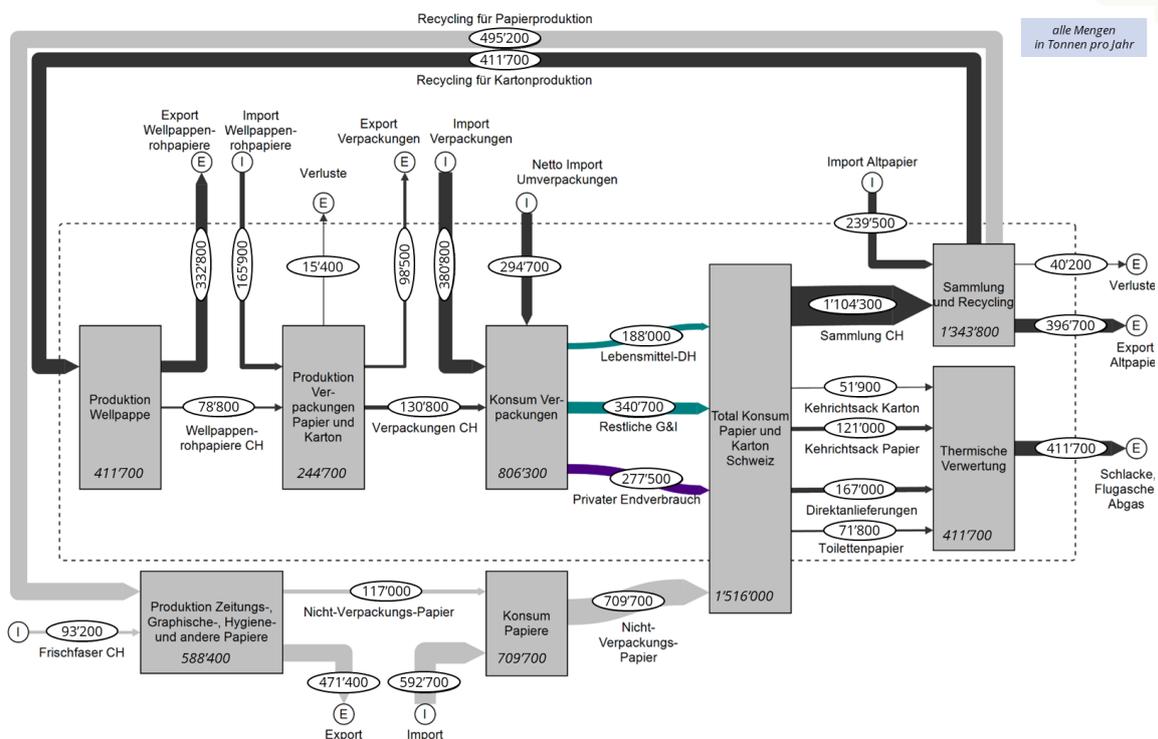


Abbildung 3: Materialflüsse der Papier- und Kartonverpackungen in der Schweiz für des Referenzjahr 2022 (in Tonnen). In Türkis sind reine G&I-Flüsse und in Violett Verpackungen in Haushalten dargestellt. In Schwarz sind Materialflüsse, welche nicht unterschieden werden konnten, dargestellt. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet.

5.1.1. Übersicht Materialflüsse

Gemäss den Modellierungen ergibt sich ein Papier- und Karton-Verpackungskonsum von 806'000 t / Jahr. Der Anteil an G&I-Verpackungen wurde basierend auf ausländischen Zahlen auf 68 % bestimmt. Die so abgeschätzten G&I-Verpackungsmengen sind in Türkis dargestellt.

Die Verwertungsart der Papier- und Kartonverpackungen konnte nicht eindeutig bestimmt werden. Die Sammlung von Papier- und Kartonverpackungen erfolgt zwar grösstenteils separat, jedoch wird nicht erfasst, welche Verpackungen aus Haushalten und welche aus G&I kommen. Bei der kommunalen Sammlung werden nebst Haushaltsverpackungen auch Verpackungen aus G&I eingesammelt, wenn das Unternehmen weniger als 250 Vollzeitstellen hat. Unternehmen, welche sowohl kommunal als auch betriebliche Abfälle einsammeln, erfassen jedoch nicht, woher die Verpackungen stammen. Es war daher nicht möglich, eine Aussage darüber zu treffen, welcher Anteil der Papier- und Karton G&I-Verpackungen stofflich, resp. thermisch verwertet wird.

Grundsätzlich ist die Sammel- und Verwertungsrate von Papier- und Karton in der Schweiz sehr hoch. Für die Abgabe von Altpapier fürs Recycling muss nicht bezahlt werden, für die Verbrennung in der KVA hingegen schon. Es gibt daher einen finanziellen Anreiz, Papier und Karton separat zu sammeln und zu rezyklieren.

Eine grosse Unsicherheit im System sind Importe am Produkt. Es gibt bisher keine Abschätzungen oder Modellierungen, welche Arten oder Mengen an Verpackungen am Produkt in die Schweiz gelangen. Die in Abbildung 3 dargestellten Nettoimporte von Verpackungen basieren auf Modellierungen des Vereins rpk der importierten Umverpackungen (Transportverpackungen) (Verein Recycling Papier + Karton, 2023a).

5.1.2. Einsatz nach Branchen

Durch zusätzliche Erhebungen konnte die Menge des Lebensmittel-Detailhandels separat ausgewiesen werden. Mit 188'000 t / Jahr macht der Lebensmittel-Detailhandel rund einen Drittel des modellierten G&I-Verpackungsverbrauches an Papier und Karton aus. Diese Verpackungen umfassen nur die im Detailhandel eingesetzten Verpackungen (in erster Linie Transportverpackungen) nicht aber die Produktverpackungen, welche in den Haushalten anfallen. Es ist jedoch zu beachten, dass die restlichen G&I-Verpackungen basierend auf Abschätzungen mit Zahlen aus dem Ausland gemacht wurden und somit eine grössere Unsicherheit aufweisen. Für die Aufteilung in die weiteren Branchen war keine Abschätzung möglich.

5.1.3. Einsatz nach Verpackungsart

Für die Kartonverpackungen kann davon ausgegangen werden, dass der grösste Teil Kartonschachteln sind. Die Hauptproduktion im Bereich Verpackungen konzentriert sich auf Wellpappenrohmaterial, aus dem Kartonschachteln hergestellt werden. Dabei wird zwischen zwei Hauptarten unterschieden: Wellpappenschachteln und Vollkartonschachteln. Wellpappenschachteln bestehen aus mehreren Lagen, die eine hohe Stabilität und Flexibilität bieten, während Vollkartonschachteln aus einem einzigen, festen Material gefertigt sind und sich durch ihre Robustheit auszeichnen.

Neben Schachteln würden Füllmaterialien aus Papier in die Kategorie Verpackung fallen, diese spielen jedoch mengenmässig, wie auch die weiteren Verpackungen aus Karton (bspw. bei Verpackungen von Früchten) nur eine untergeordnete Rolle.

5.2. Kunststoffe

In Abbildung 4 sind die Materialflüsse der G&I-Kunststoffverpackungen für das Referenzjahr 2017 resp. für 2022 (System ERDE) dargestellt. Die Produktion wurde unterteilt in inländische Produktion und im Ausland produzierte und importierte Verpackungen. Zudem wurde der Einsatz der Verpackungen in fünf Branchen unterschieden. Für die Verwertung wurde zwischen thermischer Verwertung, Separatsammlung in der Schweiz, Sortierung in der Schweiz, Sortierung im Ausland sowie Recycling in der Schweiz unterschieden.

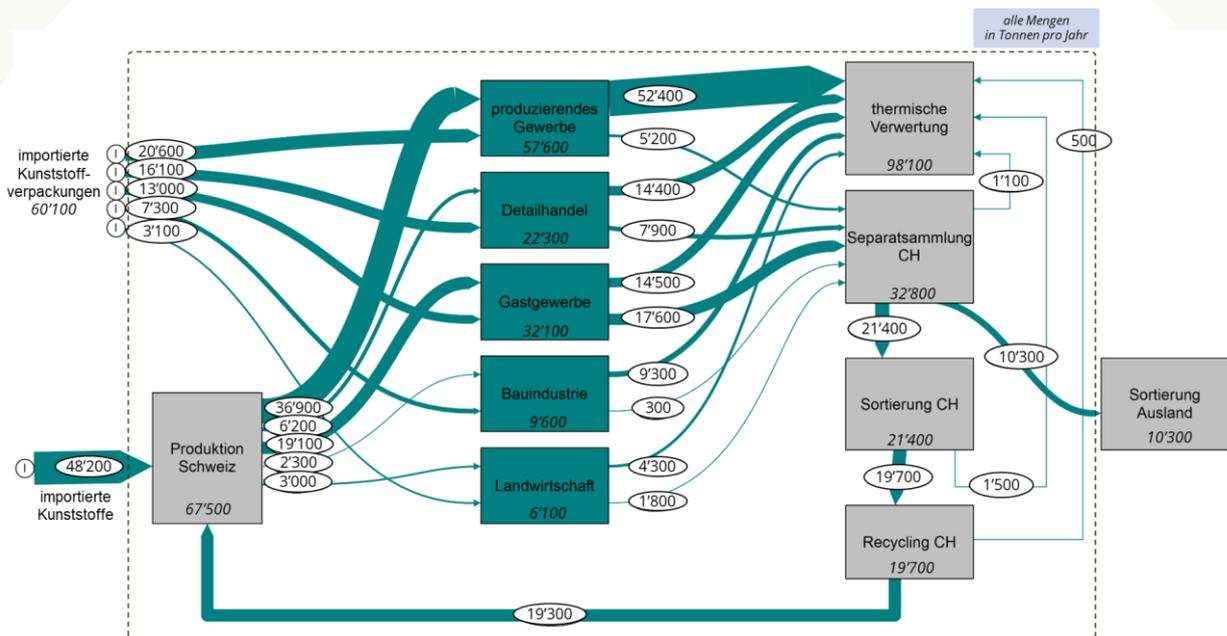


Abbildung 4: Materialflüsse der G&I-Kunststoffverpackungen für das Referenzjahr 2017 (in Tonnen) basierend auf Klotz & Haupt (2022b), resp. für 2022 für die Zahlen des System ERDE. In Kursiv sind die Mengen der Prozesse ergänzt. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet.

5.2.1. Übersicht Materialflüsse

In der Schweiz werden rund 128'000 t Kunststoffverpackungen in G&I eingesetzt, etwas mehr als die Hälfte davon wird in der Schweiz produziert. Knapp 33'000 t G&I-Verpackungen werden separat gesammelt. Davon werden rund 2/3 der Sortierung in der Schweiz zugeführt, ca. 1/3 wird exportiert. Aus dem Recycling in der Schweiz werden gut 19'000 t Rezyklat wiederum der Produktion zugeführt. Die 19'300 t Rezyklate machen im Vergleich zu den 128'000 t eingesetzten Verpackungen in G&I rund 15 % aus. Dies bedeutet, im Vergleich mit der Gesamtschweizerischen Kunststoffrecyclingrate von 9 % (Klotz et al., 2022), werden mehr G&I-Verpackungen stofflich verwertet.

5.2.2. Einsatz nach Branchen

Der grösste Teil der Kunststoff G&I-Verpackungen fällt im produzierenden Gewerbe an, gefolgt von der Verwendung im Gastgewerbe. Jedoch wird nur ein kleiner Teil dieser Verpackungen anschliessend einer stofflichen Verwertung zugeführt. Nur rund ein Viertel der entsorgten Verpackungen werden einer Separatsammlung zugeführt, der Rest gelangt in die thermische Verwertung. Aus der Separatsammlung gelangen rund zwei Drittel der separat gesammelten Kunststoffverpackungen in eine Sortierung und anschliessende Aufbereitung in der Schweiz, ein Drittel wird exportiert.

Der grösste Teil der G&I-Verpackungen aus Kunststoff, welcher der Separatsammlung und anschliessend dem Recycling zugeführt wird, stammt aus dem Detailhandel und dem Gastgewerbe. Verpackungen aus dem Gastgewerbe sind vor allem PET-Getränkeflaschen, für welche es ein schweizweit gut funktionierendes Sammel- und Recyclingsystem gibt. Für andere Kunststoffarten befinden sich einige Systeme im Aufbau. So konnte beispielsweise die separat gesammelten Silofolien aus der Landwirtschaft erheblich gesteigert werden. Wurden 2022 noch 1'800 t gesammelt, waren es 2023 bereits 2'300 t (ERDE Schweiz, 2024).

5.2.3. Einsatz nach Verpackungsart

Im produzierenden Gewerbe sind gemäss (Klotz & Haupt, 2022a) rund 75 % der eingesetzten Kunststoffe «rigids», zum grössten Teil bestehend aus Polyethylen mit hoher Dichte (HDPE). Diese Verpackungen beinhalten Boxen, Flaschen, grössere Gebinde sowie Schalen und Blister aus Polystyrol (PS).

Im Detailhandel ist der grösste Teil der eingesetzten Verpackungen Folien aus Polyethylen mit geringer Dichte (LDPE). Ebenso werden in der Bauindustrie vor allem Folien, ebenfalls aus LDPE, eingesetzt. Im Gastgewerbe sind es vor allem Getränkeflaschen aus PET, welche zum Einsatz kommen.

5.3. Holz

In Abbildung 5 sind die Materialflüsse der Holzverpackungen in der Schweiz dargestellt.

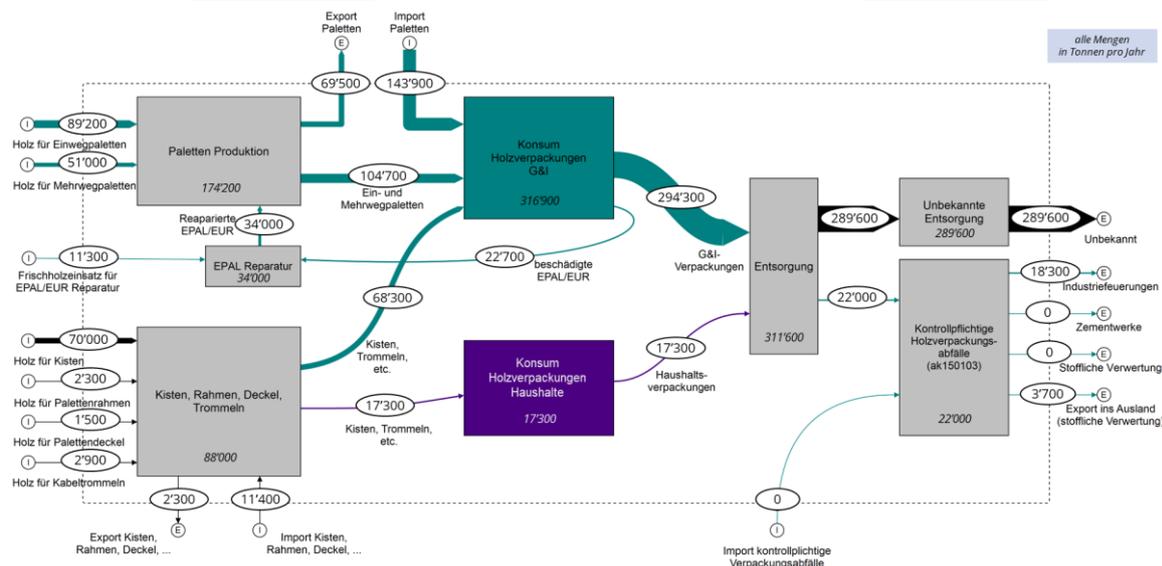


Abbildung 5: Materialflüsse der Holzverpackungen in der Schweiz für des Referenzjahr 2022 (Produktionsdaten von 202, in Tonnen). In Türkis sind reine G&I-Flüsse und in Violett Verpackungen in Haushalten dargestellt. In Schwarz sind Materialflüsse, welche nicht unterschieden werden konnten, dargestellt. Bei der unbekanntem Entsorgung handelt es sich sowohl um kontrollpflichtige Holzverpackungen, welche gemischt mit anderem kontrollpflichtigem Holz entsorgt werden, als auch um nicht-kontrollpflichtige Abfälle. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet.

5.3.1. Übersicht Materialflüsse

In der Schweiz werden jährlich rund 340'000 t Holzverpackungen eingesetzt. Davon werden über 90 % in G&I verwendet. Die Verwertung der Holzverpackungen kann nicht eindeutig bestimmt werden. Ausser den unbehandelten Einwegpaletten gelten die Holzverpackungsabfälle als kontrollpflichtig. Bei der Entsorgung werden kontrollpflichtige Holzverpackungsabfälle jedoch oft mit anderen kontrollpflichtigen Holzabfällen zusammengesammelt und entsorgt. Aus den rapportierten Mengen der kontrollpflichtigen Holzabfälle lassen sich keine Rückschlüsse auf die Mengen an verwerteten Holzverpackungen ziehen. Nur 22'000 t kontrollpflichtige Holzverpackungen wurden spezifisch als solche ausgewiesen. Wie die nicht-kontrollpflichtigen Holzverpackungen verwertet werden, ist ebenfalls unbekannt.

5.3.2. Einsatz nach Branchen

Über den Einsatz von Holzverpackungen in den verschiedenen Branchen konnten keine Aussagen gemacht werden. Da Holzverpackungen mehrheitlich als Paletten eingesetzt werden, kann von einer Verwendung in allen Branchen ausgegangen werden.

5.3.3. Einsatz nach Verpackungsart

Zu den Holzverpackungen gehören Kisten und Trommeln, sowie Paletten und Palettenrahmen und -deckel. Paletten werden fast ausschliesslich in G&I eingesetzt, weshalb der G&I-Anteil der Holzverpackungen sehr hoch ist. Bei den Paletten kann zwischen Ein- und Mehrwegpaletten unterschieden werden. Das Europalettensystem (EUR/EPAL) hat sich als ein erfolgreiches Mehrwegsystem etabliert. Beschädigte EPAL-Paletten können repariert und wiederverwendet werden. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 2,2 Millionen neue Mehrwegpaletten produziert, und 1,5 Millionen beschädigte Mehrwegpaletten wurden repariert (Winterberg et al., 2022). Obwohl die Produktion von Einwegpaletten mit 4,9 Millionen Stück (Winterberg et al., 2022) etwas höher war als die Gesamtzahl der produzierten und reparierten Mehrwegpaletten, stellen die Mehrwegpaletten aufgrund ihrer längeren Lebensdauer dennoch den Grossteil im System dar. Eine Abschätzung des gesamten Bestands an Mehrwegpaletten war jedoch aufgrund unterschiedlicher Angaben zur Lebensdauer bzw. Anzahl der Einsätze nicht möglich (siehe Kapitel 3.5).

5.4. Glas

In Abbildung 6 sind die Glasverpackungsflüsse in der Schweiz für das Referenzjahr 2022 dargestellt. Für die Darstellung und die Erhebung der Daten wurde eine Unterscheidung zwischen Getränkeglasverpackungen und anderem Verpackungsglas gemacht.

Für die Modellierung der Materialflüsse wurde zudem zwischen der Herstellung in der Schweiz und importierten Glasverpackungen unterschieden. Nach dem Konsum werden die Glasverpackungen der Separatsammlung zugeführt oder via Haushaltskehrriecht entsorgt.

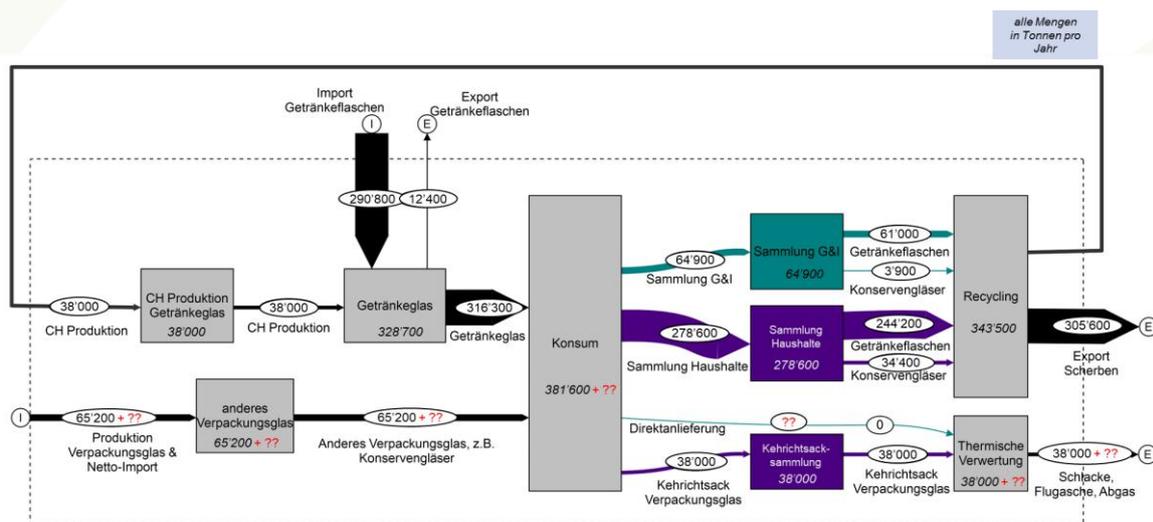


Abbildung 6: Glasverpackungen in der Schweiz für das Referenzjahr 2022 (in Tonnen). In Türkis hervorgehoben sind die Gewerbe- und Industrieverpackungen, in Violett die Haushaltsverpackungen. Bei den schwarzen Stoffflüssen sind die G&I-Anteile unbekannt. Mit roten Fragezeichen markiert sind Unbekannte im System. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet.

5.4.1. Übersicht Materialflüsse

Die Materialflüsse der Glasverpackungen sind mit grossen Unsicherheiten belastet (in Abbildung 6 mit roten Fragezeichen dargestellt). Von den geschätzten 380'000 t konsumierten Glasverpackungen, werden nur rund 10 % in der Schweiz hergestellt, der Rest wird importiert. Nach dem Konsum wird rund 90 % des Verpackungsglases gesammelt und der stofflichen Verwertung zugeführt. Nur ein kleiner Anteil an Verpackungsglas landet via Kehrichtsammlung in der KVA. Unklar ist die via Direktanlieferung in die thermische Verwertung gelangende Glasverpackungsmenge.

Beim Konsum konnte nicht zwischen den G&I- und Haushaltsverpackungen unterschieden werden, da häufig dieselben Produkte (z.B. Getränkeflaschen im Gastronomiebereich und in Haushalten) verwendet werden. Die Unterscheidung zwischen G&I und Haushalten wurde daher auf Basis des Sammelsystems vorgenommen. Dies führt jedoch dazu, dass Verpackungen, die von Betrieben mit weniger als 250 Vollzeitäquivalenzstellen über das kommunale Bringsystem entsorgt werden, als Haushaltsverpackungen erfasst werden. Daraus resultieren 64'900 t oder

etwa 18 % des Konsums an gesammeltem G&I-Verpackungsglas und 278'600 t an Haushaltsverpackungsglas.

Wie bei den Holzverpackungen konnte auch bei den Glasverpackungen kein Bestand an Mehrwegverpackungen erfasst werden. Betreffend Mehrweg handelt es sich dabei hauptsächlich um Mehrweg-Getränkeflaschen, diese fallen zum allergrössten Teil in Haushalten an.

5.4.2. Einsatz nach Branchen

Es war nicht möglich eine Branchen-Aufteilung des G&I-Verpackungsglases zu machen.

5.4.3. Einsatz nach Verpackungsart

Glasverpackungen können in Getränkeglas und anderes Verpackungsglas unterteilt werden (siehe auch Abbildung 6). Anderes Verpackungsglas beinhaltet in erster Linie Konservengläser.

Beide Glasverpackungsarten werden in G&I vor allem in der Gastwirtschaft eingesetzt. Gerade im Gastrobereich kommen jedoch auch oft Mehrweg-Glasflaschen zum Einsatz, welche in dieser Studie nicht quantifiziert werden konnten.

5.4.4. Sensitivität und Unsicherheiten

Wie erwähnt, gibt es grosse Unsicherheiten bei der Modellierung der Glasverpackungsmengen.

Speziell für anderes Verpackungsglas gibt es viele Datenlücken. So gibt es keine Anhaltspunkte, ob und in welcher Menge anderes Verpackungsglas via Direktanlieferungen in die KVA gelangt. Zudem wurde das Verhältnis Getränkeglas – anderes Verpackungsglas anhand von Scherben in der Separatsammlung abgeschätzt (VetroSwiss (2020)). Diese Unsicherheiten ziehen sich durch die gesamte Modellierung für anderes Verpackungsglas. Aus diesem Grund wurden die beiden genannten Aspekte, resp. deren Einfluss auf die Modellierung, mittels Sensitivitätsanalyse vertiefter betrachtet.

Effekt von Direktanlieferungen

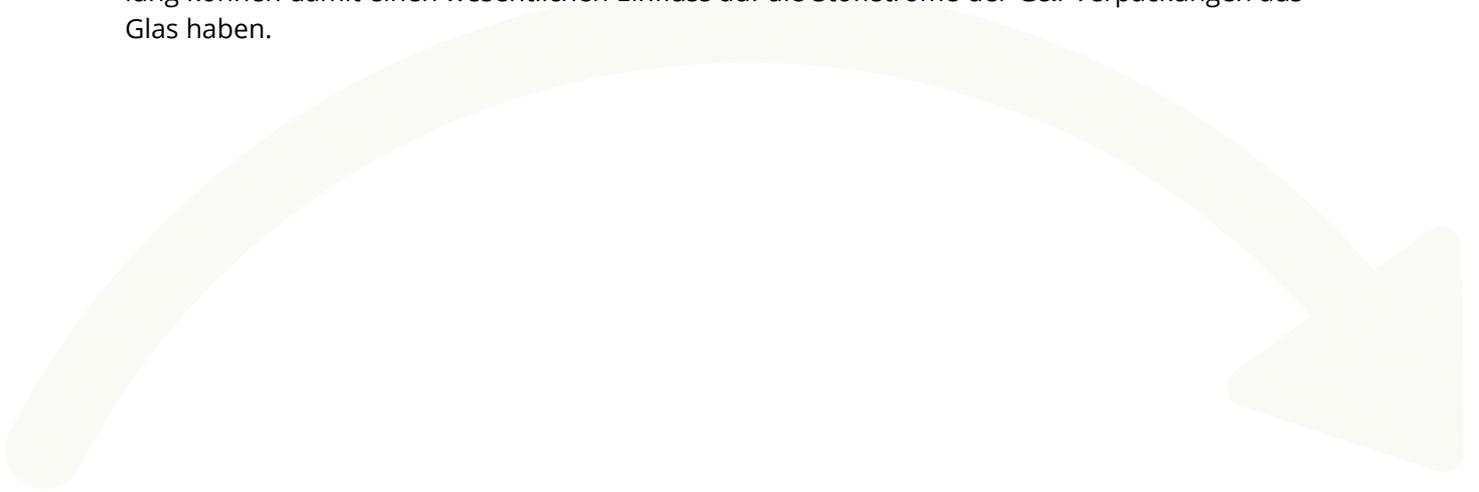
Unter der Annahme, dass Gewerbe und Industrie kein Glas direkt in die KVA liefern, gelangen 38'000 t Glas (Haushaltsverpackungen, basierend auf der Kehrichtsackanalyse) in die KVA. Wird angenommen, dass die Direktanlieferungen den gleichen Glasanteil wie die Kehrichtsäcke haben, würden weitere 44'000 t in der KVA landen. Dies hätte zur Folge, dass der Konsum laut Stoffflussmodell bei 425'600 t liegt und die Menge für die inländische Produktion plus Nettoimport von weiterem Verpackungsglas auf 109'200 t ansteigt. Dies entspricht einer Zunahme von 67 %, und die Recyclingrate für weiteres Verpackungsglas würde von 59 % auf 35 % sinken.

Anteile Getränkeflaschen und weiteres Verpackungsglas in der Sammlung

Neben der Unsicherheit für die Direktanlieferungen ist die Erhebung der Sammlungsströme wichtig. Die Gesamtmenge der Sammlung kann durch Wägen gut bestimmt werden, jedoch ist der Anteil von Nicht-Getränkeflaschen schwieriger zu bestimmen, da bei der Erhebung die Scherben der Sammlung untersucht werden und nicht immer klar erkennbar ist, ob es sich um Getränkeflaschen oder anderes Verpackungsglas handelt (VetroSwiss, 2023a).

Wenn im Modell der Anteil von Nicht-Getränkeflaschen in der Sammlung um 1 % von 10.38 % auf 11.38 % erhöht wird, sinkt die Recyclingrate der Getränkeflaschen von 96.5 % auf 95.3 %, während die Recyclingrate von Verpackungsglas von 59.3 % auf 64.3 % steigt.

Sowohl die Mengen in der Direktanlieferung wie auch die Zusammensetzung der Separatsammlung können damit einen wesentlichen Einfluss auf die Stoffströme der G&I-Verpackungen aus Glas haben.



5.5. Metalle

In Abbildung 7 sind die Metallverpackungsflüsse dargestellt. Explizit finden sich Informationen zu Aluminium-Getränkedosen und Stahlblechverpackungen.

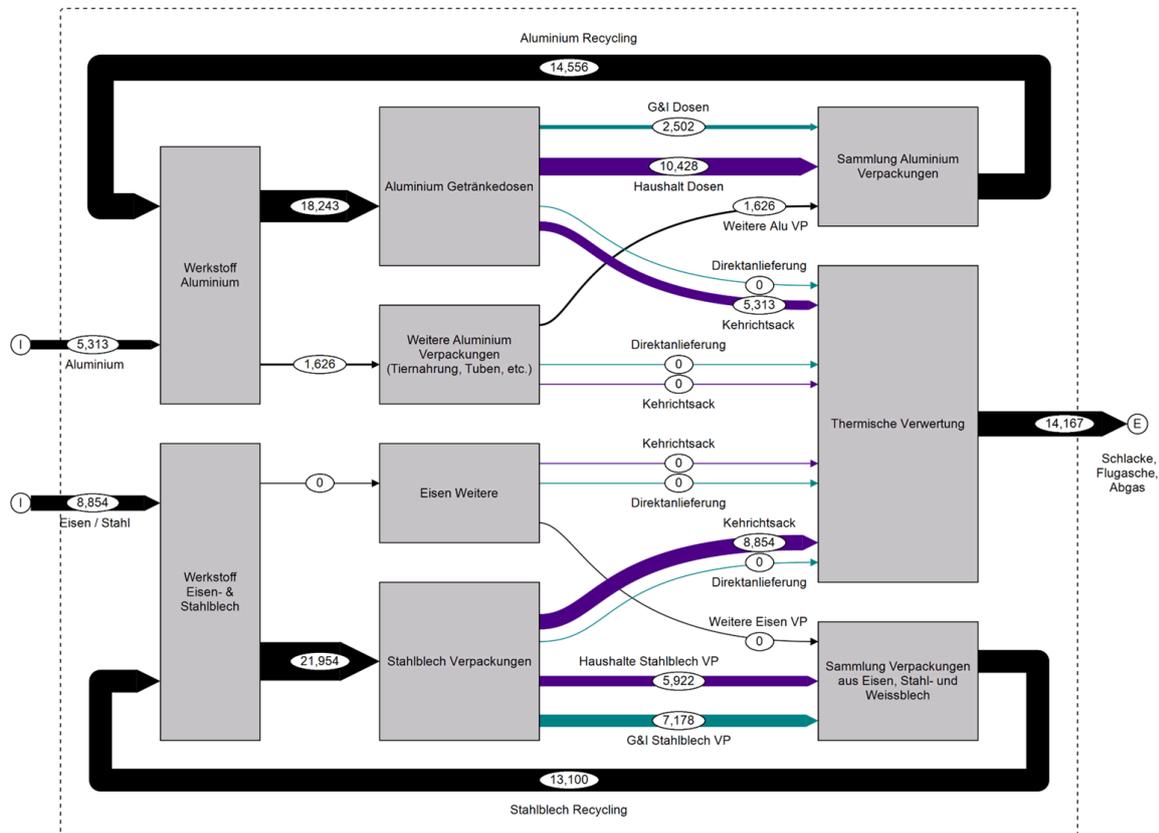


Abbildung 7: Metallverpackungen in der Schweiz für das Referenzjahr 2022 (in Tonnen). G&I-Verpackungsflüsse sind in Türkis, Haushaltsverpackungen in Violett dargestellt. Schwarze Flüsse sind gemischte Fraktionen. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Mit roten Fragezeichen markiert sind Unbekannte im System. Die gestrichelte Linie zeigt die Systemgrenze. Die Flüsse sind auf 100 t gerundet.

5.5.1. Übersicht Materialflüsse

Bei den Metall-Verpackungen konnten vor allem Zahlen zu Aluminium-Getränkedosen und Stahlblech-Verpackungen erhoben werden. Aufgrund der lückenhaften Datenlage enthält die Modellierung der Metallverpackungen zahlreiche Unbekannte, die nicht quantifiziert werden konnten (siehe Kapitel 3.7). Besonders im Bereich der G&I-Verpackungen konnten viele Mengen nicht erfasst werden, was in Abbildung 7 rot hervorgehoben ist. Die erfassten Metallverpackungen stammen grösstenteils aus Haushaltsabfällen und haushaltsähnlichen Abfällen im G&I-Bereich. Das bedeutet, dass beispielsweise Aluminium-Getränkedosen oder Stahlblech-Konservendosen, die sowohl in Haushalten als auch im Gastronomiesektor anfallen, in die Analyse einfließen.

Weitere Metallverpackungen wie Metallcontainer, Rahmen, Container und Gaszylinder konnten aufgrund fehlender Daten nicht modelliert werden. Im Vereinigten Königreich (UK) machen diese Verpackungen etwa 71 % der G&I-Metallverpackungen aus (Thomson et al., 2019). Daher ist anzunehmen, dass auch in der Schweiz ein signifikanter Anteil dieser Verpackungen vorhanden ist, was die Gesamtmenge der G&I-Metallverpackungen erheblich erhöhen würde.

5.5.2. Einsatz nach Branchen

Es war nicht möglich eine Branchen-Aufteilung der G&I-Metallverpackungen zu machen.

5.5.3. Einsatz nach Verpackungsart

Für die erfassten Metallverpackungen konnte eine Unterscheidung zwischen Verpackungen aus Aluminium und Verpackungen aus Eisen- und Stahlblech gemacht werden. Aluminiumverpackungen beinhalten Getränkedosen, Aluminiumschalen und Tuben. Eisen- und Stahlblechverpackungen beinhalten Konservendosen sowie weitere, unbekannte Verpackungsarten.

6. Diskussion

6.1. Gewerbe- und Industrieverpackungsflüsse

Die Materialflussanalyse hat gezeigt, dass Papier- und **Kartonverpackungen** die grösste Fraktion der Gewerbe- und Industrieverpackungen darstellen. Dies ist nachvollziehbar, da Karton häufig in Umverpackungen, resp. als Transportverpackungen eingesetzt wird. In der Schweiz funktioniert die separate Sammlung und stoffliche Verwertung von Papier und Karton äusserst effizient, was sich in den jährlich erfassten und verwerteten Mengen widerspiegelt, die sowohl Siedlungs- als auch Gewerbe- und Industrieabfälle umfassen.

Die zweitgrösste Fraktion unter den untersuchten G&I-Verpackungen sind **Holzverpackungen**, wobei Paletten einen signifikanten Anteil ausmachen. Die Mehrwegpaletten zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer aus und werden durch Reparaturen im Kreislaufsystem gehalten. Sie werden zusammen mit weiteren Verpackungen aus Holz (bspw. Einweg-Paletten, Kisten, etc.) in unterschiedlichen Anlagen thermisch verwertet, je nachdem, ob das Holz unbehandelt oder behandelt ist.

An dritter Stelle folgen die **Kunststoffverpackungen**, die aus einer Vielzahl von Kunststoffarten (Polymeren) bestehen und in sämtlichen Branchen Anwendung finden. Mit Ausnahme der PET-Getränkeflaschen werden sie zu einem Grossteil thermisch verwertet und nicht einem stofflichen Recycling zugeführt.

Die Mengenströme von **Metall-** und **Glasverpackungen** sind im Vergleich zu Papier- und Karton-, Holz- und Kunststoffverpackungen geringer. Aufgrund bestehender Datenlücken können diese Materialflüsse jedoch nur grob abgeschätzt werden, was eine vertiefte Analyse erschwert. Aufgrund der guten Rezyklierbarkeit dieser Materialien kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein grosser Teil der Verpackungen der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

6.2. Datenlücken

Die Datenlage zu G&I-Verpackungen in der Schweiz ist sehr lückenhaft. Für die Modellierung der Verpackungsströme mussten verschiedene Annahmen getroffen werden. Im Folgenden werden die Datenlücken und die entsprechenden Annahmen diskutiert.

6.2.1. Produktion, Import und Export

Während die in der Schweiz produzierten Verpackungen anhand der Produktionszahlen mehrheitlich gut bestimmt werden können, besteht bei den importierten und exportierten Verpackungsmengen eine Datenlücke.

Die leer importierten oder exportierten Verpackungen werden in der Zollstatistik erfasst. Es gibt jedoch keine Informationen, über die am Produkt importierten oder exportierten Verpackungen. In der Zollstatistik wird nur das Gewicht, nicht aber die Art oder das Material der Verpackung erfasst.

Um diesem Problem zu begegnen, hat z.B. Deutschland eine Schätzung der am Produkt im- und exportierten Verpackungen in Auftrag gegeben. Die Firma GVM hat im Laufe der Jahre für knapp 1'400 Produkte die zugehörigen Verpackungen auf Basis von Schätzungen der Industrie modelliert (persönliche Kommunikation Kurt Schüler, GVM).

6.2.2. Konsum

Zur Bestimmung der konsumierten Menge an Verpackungen wurden Abschätzungen zum Anteil der Einweg-G&I-Verpackungen, zu Mehrwegverpackungen und zu den eingesetzten Branchen vorgenommen. Die Anteile der Gewerbe- und Industrieverpackungen (G&I) an sämtlichen Verpackungen wurden anhand ausländischer Statistiken (Deutschland und UK) geschätzt. Diese Abschätzung war erforderlich, da in der Schweiz keine entsprechenden Daten verfügbar sind. Weder Verbände, Gemeinden noch private Entsorger erfassen die Herkunft der Abfälle. Auch die Produzenten dokumentieren nicht, ob ihre Verpackungen in Haushalten oder im Gewerbe und in der Industrie verwendet werden. Die aus den ausländischen Zahlen abgeleiteten Anteile wurden unter Berücksichtigung von Bevölkerungs- und Wirtschaftsdaten plausibilisiert (siehe Kapitel 3.2 und 4.2). Aufgrund unterschiedlicher Industriestrukturen und Konsumverhalten ist es jedoch unwahrscheinlich, dass die ausländischen Zahlen exakt mit den Anteilen in der Schweiz übereinstimmen. Es wurden jedoch verschiedene Plausibilitätsprüfungen durchgeführt, wie beispielsweise der Vergleich des Konsums pro Kopf für unterschiedliche Materialien (siehe Kapitel 3 und 4.2). Dabei bestätigte sich die Annahme, dass die G&I-Anteile in der Schweiz mit denen ausgewählter, anderer Länder vergleichbar sind.

Eine weitere Herausforderung stellt die Erfassung von Mehrwegverpackungen dar, wie etwa Mehrwegpaletten aus Holz. Während einige Unternehmen die Anzahl der Einsätze dokumentieren, wissen andere lediglich, wie viele Paletten in ihrem Betrieb im Umlauf sind, ohne zu erfassen, wie oft jede einzelne Palette verwendet wird. Ähnliche Schwierigkeiten bestehen auch bei anderen Mehrwegsystemen. Zudem erwies sich die Identifikation der Branchen, in denen G&I-Verpackungen eingesetzt werden, als äusserst herausfordernd. Während beispielsweise der Lebensmitteldetailhandel von wenigen grossen Unternehmen dominiert wird, setzt sich die Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM) aus vielen, teils sehr unterschiedlichen Unternehmen zusammen. Um ein repräsentatives Bild über die in der MEM-Industrie verwendeten Verpackungen zu erhalten, wären umfassende Umfragen sowie eine Bereitschaft der Unternehmen zur Bereitstellung relevanter Informationen erforderlich.

6.2.3. Entsorgung

Abfälle aus Gewerbe und Industrie können entweder separat gesammelt oder der Verbrennung zugeführt werden. Die kommunale Organisation der Sammlung erfolgt für Haushalte und Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen, sofern die Abfälle eine haushaltsähnliche Zusammensetzung aufweisen. Abfälle von Unternehmen mit mehr als 250 Vollzeitstellen sowie betriebsspezifische Abfälle werden hingegen direkt an eine Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) angeliefert. Die Menge der über Direktanlieferungen entsorgten Verpackungen ist daher von grosser Bedeutung für das Stoffstrommonitoring.

Bisher wurden in der Schweiz keine Erhebungen zu diesen Direktanlieferungen durchgeführt, weshalb die Mengen geschätzt werden müssen. Aufgrund des Fehlens statistischer Daten zu den Direktanlieferungen mussten für alle Materialien Annahmen über die Mengen entsprechender Verpackungen getroffen werden, die an die KVAs geliefert werden.

In einigen Fällen, wie beispielsweise bei Karton und Papier, geht das jährliche Reporting des Verbands rpk davon aus, dass kein Material über Direktanlieferungen in die Verbrennung gelangt (Verein Recycling Papier + Karton, 2023b). Diese Annahmen haben einen erheblichen Einfluss auf die erfasste und verwertete Menge der entsprechenden Verpackungen. Die Schätzungen zu den Direktanlieferungen wirken sich auch auf das Verbesserungspotenzial aus: Unter

der Annahme, dass die Direktanlieferungen keine Papier- oder Kartonverpackungen enthalten, ist das Optimierungspotenzial aufgrund der bereits erreichten hohen Separatsammlungsquote begrenzt. Sollten hingegen Papier- und Kartonverpackungen über Direktanlieferung in der KVA verbrannt werden, würde sich hier ein Potenzial ergeben, diese Verpackungen einer stofflichen Verwertung zuzuführen.

Auch beim Glas führen unterschiedliche Annahmen darüber, ob Verpackungen direkt an die KVA angeliefert werden oder nicht, zu erheblichen Differenzen: Die Menge an Glas, die in die KVA gelangt, wird zur Berechnung der insgesamt produzierten Menge an „weiterem Verpackungsglas“ herangezogen. Dies bedeutet, dass Annahmen über die Mengen in den Direktanlieferungen direkte Auswirkungen auf die berechnete Konsummenge von weiterem Verpackungsglas haben. Anstatt eine Überprüfung der Konsummenge durch beide Seiten (Produktion und Verwertung) vorzunehmen, kann sich ein möglicher Fehler durch das System fortpflanzen.

6.3. Verbesserungspotenziale

6.3.1. Erhöhte Zirkularität durch Mehrweg oder verbessertes Recycling

Die in dieser Studie erfassten Verpackungen sind, mit Ausnahme der EPAL-Paletten, überwiegend Einwegverpackungen. Eine Umstellung auf Mehrwegverpackungen könnte potenziell den Ressourcenverbrauch sowie die Umweltbelastungen reduzieren. Allerdings stehen Mehrweglösungen derzeit vor verschiedenen Herausforderungen. Die Investitionskosten für Mehrwegverpackungen sind höher als die für den Einkauf von Einwegverpackungen, was sich erst rentiert, wenn die Mehrwegverpackung häufig genug eingesetzt wird. Bei Umverpackungen, die als Mehrwegsyste me geführt werden, sind regulatorische Vorgaben und die Akzeptanz bei den Konsumenten weniger einschränkend als bei Haushaltsverpackungen, wodurch hier ein einfacher realisierbares Potenzial liegt.

Die Logistik, insbesondere die Rückwärtslogistik, stellt sowohl für Haushalts- als auch für G&I-Verpackungen eine erhebliche Herausforderung dar. Während es schwierig ist, Verpackungen von einzelnen Konsumierenden zu sammeln, scheint die logistische Hürde für G&I-Verpackungen leichter überwindbar. Bei regelmässigen Lieferungen könnten die Gebinde aufbewahrt und bei der nächsten Lieferung zurückgegeben werden – ein Verfahren, das beispielsweise bereits bei Paletten praktiziert wird. Nebst Holz eignen sich auch andere Materialien gut für den Einsatz in Mehrwegverpackungen. Deshalb kommen auch Kunststoffboxen oder Mehrwegkartonverpackungen zum Einsatz. Die Menge an eingesetzten Einweg-Kartonboxen lässt aber auch hier auf ein wesentliches Ausbaupotenzial schliessen.

Die stoffliche Verwertung von Verpackungen aus Papier und Karton, Glas und Metall funktioniert bereits sehr gut. Auch für PET-Getränkeflaschen existiert ein erfolgreiches nationales Sammelsystem.

Erhebliches Potenzial besteht noch für weitere Kunststoffverpackungen. Die Herausforderung liegt in der Vielfalt der verwendeten Polymere und deren Sortierung. Ein fehlendes national einheitliches Sammelsystem erschwert zudem den Kreislaufschluss und macht die Verwertung zu einer komplexen Aufgabe, was sich in der niedrigen stofflichen Verwertungsquote widerspiegelt.

In 43 % aller Gemeinden gibt es seit wenigen Jahren Angebote zur haushaltsnahen Sammlung von Kunststoffverpackungen (Verband Schweizer Plastic Recycler (VSPR), 2024). Zudem befinden sich Systeme wie das ERDE-System zur Sammlung von Silofolien aus der Landwirtschaft im Aufbau (ERDE Schweiz, 2024). Lösungen für G&I-Kunststoffverpackungen sind hingegen eher auf Produkt- oder Branchenebene zu finden, wie etwa die Sammlung von Folien auf Baustellen.

Um Kunststoffe vermehrt im Kreislauf zu führen und idealerweise die Umweltwirkungen durch den Einsatz von Kunststoffverpackungen zu reduzieren, sind jedoch ein Ausbau und eine Koordination der bestehenden Kunststoffsammelsysteme erforderlich – sowohl im Haushaltsbereich als auch für Gewerbe und Industrie.

6.3.2. Reduzierte Umweltwirkungen durch Materialwahl

Kunststoffverpackungen haben in der Gesellschaft einen negativen Ruf, während faserbasierte Verpackungen, wie beispielsweise Karton, als ökologischer wahrgenommen werden. Diese Studie hat gezeigt, dass Papier- und Kartonverpackungen die grösste Fraktion unter den G&I-Verpackungen ausmachen. Sie werden häufig als Transportverpackungen eingesetzt, wobei ihre Schutzfunktion für das Produkt im Vordergrund steht.

Kartonverpackungen sind aktuell nahezu ausschliesslich Einwegprodukte und werden nach der Nutzung meist stofflich oder teils thermisch verwertet. Als Verpackungsmaterial stammen sie aus erneuerbaren Ressourcen und sind zudem gut rezyklierbar. Allerdings ist die Rezyklierbarkeit von Papier und Karton begrenzt, da die Faserlänge mit jedem Recyclingprozess verkürzt wird. Ökobilanziell sind Papier- und Kartonverpackungen nicht zwangsläufig vorteilhafter als Verpackungen aus anderen Materialien, wie bspw. Kunststoffen (siehe z.B. Silva & Molina-Besch, 2023).

Um die Umweltwirkungen zu reduzieren, könnte eine Mehrweglösung für Papier- und Kartonverpackungen, die oft als Transportverpackungen verwendet werden, eine sinnvolle Option darstellen. Kunststoffe-Mehrwegverpackungen bieten sich hier an und werden bereits erfolgreich eingesetzt.

Der ökologische Vergleich zwischen Holz- und Kunststoffpaletten ist komplex und hängt stark von der Lebensdauer der Paletten ab, die wiederum von der Einsatzart und dem Einsatzort beeinflusst wird. Kunststoffpaletten bieten den Vorteil eines geringeren Gewichts, einer einfacheren Reinigung und einer geringeren Anfälligkeit für Schimmelbefall; sie sind jedoch nicht immer reparierbar. Am Ende ihrer Lebensdauer können Kunststoffpaletten recycelt werden, während Holzpaletten in der Regel thermisch verwertet werden. Dennoch ist Holz ein nachwachsender Rohstoff und zeichnet sich durch eine gute Reparaturfähigkeit aus.

6.3.3. Verbesserte Datenerfassung

Die Erfassung von Verpackungen bei Inverkehrbringern ist entscheidend im Rahmen der europäischen Gesetzgebung (siehe z.B. (VerpackG3 - Das Neue Verpackungsgesetz (VerpackG) 2024, 2023). Eine ähnliche Regelung in der Schweiz könnte dazu beitragen, die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Verpackungsmengen zu erhöhen. Durch die verpflichtende Erfassung von Verpackungen bei Inverkehrbringern könnten umfassende Daten über die Art und Menge der in Umlauf gebrachten Verpackungen gesammelt werden. Dies würde nicht nur die Grundlage für eine effektive Abfallbewirtschaftung schaffen, sondern auch den Unternehmen helfen, ihre Verantwortung im Hinblick auf Recycling und Wiederverwendung besser wahrzunehmen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Erfassung von Direktanlieferungen bei Kehrrechtverbrennungsanlagen. Hierbei sollten detaillierte Informationen über Mengen und Materialien erfasst werden, um ein präzises Bild der Abfallströme zu erhalten. Derzeit gibt es in vielen Fällen nur unzureichende Daten zu den Mengen an Verpackungen, die direkt an KVAs angeliefert werden. Eine systematische Erhebung dieser Daten könnte dazu beitragen, Lücken in den Stoffstromanalysen zu schliessen und gezielte Massnahmen zur Verbesserung der Materialkreisläufe zu entwickeln.

Ein verbindliches und laufend aktualisiertes Monitoring für Mehrwegbestrebungen wäre ein weiterer Schritt in Richtung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Ein solches Monitoring würde es ermöglichen, den Beitrag von Mehrwegverpackungen quantifizierbar darzustellen – sei es in Tonnen oder anhand ökologischer Leistungsindikatoren. Durch klare Ziele könnten Unternehmen motiviert werden, verstärkt auf Mehrwegverpackungen zu setzen und somit ihren ökologischen Fussabdruck zu reduzieren. Idealerweise sollte dieses Monitoring mit bestehenden Ökobilanzen gekoppelt werden. Dies würde nicht nur eine umfassendere Analyse der Umweltauswirkungen ermöglichen, sondern auch Synergien zwischen verschiedenen Initiativen schaffen. Die Verknüpfung von Monitoring-Daten mit Ökobilanzen könnte dazu beitragen, fundierte Entscheidungen über Materialeinsatz und Entsorgungsstrategien zu treffen.

7. Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Erhebung von G&I-Verpackungsmengen in der Schweiz mit erheblichen Herausforderungen verbunden ist. Die verfügbaren Daten beschränken sich grösstenteils auf Haushaltsverpackungen, während Informationen über den Anteil der G&I-Verpackungen an der Gesamtverpackungsmenge nur selten vorliegen. Die bestehenden Datenlücken entlang der gesamten Wertschöpfungskette erschweren ein umfassendes Verständnis des Einsatzes und der Entsorgung von G&I-Verpackungen. Insbesondere fehlen Informationen darüber, in welchen Branchen diese Verpackungen verwendet werden und wie sie entsorgt oder verwertet werden.

Die unzureichenden Statistiken zu G&I-Verpackungen behindern zudem die Planung und nachträgliche Bewertung von Massnahmen seitens der Industrie und der öffentlichen Hand. Auch das Ausmass an Mehrwegverpackungslösungen, die zum Einsatz kommen, bleibt bislang unbekannt. Um jedoch die Zirkularität von Verpackungen in der Schweiz zu erhöhen und die Umweltwirkungen des Konsums zu reduzieren, ist es entscheidend, den Einsatz von Mehrweglösungen zu prüfen.

Insgesamt ist eine umfassende Erfassung von Verpackungen sowie ein effektives Monitoring-System für Mehrwegbestrebungen unerlässlich für den Erfolg einer Kreislaufwirtschaft. Durch transparente Daten und klare Zielvorgaben können sowohl Unternehmen als auch Verbraucher aktiv zur Abfallreduzierung beitragen und gleichzeitig ökologische Vorteile realisieren.

8. Literaturverzeichnis

- BAFU. (2019, October 1). *Umweltverträgliche Entsorgung von Holzabfällen*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/vollzugshilfe-ueber-den-verkehr-mit-sonderabfaellen-und-anderen-/umweltvertraegliche-entsorgung-von-sonderabfaellen-und-anderen-k/umweltvertraegliche-entsorgung-von-holzabfaellen.html>
- Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit BAZG. (2024). *Swiss-Impex*. <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/>
- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG)*. (n.d.). Retrieved July 17, 2024, from https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1984/1122_1122_1122/de
- Burger, A., Cayé, N., & Schüler, K. (n.d.). *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020 Abschlussbericht*. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Burger, A., Cayé, N., & Schüler, K. (2022). *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020 Abschlussbericht*. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Cayé, N., Marasus, S., & Schüler, K. (n.d.). *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2021 Abschlussbericht von*. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Cayé, N., Marasus, S., & Schüler, K. (2023). *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2021 Abschlussbericht von*. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- Cencic, O., & Rechberger, H. (2008). Material Flow Analysis with Software STAN. *Environmental Informatics and Industrial Ecology*. <https://www.stan2web.net/>
- Digital Services UVEK. (2024). *Abfallverzeichnis CH (LVA)*. <https://www.uvek.egov.swiss/de/impresum>
- ERDE Schweiz. (2024, March 13). *Über 2200 Tonnen Agrarkunststoffe gesammelt*. <https://www.erde-schweiz.ch/Aktuelles/News/News-Detail?id=371>
- IGORA. (2024). *Jahresbericht 2023*.
- Illingworth, K., Mitchell, P., & Jefferson, M. (2019). *WRAP-Paper and Card Flow 2025 Report*.
- Kirchherr, J., Nadja Yang, N.-H., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Conservation & Recycling*, 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Klotz, M., & Haupt, M. (2022a). A high-resolution dataset on the plastic material flows in Switzerland. *Data in Brief*, 41, 108001. <https://doi.org/10.1016/j.DIB.2022.108001>
- Klotz, M., & Haupt, M. (2022b). A high-resolution dataset on the plastic material flows in Switzerland. *Data in Brief*, 41, 108001. <https://doi.org/10.1016/j.DIB.2022.108001>
- Klotz, M., Haupt, M., & Hellweg, S. (2022). Limited utilization options for secondary plastics may restrict their circularity. *Waste Management*, 141, 251–270. <https://doi.org/10.1016/j.WASMAN.2022.01.002>
- McCoach, H., Mitchell, P., & Jefferson, M. (2019). *A review of the quantity of glass packaging being placed on the market (POM) and recycled in 2017*. www.wrap.org.uk
- Mitchell, P., Howes, P. E. & E., & Davidson, P. C. (2019). *WRAP-Wood-Flow-2025-Report-FINAL*. www.wrap.org.uk
- Pflichten - Das neue Verpackungsgesetz (VerpackG) 2024*. (2023). <https://www.verpackungsgesetz.com/umsetzung/pflichten/>
- Schmutz, A., & Gollut, C. (2023). *Jahrbuch_Wald_und_Holz_BAFU_2023*. BAFU.

- Silva, N., & Molina-Besch, K. (2023). Replacing plastic with corrugated cardboard: A carbon footprint analysis of disposable packaging in a B2B global supply chain—A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 191, 106871. <https://doi.org/10.1016/j.RESCON-REC.2023.106871>
- Taverna, R. (2020). *Annahme von Altholz bei Holzfeuerungsanlagen - Handbuch*. www.geopartner.ch
- Taverna, R. (2023). *Annahme von Altholz bei Holzfeuerungsanlagen - Handbuch*. <https://svut.ch/public/document/download/218478>
- Thomson, H., Mitchell, P., & Jefferson, M. (2019). *WRAP-MetalFlow 2025 Report _0*. www.wrap.org.uk
- Verband Schweizer Plastic Recycler (VSPR). (2024). *Sammelsysteme für gemischte Kunststoffabfälle - Monitoringbericht 2023*. <https://plasticrecycler.ch/qualitaetssicherung/>
- Verband Schweizerischer Papier-, K. F. (SPKF). (2023). *Jahresbericht 2022*.
- Verein Recycling Papier + Karton. (2023a). *statistischer Jahresbericht 2022 - Kennzahlen zur Papierindustrie*.
- Verein Recycling Papier + Karton. (2023b). *statistischer Jahresbericht 2022 - Kennzahlen zur Papierindustrie*.
- VerpackG3 - Das neue Verpackungsgesetz (VerpackG) 2024. (2023). <https://www.verpackungsgesetz.com/gesetzestexte/verpackg/>
- Verpackungsabgrenzungsverordnung - Bundesrecht. (2020). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009078>
- Verpackungsverordnung - Bundesrecht. (2014). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008902>
- Vetroswiss. (n.d.). *Vorgezogene Entsorgungsgebühr*. Retrieved July 17, 2024, from <https://www.vetroswiss.ch/hersteller-importeure/vorgezogene-entsorgungsgebuehr/>
- VetroSwiss. (2020). *Schlussbericht Projekt "Finanzflüsse betreffend Kosten der Entsorgung von Altglas"-Etappe 2*. www.vetroswiss.ch
- VetroSwiss. (2023a). *Faktenblatt_Verwertungsquote-2022_Version-1.0_de*.
- VetroSwiss. (2023b). *VetroSwiss_Jahresbericht-2022_de-V1.0*.
- Winsider AG. (2023, June 22). *Glanzlose Zeiten für den Schweizer Detailhandel*. <https://www.konsider.ch/glanzlose-zeiten-fuer-den-schweizer-detailhandel-20230621>
- Winterberg N., Weber R., Laggner L., & Näher T. (2022). *Holzendverbrauch 2019/2020 - Datenbericht*. www.bfh.ch/idbh
- Winterberg, N., Weber, R., Laggner, L., & Näher, T. (2022). *Holzendverbrauch 2019/2020 - Datenbericht, Berner Fachhochschule, Institut für digitale Bau- und Holzwirtschaft IdBH, im Auftrag des Bundes-amts für Umwelt BAFU, Abteilung Wald*. www.bfh.ch/idbh
- Winzeler, R., Wicki, A., & Burckhardt, C. (2023). *Bericht zur Erhebung der Kehrichtsackzusammensetzung 2022*. Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Winzeler, R., Wicki, A., Burckhardt, C., & GEO Partner AG. (2023). *CH_Erhebung_Kehrichtsackzusammensetzung 2022*.



9. Anhang



9.1. Übersicht Verpackungsmaterialien

Tabelle 5: Übersicht Abfälle der Verpackungen in der Schweiz. Insbesondere bei Metallverpackungen und Verbundwaren konnten nicht alle Verpackungen erfasst werden.

Verpackungsmaterialien (2022)	Menge Total [t]	Menge G&I Total [t]	Produzierendes Gewerbe [t]	Detailhandel [t]	Gastgewerbe [t]	Unbekannte Branche [t]	Menge Privat [t]
Total	2'008'000	1'050'000	58'000	210'000	32'000	750'000	838'000
Papier/Karton	806'000	530'000	n/a	188'000	n/a	342'000	276'000
Verbundwaren	> 78'000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	78'000
Getränkekarton	> 19'000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	19'000
Verbund-VP-Übrige	> 58'000	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	58'000
Kunststoffe	353'000	128'000	58'000	22'000	32'000	16'000	226'000
HDPE	75'000	30'000	25'000	1'000	4'000	1'000	45'000
LDPE	64'000	43'000	12'000	16'000	3'000	11'000	21'000
PET	87'000	19'000	1'000	2'000	16'000	-	68'000
PP	93'000	25'000	11'000	3'000	7'000	4'000	68'000
PS	23'000	7'000	6'000	-	1'000	-	16'000
EPS	6'000	3'000	3'000	-	1'000	-	2'000
PVC	7'000	<1'000	-	-	<1'000	-	7'000



Metalle	> 42'000	> 10'000	n/a	n/a	n/a	n/a	32'000
Alu	> 20'000	> 3'000	n/a	n/a	n/a	n/a	17'000
Eisen/ Stahl/Weissblech	> 22'000	> 7'000	n/a	n/a	n/a	n/a	15'000
Glas	382'000	65'000	n/a	n/a	n/a	65'000	317'000
Glas Getränkeflaschen	316'000	61'000	n/a	n/a	n/a	61'000	255'000
Glas andere	65'000	4'000	n/a	n/a	n/a	4'000	61'000
Holz	347'000	327'000	n/a	n/a	n/a	327'000	20'000
Paletten	249'000	249'000	n/a	n/a	n/a	249'000	-
Rahmen, Deckel, Kisten, Trommeln	97'000	78'000	n/a	n/a	n/a	78'000	20'000

9.2. Papier und Karton

PACKAGING CARTONS, BOXES ETC. - Faltschachtelkartons

Packaging Cartons	4819.10
Packaging Cartons	4819.20
Packaging Cartons	4819.30
Packaging Cartons	4819.40
Packaging Cartons	4819.50
Packaging Cartons	4819.60

WRAPPING PAPERS - Verpackungspapiere

Wrapping Papers	4804.21
Wrapping Papers	4804.29
Wrapping Papers	4804.31
Wrapping Papers	4804.39
Wrapping Papers	4805.30
Wrapping Papers	4806.10
Wrapping Papers	4806.20
Wrapping Papers	4806.40
Wrapping Papers	4808.10
Wrapping Papers	4808.40
Wrapping Papers	4808.90
Wrapping Papers	4810.31
Wrapping Papers	4810.99

Total in diesen Kategorien im 2022:	546'712 t
--	------------------

9.2.1. Kategorisierungen der SwissImpex Zahlen

SWISSIMPEX 2022 – Aggregation based on JFSQ

JFSQ Cat	SwissImpex Cat
----------	----------------

CASE MATERIALS - Wellpappenrohapiere

Case Materials	4804.11
Case Materials	4804.19
Case Materials	4805.11
Case Materials	4805.12
Case Materials	4805.19
Case Materials	4805.24
Case Materials	4805.25
Case Materials	4805.91

CARTONBOARD - Wellpappen und andere Packmittel (+OTHER PAPERS MAINLY FOR PACKAGING)

Cartonboard	4804.42
Cartonboard	4804.49
Cartonboard	4804.51
Cartonboard	4804.52
Cartonboard	4804.59
Cartonboard	4805.92
Cartonboard	4810.32
Cartonboard	4810.39
Cartonboard	4810.92
Cartonboard	4811.51
Cartonboard	4811.59
Other Papers mainly for Packaging	4805.93



9.2.2. Detaillierte Version Papier- und Karton-Stoffflussmodell

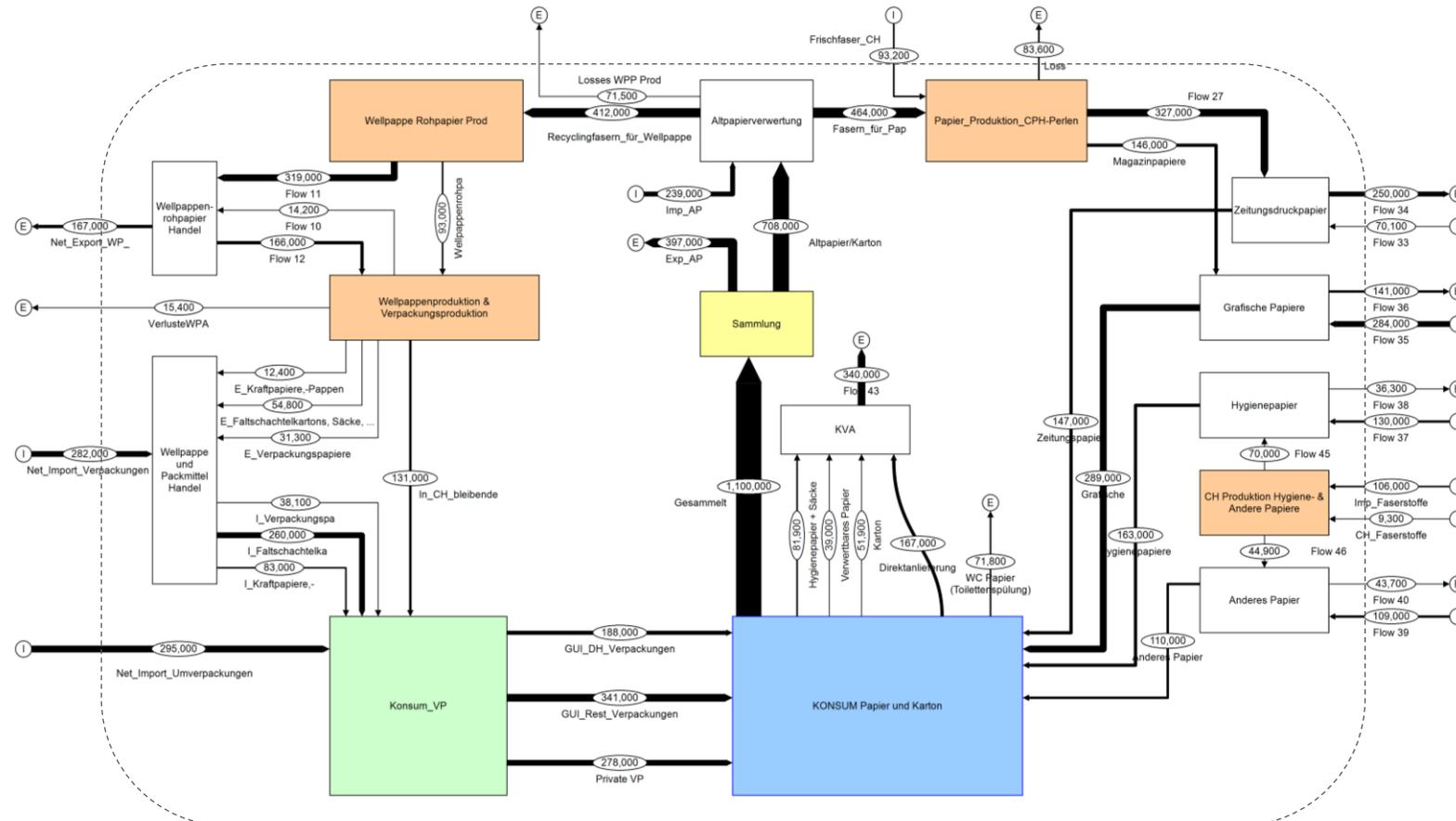


Abbildung 8: Detaillierte Übersicht der modellierten Papier- und Karton-Stoffflüsse für das Jahr 2022.



9.3. Holz

Tabelle 6: Übersicht Mengen Holz

2022 (Produktionsdaten von 2020)	Inländischer Holzeinsatz (Produktion) [t]	Import [t]	Export [t]	Verbrauch CH [t]	G&I-Anteile UK	
Total	263'280	155'247	71'805	346'722	326'993	94 %
Paletten	174'840	143'880	69'466	249'254	249'254	100 %
EUR/EPAL-Paletten	58'860					
Reparatur von EUR/EPAL-Paletten	13'080					
Einwegpaletten	102'900					
Rahmen, Deckel, Kisten, Trommeln,...	88'440	10'312	2'304	96'448	76'925	79.8 %
Palettenrahmen	2'640					
Palettendeckel	1'740					
Kisten	80'760					
Kabeltrommeln	3'300					
Fässer, Tröge, Bottiche, Eimer, ...	n/a	1'055	35	1'020	814	79.8 %



9.4. Glas

9.4.1. Szenario Sensitivität: Hochrechnung Direktanlieferung:

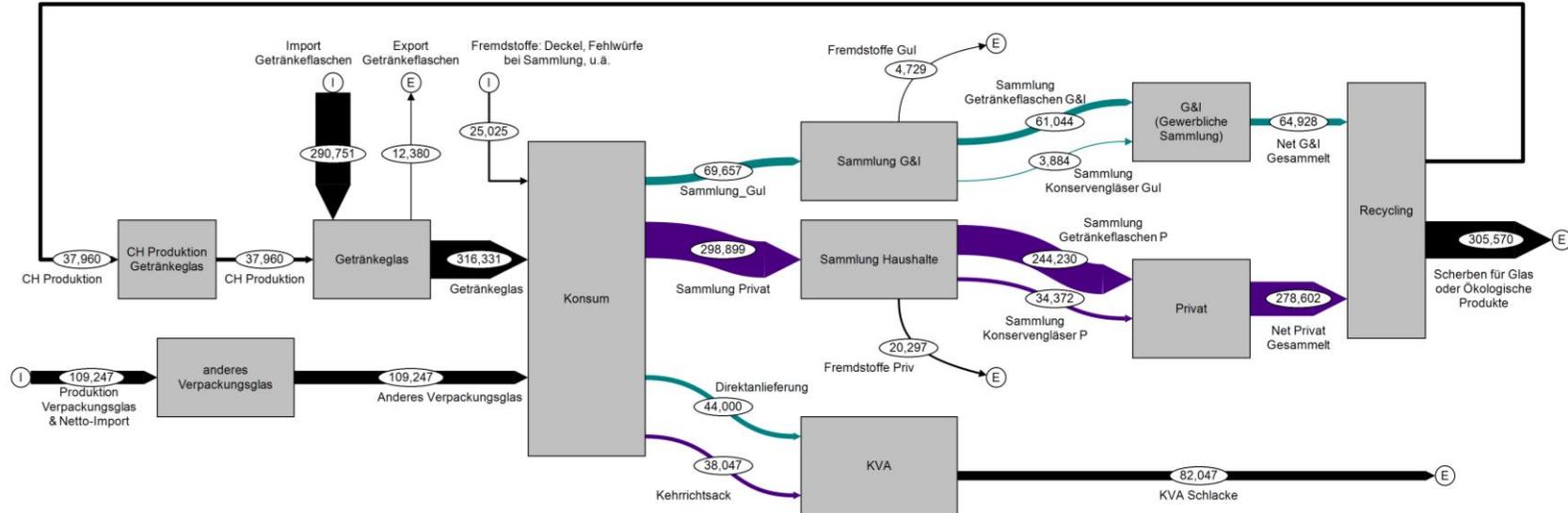


Abbildung 9: Glasverpackungs-Materialflüsse für das Sensitivitätsszenario 'Hochrechnung Direktanlieferung'

9.4.2. Szenario Sensitivität: Veränderte Anteile weiteres Verpackungsglas

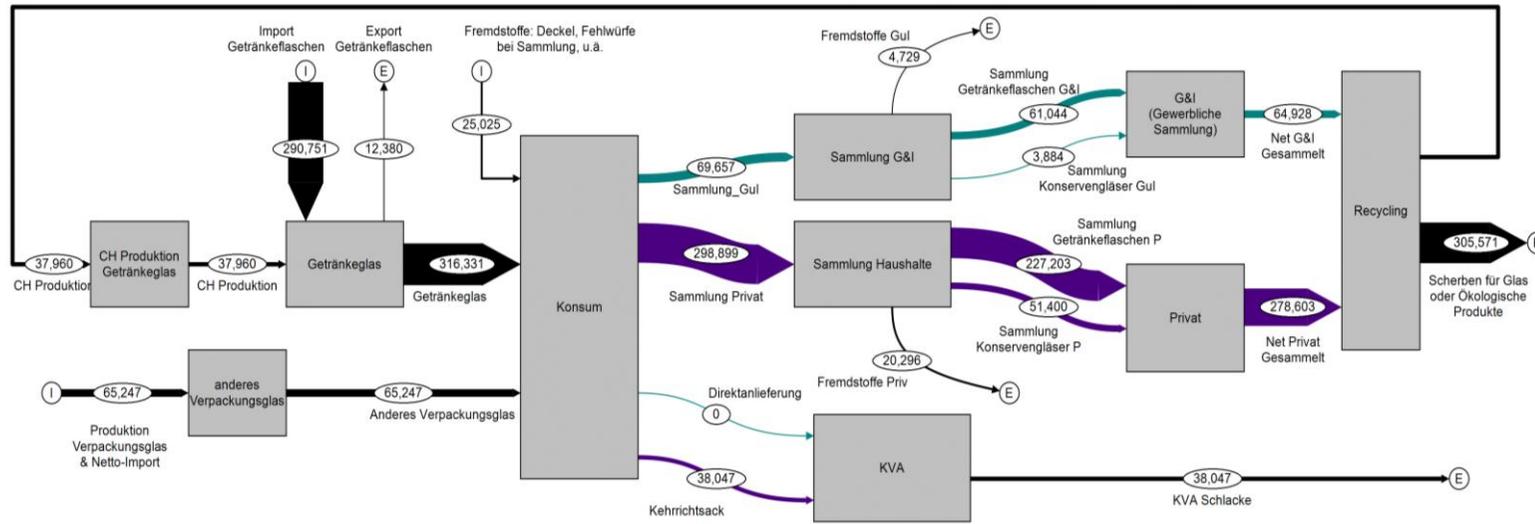


Abbildung 10: Glasverpackungs-Materialflüsse für das Sensitivitätsszenario 'veränderte Anteile weiteres Verpackungsglas'

