

RETOUR

Getränkeverpackungen: Kosten/Nutzen-Betrachtung Separatsammlung vs. Pflichtpfand



Projektleiterin

Ariane Stäubli

Verantwortlich

Prof. Dr. Rainer Bunge

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Oberseestrasse 10

8640 Rapperswil

Tel: 055 222 48 60

Datum: 09.07.2020

Im Auftrag des Schweizerischen Vereins für umweltgerechte Getränkeverpackungen SVUG

In Kooperation mit Swiss Recycling, IGORA und PET-Recycling Schweiz PRS



Zusammenfassung

Hintergrund

In der Schweiz ist die Abgabe und die Rücknahme von Getränkeverpackungen in der vom Bundesrat erlassenen Verordnung über Getränkeverpackungen (VGV) vom 5. Juli 2000 geregelt. Getränkeverpackungen aus Glas, PET und Aluminium müssen eine Verwertungsquote von je mindestens 75 % nachweisen. Der Verein Swiss Recycling und seine Mitglieder übertreffen diese Vorgabe erheblich – und das seit Jahren. Die langjährige, mittlere Verwertungsquote von Glas liegt bei 94%, jene von PET bei 83% und die von Aluminiumdosen bei 92% [1]. Weiter ist in der Getränkeverpackungsverordnung eine Pfandpflicht für Mehrwegverpackungen vorgesehen. Die Entscheidung, ob Mehrweg-Gebinde eingesetzt werden oder nicht, obliegt den Getränkeproduzenten. Wenn sie Mehrweg-Flaschen im Sortiment führen, dann braucht es schon heute ein Pfand auf diesen Gebinden.

Aktuell formiert sich eine Allianz von Politikern, die ein Pflichtpfandsystem für alle Gebinde favorisieren und auf einen Systemwechsel hinarbeiten. Hierdurch werde erstens die Abfallmenge reduziert und zweitens das Littering. Auch in Österreich wird derzeit die Einführung eines Pflichtpfandsystems diskutiert [31]. Nach Einschätzung des SVUG und der Recyclingverbände Swiss Recycling, Igora und PET-Recycling Schweiz ist die politische Diskussion jedoch ungenügend auf Fakten abgestützt.

Primäres Ziel der vorliegenden Studie ist es abzuklären, ob ein Pflichtpfandsystem einen zum status quo zusätzlichen Umweltnutzen hat. Ein weiteres Ziel ist die Abklärung, ob dieser Umweltnutzen – sofern er existiert – in einem tragbaren Verhältnis zu den zu erwartenden Mehrkosten steht. Eine zentrale Rolle spielt hierbei der SEBI (specific eco benefit indicator), ein Indikator für die Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen. Dieser gibt an, wie viel ökologischer Nutzen durch eine Umweltmassnahme je zusätzlich eingesetztem CHF erzielt wurde (Einheit "vermiedene Umweltbelastungspunkte pro eingesetztem Franken" vUBP/CHF). Wie hoch der SEBI sein muss, damit eine Umweltmassnahme umgesetzt wird, obliegt der politischen Diskussion, es gibt dafür keinen wissenschaftlichen Grenzwert. In der Umweltbranche herrscht weitgehend Konsens, dass ein SEBI von weniger als 1'000 vUBP/CHF für staatlich unterstützte Massnahmen zu tief ist. Die von verschiedener Seite vorgeschlagene Separatsammlung von Kunststoffen wie PE-Flaschen oder Folien weist einen mittleren SEBI von 1'100 vUBP/CHF auf und wurde vom Bundesamt für Umwelt nicht unterstützt [39]. Die PET-Getränkeflaschensammlung mit einem SEBI von 3'500 vUBP/CHF gilt hingegen als sinnvoll. Entsprechend dieser Bandbreite werden in der Umweltbranche Massnahmen akzeptiert, die einen SEBI von mehr als 2'500 vUBP/CHF ausweisen.

Methoden und Szenarien

Im Rahmen einer ausführlichen Literaturrecherche wurden Informationen rund um ein Pflichtpfand auf Getränkeverpackungen zusammengetragen. Teil davon war die Erfassung der Massenströme von PET-Flaschen, Alu-Dosen und Glas-Flaschen. Anschliessend wurden

Szenarien ausgestaltet und untersucht, um den Nutzen und die Kosten verschiedener Ausgestaltungen eines möglichen Pflichtpfandsystems zu erfassen. In Abbildung 1 sind die Szenarien exemplarisch für PET-Flaschen dargestellt, die Struktur gilt auch für alle anderen untersuchten Getränkegebinde. Von zentraler Bedeutung ist die Fragestellung "Einweg oder Mehrweg?". Diese führt in der öffentlichen Diskussion häufig zu Verwirrung. Während Einwegsyste- me sowohl mit als auch ohne Pfand betrieben werden können, ist das Pfand eine zwin- gende Voraussetzung für Mehrwegsysteme.

Im Szenarien-Block 1 wird davon ausgegangen, dass ein Pflichtpfand auf Getränkegebinde eingeführt wird. Dabei wird angenommen, dass der bereits durch vereinzelt betriebene, "freiwillige" Pfandsysteme erfasste Anteil an Mehrweg-Glasflaschen nach Einführung des Pflichtpfands unverändert bleibt. Per Saldo betrifft im Szenario-Block 1 die Einführung des Pflichtpfandes also die bislang nicht bepfandeten Einweg-Getränkeglasflaschen, Einweg-PET- Flaschen und Aluminiumdosen. Die Einführung des Pflichtpfands kann folgende Auswirkun- gen auf die Recyclingquote haben: Die Recyclingquote bleibt gleich (Szenario 1a), die Recy- clingquote steigt (Szenario 1b) oder die Recyclingquote sinkt (Szenario 1c).

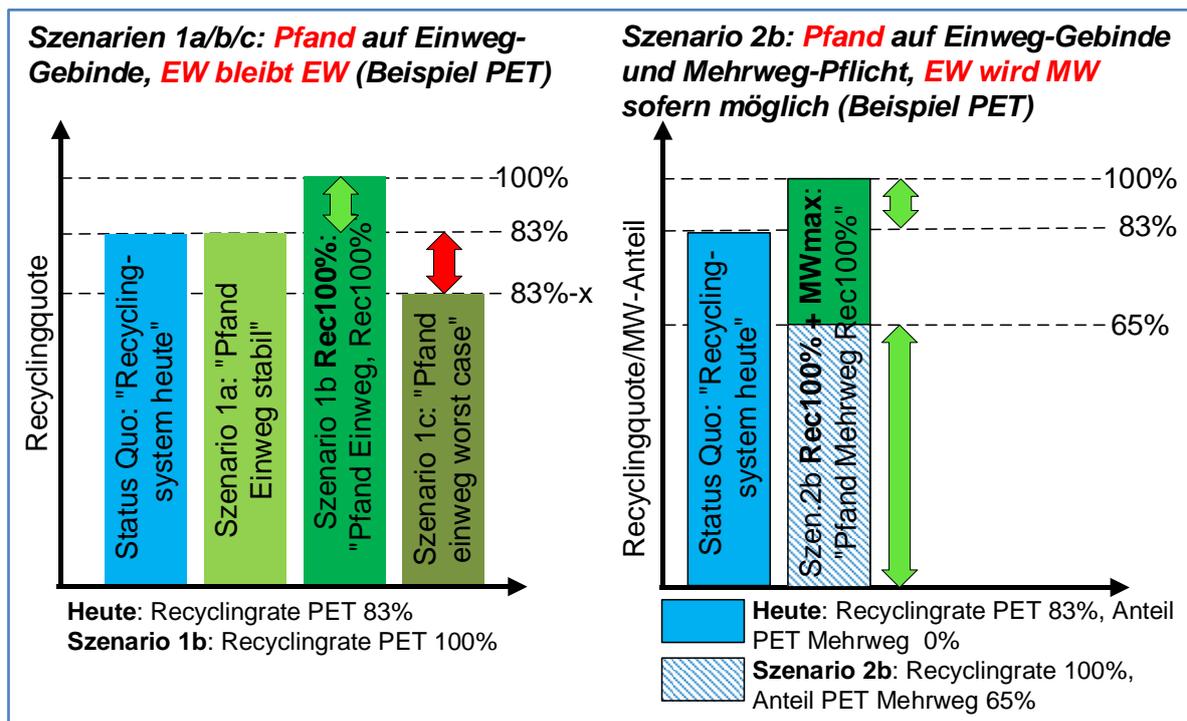


Abb. 1: Mögliche Szenarien für die Ausgestaltung eines Pflichtpfandsystems am Beispiel PET. Die Struktur der Modellierung ist auf Alu-Dosen und Glas-Flaschen übertrag- bar. In der linken Grafik sind Szenarien dargestellt, die ein Pfand auf Einwegge- binde vorsehen. Im Szenario 2b (rechts), ist das Pfand an eine Mehrwegpflicht gebunden.

Im Szenario 2b ist das Pflichtpfandsystem an eine Mehrwegpflicht gekoppelt. Sofern möglich, werden alle Glas- und PET-Flaschen in einem Mehrwegsystem geführt. Zudem wird angenommen, dass die Recyclingquote steigt. Abb. 2 zeigt, dass Mehrweg-Gebinde nur für einen Teil der Getränke resp. Gebindetypen möglich ist. Für importierte Getränke oder Getränke in Alu-Dosen kommt z.B. eine Mehrweg-Pflicht nicht in Frage.

Für Glas-Flaschen kann der Mehrweganteil von heute 40% auf ein, gemäss den Rahmenbedingungen in Abb. 2, theoretisch mögliches Maximum von 56% gesteigert werden. Für PET-Flaschen ist eine Erhöhung von heute 0% auf 65% möglich. Über alle Getränke betrachtet, könnte der Mehrweganteil von heute 12% auf maximal mögliche 57% gesteigert werden. Die Datenbasis hierfür ist die Getränke- und Getränkeverpackungsstatistik 2018 des SVUG, welche jährlich im Auftrag des BAFU erstellt wird [8].

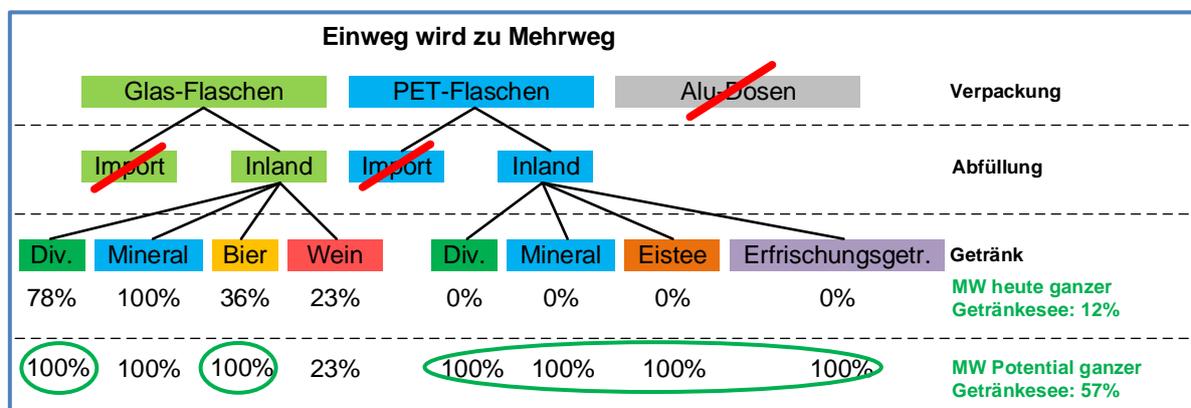
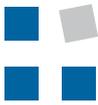


Abb. 2: Eine Mehrweg-Pflicht ist nicht für alle Gebinde umsetzbar. Alu-Dosen eignen sich grundsätzlich nicht für ein Mehrweg-System. Auch für importierte Getränke und bestimmte Getränketypen wie z.B. Wein (individuelle Flasche¹ hat einen hohen Stellenwert) kann eine Mehrweg-Pflicht nicht durchgesetzt werden resp. kann der Mehrweg-Anteil nicht beliebig erhöht werden. Folglich wird für Wein angenommen, dass sich der Mehrweg-Anteil nicht erhöht und auf 23% verbleibt. Der bestehende Mehrweg-Anteil beim Wein bezieht sich auf ein Pfand auf Harassen aus dem Gastro-Bereich. Praktisch alles Mineralwasser, welches in Glas-Flaschen ausgeliefert wird, ist schon heute Mehrweg und ebenfalls Teil einer geschlossenen Lieferkette aus dem Gastro-Bereich.

Die Umweltwirkung möglicher Pflichtpfandsysteme wurde basierend auf bestehenden Ökobilanzen abgeschätzt. Bei der vorliegenden Modellierung wurde angenommen, dass ein Pflichtpfandsystem (gegebenenfalls gekoppelt mit einer Mehrweg-Pflicht) die Variablen Recyclingquote und Mehrweg-Anteil beeinflusst.

Basierend auf der verfügbaren Datengrundlage [15], [16], [18], [24], [25], [26], [28] kamen

¹ Auch bei Bier werden individuelle Flaschen eingesetzt. Die gelebte Praxis zeigt hingegen, dass viele Brauereien heute schon Bier in MW-Flaschen anbieten. In der vorliegenden Studie wurde daher angenommen, dass Bier in MW-Flaschen vertrieben werden kann.



folgende Ansätze zur Anwendung:

1. Erfassen des Umweltnutzens von Recyclingsystemen (relevant bei Fragestellungen zur Recyclingquote, je höher die Quote, desto grösser der Nutzen).
2. Erfassen des Umweltschadens, der je Nutzung eines Getränkegebundes ausgelöst wird (relevant bei Fragestellungen zum Mehrweganteil, je höher der Mehrweg-Anteil, desto kleiner ist in der Regel der Umweltimpact je Nutzung eines Gebundes).

Die Kosten möglicher Pflichtpfandsysteme wurden von Ländern abgeleitet, welche heute bereits ein Pflichtpfandsystem kennen und punkto Rahmenbedingungen, z.B. Bruttoinlandprodukt und Sozialstruktur, im weitesten Sinne vergleichbar sind mit der Schweiz. Der Fokus lag hierbei auf Deutschland und Skandinavien.

Im vorliegenden Projekt wurden dem Umweltnutzen der erwähnten Szenarien die Kosten gegenübergestellt, also die Ökoeffizienz möglicher Pflichtpfandsysteme berechnet. Kurz und bündig wird Effizienz grundsätzlich folgendermassen beschrieben: „Doing more with less“. Die Ökoeffizienz beschreibt das generelle Ziel, einen möglichst hohen Umweltnutzen mit möglichst wenig Aufwand zu generieren. Die Modellierung der Ökoeffizienz beruht hierbei auf dem SEBI (specific eco benefit indicator) - Konzept, welches Umweltmassnahmen hinsichtlich ihrer Kosten/Nutzen-Effizienz beurteilt. Verglichen wird eine mögliche Umweltmassnahme wie z.B. ein Pflichtpfandsystem mit dem Status Quo, also einem Referenzszenario z.B. dem heutigen Recyclingsystem für Getränkeverpackungen. Wie in Abb. 3 dargestellt ist, werden die zusätzlichen Kosten der untersuchten Umweltmassnahme auf der x-Achse aufgetragen und der zusätzliche Umweltnutzen auf der y-Achse. Im grünen Bereich liegen Massnahmen mit einem grossen SEBI, welche einen hohen Umweltnutzen und geringe zusätzliche Kosten aufweisen. Gemäss der SEBI-Methodik kann nur für Massnahmen, welche gegenüber dem Referenzszenario einen Umweltnutzen und zusätzliche Kosten aufweisen, eine Ökoeffizienz berechnet werden (siehe farbiger Bereich, d.h. oberer rechter Quadrant des Koordinatennetzes in Abb. 3). Alle übrigen Massnahmen werden entweder umgesetzt (günstiger und umweltverträglicher als der Status-Quo) oder sind unsinnig (teurer und umweltschädlicher oder zwar günstiger aber umweltschädlicher und daher zumindest teilweise vom Gesetzgeber verboten). Als Schwelle für die Einführung einer neuen Umweltmassnahme gilt in der Branche, wie eingangs erwähnt, ein SEBI von mehr als ca. 2'500 vUBP/CHF (vermiedene Umweltbelastungspunkte pro Franken).

Werden die beschriebenen Szenarien dem so genannten "SEBI-Check" unterzogen, stellt sich heraus, dass nur die Szenarien 1b und 2b im oberen rechten Quadranten des Koordinatennetzes zu liegen kommen (Abb. 3). Die übrigen Szenarien weisen einen gleich hohen oder tieferen Umweltnutzen auf (gleich hohe oder tiefere Recyclingquote) als das bestehende Recyclingsystem und haben gleichzeitig Mehrkosten zur Folge. Daher sind diese Szenarien "unsinnig" und werden in der folgenden Modellierung nicht weiterverfolgt.



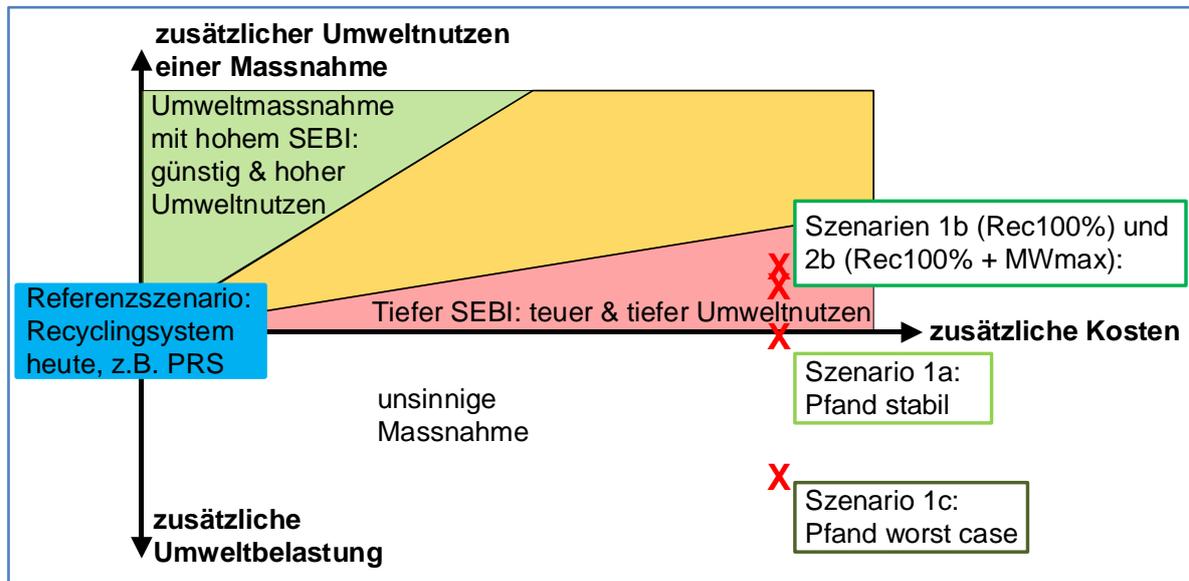


Abb. 3: Der "specific eco benefit indicator" SEBI gibt an, wie viel „vermeidene Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich ausgegebenem Franken (vUBP/CHF) eine Umweltmassnahme bringt. Massnahmen die billig sind und einen hohen Nutzen haben werden diskussionslos durchgeführt (hoher SEBI, grünes Feld), solche die teuer sind und geringen Nutzen bringen werden nicht umgesetzt (tiefer SEBI, rotes Feld).

Die beiden Szenarien 1b und 2b sind wie folgt definiert (siehe auch Abb. 1):

- 1b-Rec100%: Durch die Einführung des Pflichtpfands erhöht sich die Recyclingquote bei allen Gebinden (PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen) auf 100%. Der Mehrweganteil verändert sich gegenüber dem heutigen Recyclingsystem nicht und liegt bei 12%.
- 2b-Rec100% + MWmax: Die Einführung des Pfands ist an eine Mehrwegpflicht gebunden. Die Recyclingquote erhöht sich bei allen Getränkegebinden (PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen) auf 100%. Sofern möglich, werden alle Glas- und PET-Flaschen in einem Mehrwegsystem geführt (siehe dazu Abb.2). Insgesamt wird ein Mehrweg-Anteil von 57% erreicht.

!!!WICHTIG!!!

Bei beiden Szenarien wurde eine Recyclingquote von 100% angenommen um den grösstmöglichen ökologischen Nutzen, den ein Pfandsystem bringen kann, zu modellieren. Es sei klargestellt, dass diese Szenarien theoretische Maxima sind, die in den vergleichbaren europäischen Pfandländern nicht erreicht werden. Eine Recyclingquote von 100% würde bedeuten, dass jedes einzelne Gebinde einem Recyclingsystem zugeführt wird und es darüber hinaus keine Fehlwürfe gibt. Auch mit hohen Pfandgebühren (CHF 10.-/Gebinde) ist dieser Idealzustand nicht erreichbar.

Resultate

Anhand der verfügbaren Literatur und Befragungen von Branchenvertretern wurde die aktuellen Stoffflüsse von PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen nach deren Gebrauchsphase aufgezeichnet.

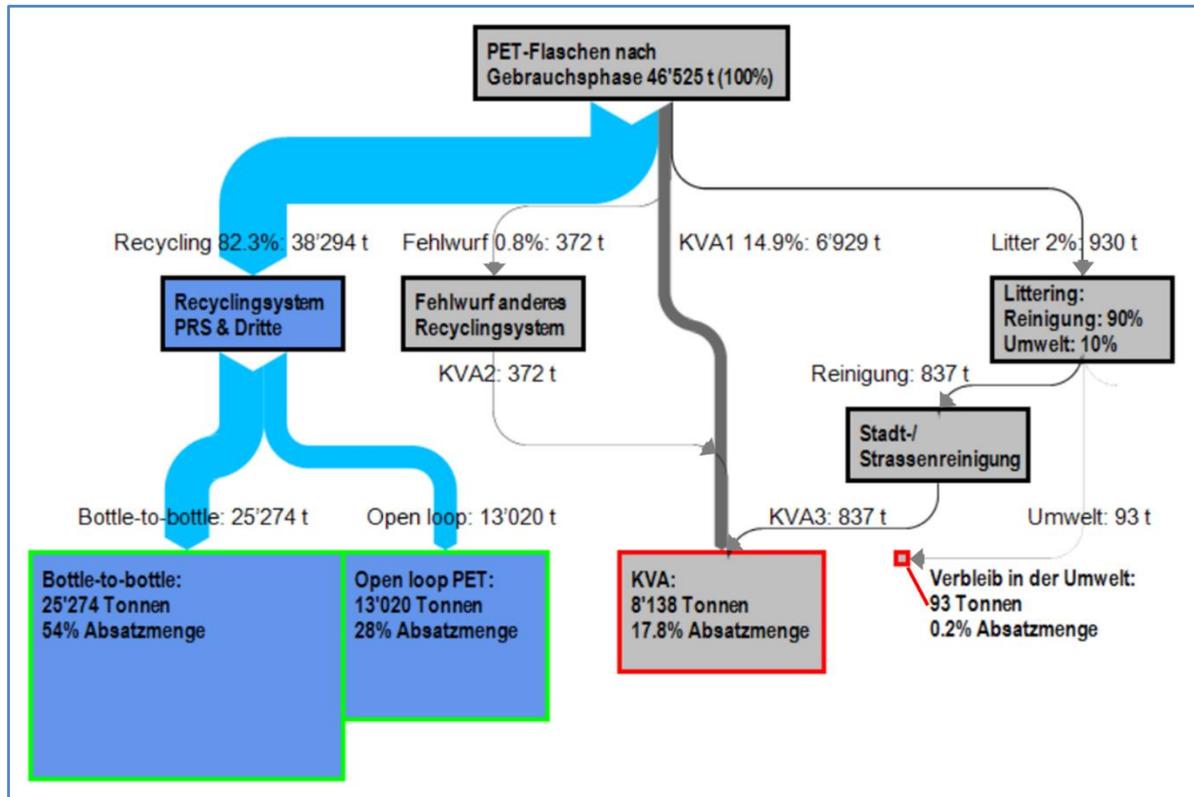
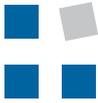


Abb. 4: Stofffluss von PET-Flaschen in der Schweiz nach deren Gebrauchsphase. Die Werte für den Recyclingstrom (blau) beinhalten die Kanäle von PRS und Dritten und beziehen sich auf Angaben des BAFU, 2018. Quellen der übrigen Zahlen: Stofffluss von PET-Flaschen nach deren Gebrauchsphase [7], [15], [19], [20], [21], [22], [41]. Für diese Darstellung wurde angenommen, dass alle Fehlwürfe in der KVA entsorgt werden.

Abb. 4 zeigt exemplarisch den Stofffluss von PET. Die Stoffflüsse der anderen Gebinde sind im Kapitel 3, Resultate, abgebildet.

Der theoretisch maximal mögliche Umweltnutzen (ausgedrückt in vermiedenen Umweltbelastungspunkte vUBP) von Pflichtpfandsystemen pro Person und Jahr ist in Tab. 1 dargestellt. Zwecks Illustration der vermiedenen Umweltbelastungspunkte vUBP wird der Umweltnutzen anhand von zwei Beispielen dargestellt:

1. Verzicht auf eine Fahrt mit einem Durchschnittsauto (Anzahl Kilometer)
2. Verzicht auf den Verzehr von Rindfleisch (Gramm)



Tab. 1: *Umweltnutzen des Pflichtpfandsystems pro Person und Jahr. Die gefahrenen Kilometer mit einem durchschnittlichen Auto oder das Rindfleisch dienen zur Illustration der Anzahl UBP, die durch das Pflichtpfandsystem pro Person und Jahr gespart werden [33].*

SZENARIO	VERMIEDENE UMWELTBELASTUNG [vUBP]	FAHRT MIT DURCHSCHNITTLICHEM AUTO [KM]	RINDFLEISCH [GRAMM]
1B – REC100%	3'900	12	47
2B - REC100% + MW _{MAX}	7'500	23	90

In der Schweiz betragen die Kosten für das PET-System heute rund 41 Mio Franken [15], jene der Alusammlung 9 Mio Franken [16], [17] und die der Glassammlung 30 Mio Franken [18]. Pro Gebinde fallen in der Schweiz und in den Pfandländern aktuell folgende Kosten an:

Schweiz: 1 bis 6 Rappen (Alu: 1 Rp., PET: 1,9 bis 2,3 Rp., Glas 2 Rp. bis 6 Rp.) [7], [17], [29]
 Pfandländer: 5 bis 19 Eurocent [2]

Für ein Schweizer Pflichtpfandsystem wurden folgende Kosten je Gebinde angenommen:

Szenario 1b Rec100% 7 Rappen
 Szenario 2b Rec100% und MWmax 7 Rappen für EW Gebinde & 15 Rappen für MW

Die Annahmen basieren einerseits auf den heutigen Kosten der Schweizer Recyclingsysteme und andererseits auf den Kosten der Pfandländer. Berücksichtigt wurde dabei, dass Produkte und Dienstleistungen zum Teil deutlich teurer sind als im umliegenden Ausland.

Um die Ökoeffizienz möglicher Pflichtpfandsysteme zu bestimmen, wurde der zusätzliche Umweltnutzen mit den zusätzlichen Kosten zum SEBI (specific eco benefit indicator) verrechnet. In Abb. 5 ist für alle Gebinde das Szenario 1b – Rec100% dargestellt und für Glas und PET zusätzlich das Szenario 2b Rec100% + MWmax. Für Alu ist dieses Szenario nicht modelliert worden, weil hier bereits aus technischen Gründen kein Mehrweg möglich ist.

Wie in Abb. 5. dargestellt, liegt der SEBI der Pflichtpfandsysteme für Glas, PET und Alu zwischen 230 und 360 vUBP/CHF und ist verglichen mit jenem von anderen Recyclingmassnahmen sehr tief. Er liegt insbesondere sehr viel tiefer als der in der Branche häufig zitierte Benchmark von 2'500 vUBP/CHF. Die Einführung der separaten Kunststoffsammlung für PE-Flaschen oder Folien mit einem SEBI von 1'100 vUBP/CHF wurde von den Schweizer Umweltbehörden und –verbänden wegen mangelnder Ökoeffizienz abgelehnt. Es wäre daher in hohem Masse inkonsequent die Einführung eines Pflichtpfandsystems mit einem SEBI von unter 400 vUBP/CHF durchzusetzen. Auch das Recycling von Haushaltsbatterien und Alu-Kaf-



feekapseln weist einen tiefen SEBI auf. In diesen beiden Fällen muss folgendes beachtet werden: Batterien werden aus historischen Gründen gesammelt und Alu-Kapseln auf freiwilliger Basis, basierend auf einer Initiative aus der Privatwirtschaft.

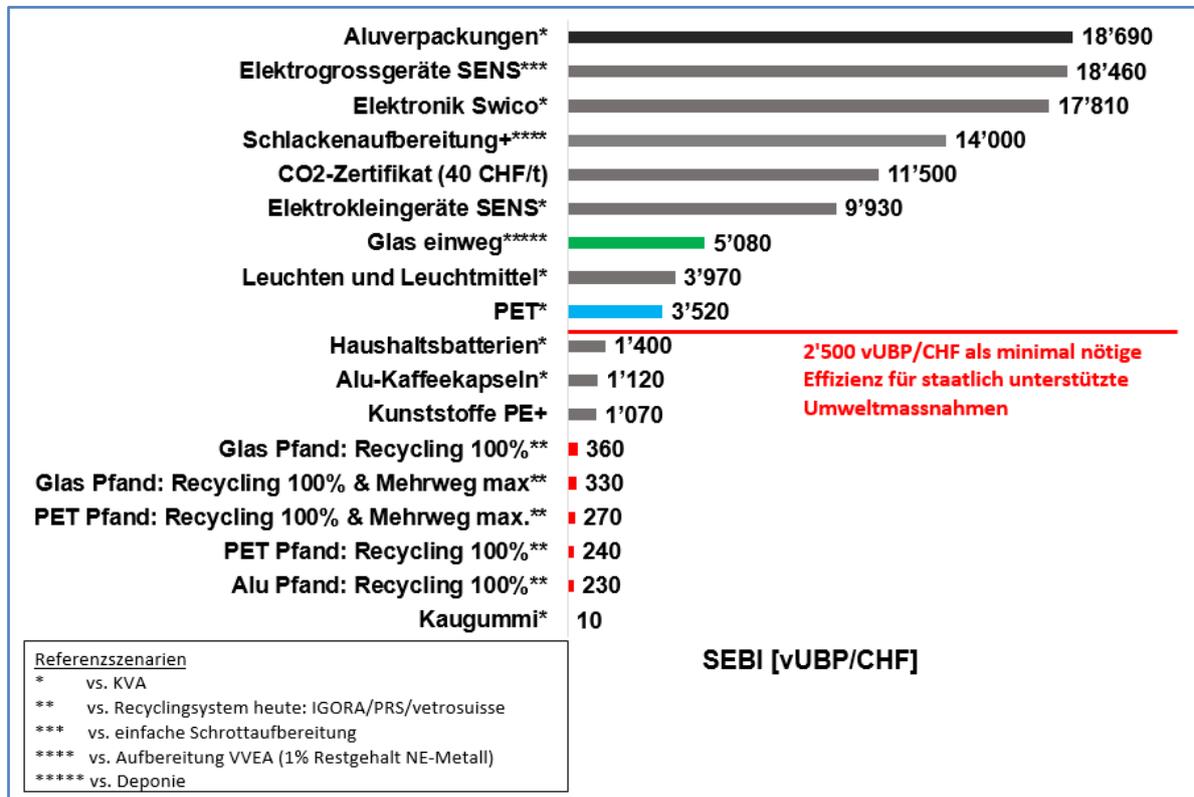


Abb. 5: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Recyclingmassnahmen in der Schweiz. Je höher die Ökoeffizienz, desto grösser der SEBI (specific eco benefit indicator), d.h. die vermiedene Umweltbelastung vUBP pro CHF. Einige der aufgeführten Massnahmen werden schon heute umgesetzt, andere sind Vorschläge wie z.B. eine forcierte Schlackenaufbereitung gegenüber dem Stand heute oder eine flächendeckende PE-Sammlung (gekennzeichnet durch ein +).

Neben dem SEBI kann die Ökoeffizienz auch ausgedrückt werden als die Kosten, die erforderlich sind, um 1 Mio Umweltbelastungspunkte einzusparen (errechnet aus $1/SEBI \times 1 \text{ Mio}$). 1 Mio Umweltbelastungspunkte entspricht der Umweltbelastung, die ein Schweizer/eine Schweizerin innerhalb von 2.5 Wochen generiert oder einer Autofahrt von 3'000 km. Abb. 6 zeigt, dass der marginale Umweltnutzen der Pflichtpfandsysteme – unter Annahme von theoretisch maximalen Recyclingergebnissen - extrem teuer erkaufte würde.

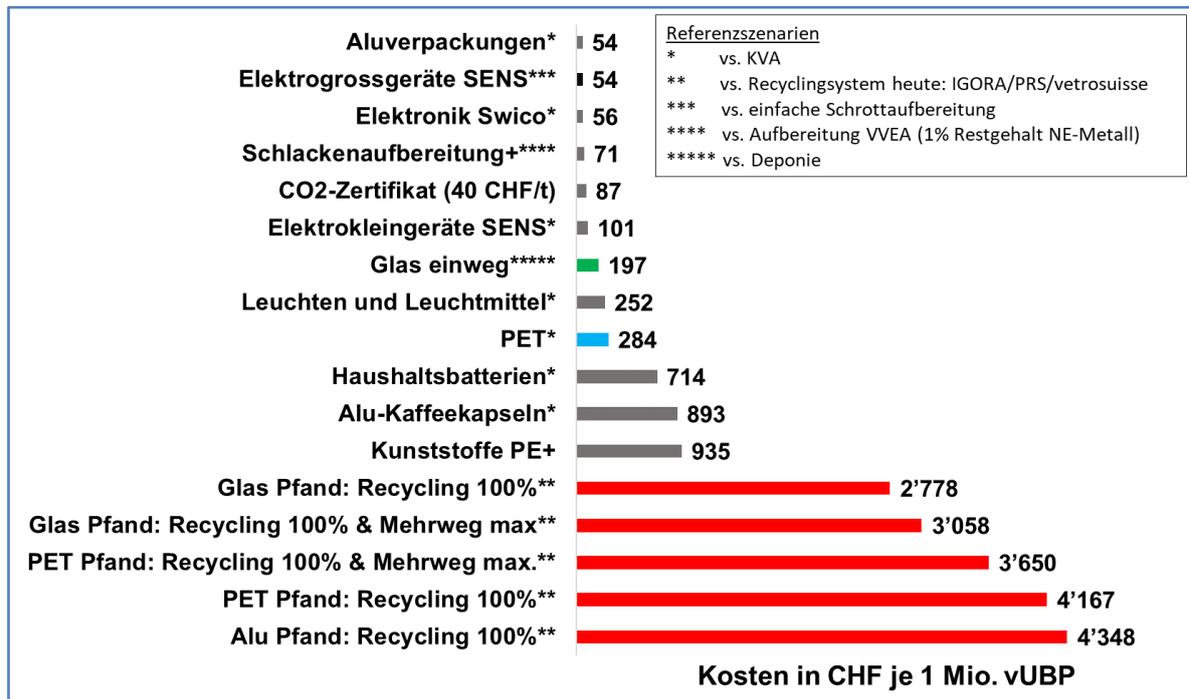


Abb. 6: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Recyclingmassnahmen in der Schweiz. Je höher die Ökoeffizienz, desto tiefer die Kosten pro vermiedene Umweltbelastung (1 Mio vermiedene Umweltbelastungspunkte, entspricht der Umweltbelastung, die ein Schweizer/eine Schweizerin durchschnittlich innerhalb von 2.5 Wochen generiert). Die häufig in der Branche verwendete "Toleranzgrenze" eines minimalen SEBI von 2'500 vUBP/CHF entspricht maximalen Kosten von 400 CHF/1 Mio vUBP.

Fazit

Ein Pfand für Getränkeverpackungen kann in Ländern mit einem ungenügend funktionierenden Recyclingsystem durchaus sinnvoll und nötig sein. In Österreich wird die Einführung eines Pfandes auf Getränkeverpackungen aus Kunststoff und Metall derzeit diskutiert. Dort beträgt die aktuelle Sammelquote von Kunststoffgetränkeflaschen nur etwa 70 % [31] (in der Schweiz sind es für PET-Getränkeflaschen ohne Pfand bereits 83%²). Die Schweiz verfügt hingegen bereits über ein langjährig etabliertes und hervorragend optimiertes Recyclingsystem. Dieses System erreicht Recyclingquoten für Glas von 94%, für PET von 83% und für Alu-Dosen von 92% [1]. Im Gegensatz zu Statistiken aus dem Ausland wird in der Schweiz zur verwertbaren Menge nur der Teil des retournierten Stoffstroms gezählt, der tatsächlich stofflich wiederverwertet wird, also exklusive z.B. Restflüssigkeiten und fehlgeworfenen Störstoffen. Der Vergleich der Schweiz mit den Pfandländern Europas legt den Schluss nahe, dass hohe Recyclingquoten zwar einerseits durch ein Pfand aber andererseits auch durch ein austariertes

² Vom BAFU kommunizierter Wert 2017.



Recyclingsystem mit Bestandteilen wie der Kehrichtsackgebühr, einem Instrument wie dem vorgezogenen Recyclingbeitrag, der Sensibilisierung der Bevölkerung und einer hohen Convenience erreicht werden können. Der vorgezogene Recyclingbeitrag beim Kauf der Getränke (ca. 2.5 Rappen pro Gebinde), dient der Finanzierung des Schweizer Recyclingsystems. Neben den hohen Recyclingquoten und den moderaten Kosten weist das bestehende Recyclingsystem mit einem feinmaschigen, komfortablen Sammelnetz mit rund 100'000 Sammelstellen [5] eine hohe Convenience auf. Ein weiter Vorteil ist, dass nicht bepfandbare Restfraktionen wie Tuben, Konfitürengläser oder Aluschalen über den gleichen Sammelkanal wie die Getränkeverpackungen aus Glas und Aluminium erfasst werden können. Diese Restfraktion macht 18% [6] des Sammelguts aus. Die Einführung eines Pfandes für Getränkegebinde würde dazu führen, dass zwei separate Systeme etabliert und bewirtschaftet werden müssen, nämlich das Pflichtpfandsystem und ein weiteres System für nicht bepfandbare Verpackungen (Alutuben, Konservendosen (Stahlverpackungen), Olivenölgflaschen etc.). Der Unterhalt eines Recyclingsystems für eine relativ geringe Menge an Sammelgut bringt hohe spezifische Kosten mit sich, weil nur die variablen, nicht aber die Fixkosten sinken. Folglich wäre der durch ein Pflichtpfandsystem ausgelöste Kollateralschaden hoch und der SEBI für die Restfraktionen gegenüber dem Stand heute tief.

Das bestehende Recyclingsystem weist eine marktwirtschaftliche Selbstregelung durch die Wahlfreiheit für Hersteller und Käufer auf. Den Getränkeherstellern und dem Handel stehen alle Optionen offen: Pfand z.B. bei Grossveranstaltungen; Mehrweg/Einweg; Dose/Glas/PET. Die Käuferinnen können je nach Einsatzzweck selbstbestimmt entscheiden, welche Art von Verpackung sie wählen.

Aus den genannten Gründen wäre die Einführung eines Pflichtpfandsystems in der Schweiz sehr teuer und ökologisch praktisch wirkungslos. Ein potentieller Umweltnutzen, welcher unter "Best-Case" Annahmen zu einer allfälligen Erhöhung der Recyclingquote oder einer allfälligen Erhöhung des Mehrweganteils führen würde, muss zu hohen Kosten erkaufte werden. Die Kosten eines Pflichtpfandsystems würden bei 7 bis 15 Rappen pro Gebinde liegen (aktuell in der Schweiz: ca. 2.5 Rp).

Es deutet nichts darauf hin, dass die Einführung eines Pflichtpfandsystems in der Schweiz bestehende Umweltprobleme lösen würde. Um das Littering zu bekämpfen, wäre es effizienter Strafen durchzusetzen und gegebenenfalls die Stadtreinigungen zu intensivieren. Diese Massnahmen würden bei deutlich geringeren Kosten sehr viel mehr ökologischen Nutzen stiften als ein Pfand [14]. Darüber hinaus gilt zu beachten, dass Getränkegebinde nur einen Teil des Litters ausmachen. Nach Abzug der nicht bepfandbaren Fraktion z.B. Becher, Getränkekartons, PE-Flaschen sowie Verpackungen, die nicht mehr rückgabefähig sind z.B. Glasscherben, verbleiben bezogen auf die Stückzahl rund 7% an gelitterten Gegenständen, die tatsächlich PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen umfassen [11].

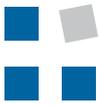
Die Einführung eines Pflichtpfandes für Getränkegebinde wäre nur dann akzeptabel, wenn hierdurch erwiesenermassen grosse Umweltprobleme zu tragbaren Kosten gelöst würden. Die Beweislast hierfür liegt auf Seite der Befürworter eines Pflichtpfandsystems.





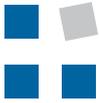
Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Zielsetzung.....	14
1.1	Initiative Gmür	14
1.2	Zielsetzung	14
1.3	Fakten und Mythen rund ums Pfand	15
2	Material und Methoden.....	22
2.1	Ausgestaltung der Szenarien	22
2.2	Umweltnutzen	25
2.3	Kosten	29
2.4	Berechnung der Ökoeffizienz und der Ökoeffektivität	29
3	Resultate.....	32
3.1	Stoffflüsse von Getränkeverpackungen im Schweizer Recyclingsystem.....	32
3.2	Umweltnutzen	35
3.3	Kosten	40
3.4	Ökoeffizienz und Ökoeffektivität von Pflichtpfandsystemen.....	41
4	Diskussion.....	46
4.1	Interpretation der Resultate	46
4.2	Fazit der Autoren	49
5	Literaturverzeichnis.....	50
6	Anhang 1: Annahmen und Ausführungen zur Modellierung von A. Stäubli.....	53
6.1	Mengen	53
6.2	Umweltnutzen	55
6.3	Kosten	57
6.4	SEBI	59
7	Anhang 2: Annahmen und Ausführungen zur Modellierung von F. Dinkel	60

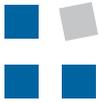


Begriffe und Definitionen

Alu-Dosen	Getränkedosen aus Aluminium z.B. Erfrischungsgetränkedosen.
Einweg EW	Einweg-Getränkeverpackungen. Diese Getränkeverpackungen gelangen nach der Gebrauchsphase in ein Recyclingsystem oder in die KVA und werden nicht nochmals befüllt.
Glas-Flaschen	Getränkeflaschen aus Glas z.B. Weinflaschen, Bierflaschen, Mineralwasserflaschen.
Mehrweg MW	Mehrweg-Getränkeverpackungen. Diese Getränkeverpackungen werden vom Getränkeproduzenten oder vom Detailhandel zurückgenommen und mehrmals befüllt.
PET-Flaschen	Getränkeflaschen aus PET z.B. Mineralwasserflaschen.
Pflichtpfand	Pfand auf alle Getränkegebinde, auch Einweg-Gebinde. Gemeint ist nicht das Pfand, welches heute auch in der Schweiz auf Mehrweg-Gebinden erhoben wird.
Recyclingquote _{EU}	Die in Europa kommunizierte Recycling- oder Verwertungsquote bezieht sich auf den Anteil der abgesetzten Menge, der einer Recyclinganlage zugeführt wird (inkl. Fremdstoffen, Verschlüssen, Restflüssigkeiten etc.). Es handelt sich hierbei um eine Input-Quote. Im Vergleich zur Schweizer Recyclingquote _{CH} ist diese Quote höher. Die Recyclingquote _{EU} ist mit der Schweizer Sortierquote vergleichbar.
Recyclingquote _{CH}	Die in der Schweiz kommunizierte Recycling- oder Verwertungsquote bezieht sich auf den Anteil der abgesetzten Menge des Hauptzielstoffs, der tatsächlich stofflich verwertet wird (Anteil des abgesetzten PETs, der wieder zu PET verarbeitet wird). Es handelt sich hierbei um eine Output-Quote. Im Vergleich zur europäischen Quote ist diese Quote tiefer, weil jegliche Art von Störstoffen nicht dazu gezählt werden. Die Begriffe Recyclingquote _{CH} , Recyclingrate und Verwertungsquote werden in diesem Bericht als Synonyme verwendet.
Recyclingquote _{CH} Alu	Für die gesamte Modellierung wurde eine Quote von 92% angenommen. Dies entspricht dem Wert von 2017.
Recyclingquote _{CH} Glas	Für die gesamte Modellierung wurde eine Quote von 94% angenommen. Dies entspricht dem Wert von 2017.
Recyclingquote _{CH} PET	Für die Modellierung des Umweltnutzens und der Kosten wurde eine Quote von 83% angenommen. Dies entspricht dem Wert von 2017. Die Zahlen von 2018 waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht veröffentlicht. Für die Modellierung des Stoffflusses



	wurde die Quote von 2018 verwendet, welche 82.3% beträgt.
Restfraktionen	Recyclingfraktionen, welche nicht zu den Getränkeverpackungen gehören, z.B. Alu-Schalen, Olivenölglasflaschen.
Sammelquote	Anteil an der Absatzmenge, der vom jeweiligen Recyclingsystem erfasst wird. Dieser Anteil enthält auch Fremdstoffe, Abfälle, Verschlüsse, Deckel (HD-PE), Etiketten und Restflüssigkeiten.
Sortierquote	Anteil an der Absatzmenge, der dem eigentlichen Verwertungsprozess nach der Sortierung zugeführt wird. In einigen europäischen Ländern ist diese Quote als Verwertungszuführquote bekannt. Dieser Anteil enthält auch Verschlüsse, Deckel (HD-PE) und Etiketten.
Rücklaufquote	Synonym zu Sammelquote.
Verwertungsquote	Synonym zu Recyclingquote _{CH} .



1 Hintergrund und Zielsetzung

1.1 Initiative Gmür

In der Schweiz werden Getränkeverpackungen wie Glas- und PET-Flaschen sowie Alu-Dosen separat gesammelt. Die aggregierte Recyclingquote der drei Getränkeverpackungen liegt bei 93%. Getränke in Einweg-Verpackungen werden nicht bepfandet. Führt ein Getränkeproduzent Mehrweg-Flaschen in seinem Sortiment, dann braucht es gemäss Getränkeverpackungsverordnung ein Pfand auf diesen Gebinden. Eine Pfandpflicht für Mehrwegverpackungen ist gemäss Art. 5 seit Inkraftsetzen der Verordnung vorgesehen. Der Entscheid ob Mehrweg oder nicht liegt heute allein beim Getränkeproduzenten. Mehrweg wird heute vor allem im Gastrokanal angewendet.

Aktuell formiert sich eine Allianz von Politikern, die ein Pflichtpfandsystem favorisieren und auf einen Systemwechsel hinarbeiten. Hierdurch werde erstens die Abfallmenge reduziert und zweitens das Littering. Folgende parlamentarische Initiative für die Einführung eines Pflichtpfands auf Getränkedosen und Getränkeflaschen wurde am 21.06.2019 von CVP-Nationalrat Alois Gmür eingereicht:

19.470 PARLAMENTARISCHE INITIATIVE: Die Bundesversammlung soll die Rechtsgrundlagen schaffen, damit auf allen Getränkeflaschen und Getränkedosen ein Pfand erhoben wird.

Die Umweltverschmutzung mit PET-Flaschen und Aluminiumdosen nimmt zu. Täglich erreichen uns Bilder von Unmengen von PET-Flaschen, Dosen und Plastik, die die Meere verschmutzen. In der Schweiz werden auf Plätzen, Strassen und an Strassenrändern Getränkedosen und Getränkeflaschen liegengelassen. Ein Pfand gibt diesen Behältnissen einen Wert, sodass es sich lohnt, diese Behältnisse zu sammeln oder an die Verkaufsstellen zurückzubringen. Ein Pfand vermindert das Wegwerfen und die Abfallmenge. Es fördert das Mehrweggebinde und schont den Ressourcenverbrauch. Mehrweggebinde wird im Unterschied zu Einweggebinde immer wiederverwendet und nicht aufwendig recycelt. Ein Pfand schafft einen wirtschaftlichen Anreiz, Abfall zu vermindern, ja sogar zu vermeiden. Ein Pflichtpfand bedeutet auch Tierschutz: Tiere können nicht zwischen Gras und herumliegenden PET-Flaschen oder Dosen unterscheiden und fressen sie. Sie erkranken daran und können sogar verenden. In andern Ländern wurde das Pflichtpfand erfolgreich eingeführt.

Diese Initiative ist der Ausgangspunkt des vorliegenden Projekts Retour.

1.2 Zielsetzung

Nach Einschätzung des SVUG und der Recyclingverbände Swiss Recycling, Igora und PET-Recycling Schweiz ist die politische Diskussion ungenügend auf Fakten abgestützt. Unklar ist, inwieweit das Pfand dazu geeignet ist, den vom Initianten genannten Problemen (Vermüllung der Weltmeere, Littering etc.) beizukommen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird ergründet, ob einem Pflichtpfandsystem ein Umweltnutzen zugeschrieben werden kann und



wenn ja, wie hoch dieser Umweltnutzen ist. Anschliessend werden einem potentiellen ökologischen Nutzen die zusätzlichen Kosten gegenübergestellt. Eine zentrale Rolle spielt hierbei der SEBI (specific eco benefit indicator), ein Indikator für die Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen. Dieser gibt an, wie viel ökologischer Nutzen durch eine Umweltmassnahme je zusätzlich eingesetztem CHF erzielt wurde (Einheit "vermiedene Umweltbelastungspunkte pro eingesetztem Franken" vUBP/CHF).

1.3 Fakten und Mythen rund ums Pfand

Dieses Unterkapitel umfasst Fakten und Mythen zum heutigen Schweizer Recyclingsystem und zu Pflichtpfandsystemen im Allgemeinen.

1.3.1 Fokus Recyclingsystem

Die Schweiz hat ein hervorragendes Recyclingsystem

RICHTIG

In der Schweiz ist die Abgabe und die Rücknahme von Getränkeverpackungen in der vom Bundesrat erlassenen Verordnung über Getränkeverpackungen (VGV) vom 5. Juli 2000 geregelt. Getränkeverpackungen aus Glas, PET und Aluminium müssen eine Verwertungsquote von je mindestens 75 % nachweisen. Wird diese Quote nicht erreicht, kann das BAFU ein Pfand vorschreiben.

Die Organisationen PET-Recycling Schweiz, IGORA und Vetroswiss übertreffen diese Vorgabe seit Jahren. Die Verwertungsquote von Glas liegt bei 94%, jene von PET bei 83% und die von Aluminiumdosen bei 92% [1]. In Zusammenarbeit mit Gemeinden, Schulen, Veranstaltern und anderen unterhalten die Mitglieder von Swiss Recycling ein dichtes Netz an Sammelstellen. Die hohen Verwertungsquoten belegen, dass diese Strategie der bestmöglichen Convenience funktioniert. Die Quoten liegen mindestens gleich hoch wie die Quoten der Pfandländer. Als Beispiel sei hier die aggregierte Recyclingquote einiger traditioneller Pfandländer angegeben:

Dänemark	90% [2]
Norwegen	92% [3]
Schweden	85% [3]

Deutschland wird in vielen Quellen eine sehr hohe Quote von 98% [2] genannt. Diese Quote wurde bisher Input-basiert berechnet, das heisst, alles was in einer Recyclinganlage angeliefert wurde, galt als recycelt, auch wenn Material dabei war, das zum Teil noch nicht sortiert war und durch den Anlagenbetreiber nicht stofflich verwertet werden konnte. Mitgezählt wurden also auch Störstoffe und Restflüssigkeiten, Fehlwürfe (z.B. Elektroschrott) oder Sortierreste, die im Nachhinein verbrannt werden mussten [4]. Die Deutsche Recyclingquote entsprach also der Schweizer Sammel- oder Sortierquote. In der Schweiz um-

fasst die Recycling- oder Verwertungsquote nur den Anteil der in Umlauf gebrachten Gebinde, der tatsächlich stofflich verwertet wird. Illustriert ist dieser Sachverhalt in Abb. 1.1.

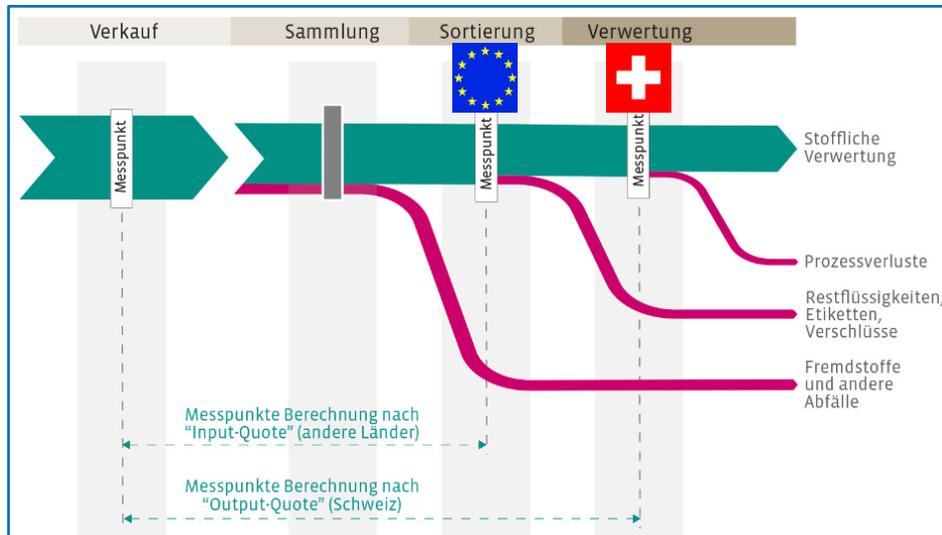


Abb. 1.1: Darstellung unterschiedlicher Messpunkte für die Bestimmung einer Recyclingquote. Die in der Schweiz kommunizierte Recycling- oder Verwertungsquote bezieht sich auf den Anteil der abgesetzten Menge, der tatsächlich stofflich verwertet wird (Output-Quote) [40].

Die Einführung eines Pflichtpfands hätte einen grossen Einfluss auf das gesamte Schweizer Recyclingsystem

RICHTIG

Obschon das Pflichtpfand hauptsächlich Getränkedosen und –flaschen betreffen würde, hätte es einen Einfluss auf das ganze Schweizer Recyclingsystem [5], [6]:

- Die Betreiber des Systems wären nicht mehr Branchenverbände und Vereine, sondern die Grossverteiler. Sie alleine wären für die Rücknahme aller Getränkeverpackungen zuständig – also auch der Dosen und Flaschen, die bisher bei den Gemeinden, Schulen, etc. zurückgegeben wurden. Liefere die Sammlung sämtlicher Getränkegebilde über die Grossverteiler, würde die Anzahl Flaschen und Dosen, die dort umgeschlagen wird, bei gleichbleibender Rücklaufquote auf fast 3 Mrd. ansteigen. Das entspricht dem 5-fachen der heutigen Menge im Handel. Gewichtsmässig würde die Menge von netto 16'700 Tonnen auf mind. 330'000 Tonnen ansteigen.
- Mit der Einführung eines Pflichtpfandsystems würde die Anzahl der Orte, wo Getränkegebilde zurückgegeben werden können, drastisch abnehmen. Die Gemeinden und Städte müssten ihre Sammeltätigkeit aufgeben. Heute werden sie dafür mit etwa 30 Millionen Franken entschädigt. Die Gemeinden sähen sich entsprechend mit nicht gedeckten Kosten bei der Sammlung nicht-bepfandbarer Restfraktionen (Nicht-Getränke-Gebilde wie z.B. Konfitüren Gläser, Senftuben, Alu-Schalen etc.) konfrontiert,

die nach dem Wegfall der Getränkegebinde übrigblieben und für die eine separate Sammellogistik beibehalten werden müsste. Daher trifft die Einführung eines Pfands nicht nur die direkt betroffenen Recycling-Systeme für PET, Alu und Glas, sondern tangiert auch diese anderen Sammelgüter mit nicht gedeckten Kosten und Mindermengen. Für diese Restfraktionen stiegen die Sammelkosten massiv an, da die erheblichen Fixkosten der Entsorgungslogistik auf sehr viel kleinere Mengen (18%) umgelegt werden müssten.

- Die Rücknahme der Pfandgebinde würde mehrheitlich über die Grossverteiler laufen. Anzunehmen ist, dass diese dann keine Kapazität mehr hätten für die bestehende und freiwillige PE-Flaschensammlung und diese aufgeben würden.

Durch ein Pflichtpfand würde die Anzahl Sammelstellen stark abnehmen

RICHTIG

Das Pfand wäre keine Ergänzung zum heutigen System, sondern würde es ersetzen. Heute stehen für die Rückgabe von PET, Alu und Glas über 100'000 Sammelstellen an Bahnhöfen, Schulen, Gemeinden und Büros zur Verfügung. Diese Sammelstellen basieren oft auf freiwilligem Engagement. Bei den PET-Flaschen und Alu-Dosen werden über 46% der Sammelmenge über freiwillige Systeme gesammelt. Freiwillig bedeutet in diesem Kontext, dass beispielsweise Büros, im Gegensatz zu Gemeinden, gemäss der Schweizer Umweltschutzgesetzgebung nicht verpflichtet sind, PET-Flaschen oder Metalle zu sammeln. Mit dem Pfand gäbe es in Zukunft nur Rückgabemöglichkeiten wo Rücknahmeautomaten aufgestellt wären, also bei den Verkaufsstellen im Lebensmittel-Detailhandel, bei den Kiosk-Verkaufsstellen und Tankstellenshops, sowie Food-Fachhändlern.

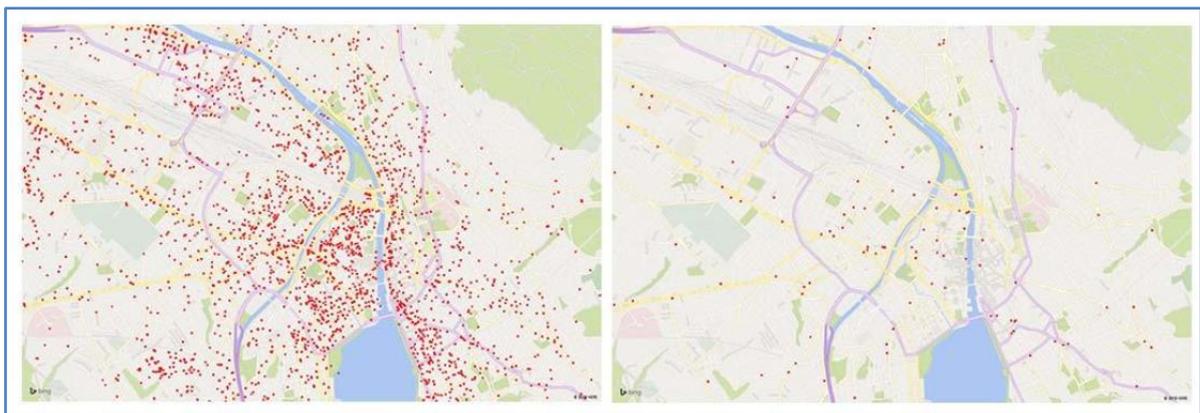
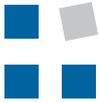


Abb. 1.2: Die roten Punkte stellen die Anzahl Sammelstellen im Raum Zürich dar. Heute (links) und nach der Einführung des Pflichtpfands (rechts).

Anstatt bisher 100'000 gäbe es voraussichtlich nur noch rund 7'000 Rückgabemöglichkeiten (Abb. 1.2). Diese wären natürlich nur während den üblichen Öffnungszeiten verfügbar [5]. Die Convenience würde für den Konsumenten aus den oben genannten Gründen deutlich sinken.



Die Qualität der gesammelten Getränkeverpackungen steigt durch ein Pflichtpfandsystem an

MÖGLICH

Zwar werden von einer Pfandstelle nur die gewünschten Gebinde akzeptiert, doch Erfahrungen aus Pfandländern zeigen, dass die Logistik und das Recyclingsystem hinter den Sammelpunkten nicht optimal funktionieren, so dass es zu Vermischungen der Fraktionen kommen kann [7]. Dass dieses Umfeld dem "bottle-to-bottle" Recycling nicht zuträglich ist, zeigt das Beispiel PET-Flaschen Recycling in Deutschland. Von der verwertbaren Menge gelangen in der Schweiz 66% in ein "bottle-to-bottle" Recycling, in Deutschland liegt der Anteil lediglich bei 33% (siehe auch Abb. 1.1).

In bestehenden Schweizer Recyclingsystemen wie z.B. dem PRS weist das Sammelgut durch Sensibilisierungskampagnen eine höhere Sammelqualität auf als z.B. im Pfandland Deutschland. Störstoffe werden im Schweizer PET-Recycling in einem optimierten Sortierprozess eliminiert. Auch nach der Einführung eines Pflichtpfandsystems wird die Sortierung der Sammelware aus dem oben genannten Grund weiterhin nötig sein [7].

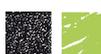
1.3.2 Einfluss auf Mehrweg-Gebinde

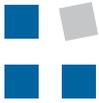
Ein Pflichtpfand fördert Mehrweg-Gebinde

MÖGLICH

Das Pfand ist zwar eine Voraussetzung für Mehrwegsysteme, aber hieraus folgt nicht zwingend, dass Pfand Mehrweg tatsächlich fördert. Die Schweiz sieht in der Verordnung über Getränkeverpackungen (VGV) vor, dass auf Mehrweggebinden ein Pfand zu erheben ist. Es ist folglich auch in der Schweiz möglich, Mehrwegsysteme mit Pfand einzuführen. Derzeit machen allerdings nur wenige Hersteller von dieser Option Gebrauch. Sie bieten ihre Getränke in Mehrweg-Glasflaschen an (hauptsächlich Mineralwasser, Erfrischungsgetränke, Obstwein und Bier). In allen untersuchten Ländern geht der Anteil an Mehrweggebinden zurück. Er betrug in der Schweiz im Jahr 2011 15.5% [9] und sank bis ins Jahr 2018 auf 12% [8]. Auch in Österreich (kein Pfandland), ging der Mehrweganteil deutlich zurück, wie eine aktuelle Studie dokumentiert [30]. Der Blick in die Pfandländer zeigt, dass auch dort, trotz der Einführung eines Pfands, der Mehrweg-Anteil zurückging, allerdings teilweise weniger drastisch. In Deutschland sank der Mehrweganteil im Zeitraum von 2011 bis 2018 von 70% auf 45% ab [2]. In Dänemark betrug der Rückgang von 2003 bis 2016 gar 79% (95% auf 16%) [2]. Ein ursächlicher Zusammenhang mit der Einführung der Pfandpflicht ist allerdings unwahrscheinlich – der Rückgang der Mehrweggebinde in Pfand- und Nichtpfandländern deutet vermutlich auf ein gesellschaftliches Phänomen hin – der Wunsch nach erhöhter Convenience.

Ein weiterer Grund für den Rückgang an Mehrwegsystemen in den Pfandländern liegt vermutlich bei den Betreibern des Sammelsystems, also bei den Grossverteilern. Um die Kosten der Retrologistik zu minimieren, bevorzugen die Grossverteiler anstatt schweres, voluminöses Mehrweg-Glas oder nicht komprimierbare PET-Mehrwegflaschen in Harassen, leichte





Verpackungen wie Einweg-PET-Flaschen oder Alu-Dosen. Dazu kommt, dass sich bei PET-Flaschen Mehrweg-Gebinde auch dort, wo sie angeboten werden, nicht sehr erfolgreich durchgesetzt haben und dass bei Alu-Dosen Mehrweggebinde technisch nicht möglich sind. Diese Aussage wird durch Zahlen aus Deutschland gestützt [7].

Zusammenfassend wird festgehalten, dass der Zusammenhang zwischen der Einführung eines Pfands und dem Mehrweg-Anteil unklar ist. Tendenziell wird sich aber vermutlich der Mehrweganteil nur erhöhen, wenn das Pfand zusammen mit einer Mehrwegpflicht auf Glas- und PET-Flaschen eingeführt wird.

Mehrwegsysteme aus dem Gastro-Bereich können nicht direkt auf den privaten Konsum übertragen werden

RICHTIG

Bepfandete Glas-Flaschen werden überwiegend im Gastrobereich verwendet. In dieser Sparte liegen geschlossene Logistikketten vor. Die Getränkehersteller beliefern Restaurants harassenweise, und holen zeitgleich das Leergut ab. Sie waschen und befüllen die Flaschen anschliessend wieder und liefern sie von Neuem aus. Die Rücklaufquote beträgt bei diesem in sich geschlossenen System zwischen 96 und 99% [10]. Dieses Modell aus dem Gastrobereich lässt sich durch die weitgefächerte Distribution und die vielfältigen Konsum-Situationen (zu Hause, unterwegs, Grill, Nachtessen mit Weinbegleitung etc.) nicht 1:1 auf den Privatbereich anwenden.

1.3.3 Einfluss auf das Littering

Ein Pfand verringert das Littering

MÖGLICH, aber nicht sehr relevant

Littering verursachte im Jahr 2010 in der Schweiz Kosten in der Höhe von 192 Mio. Franken. Gemäss dem BAFU entfallen davon 50.6 Mio. Franken auf Getränkeverpackungen [11]. Aus folgenden Gründen ist aber ungewiss, ob ein Pfand ein wirksames Mittel gegen Littering darstellt:

- Der Anteil an Getränkeverpackungen am gelitterten Abfall in den Gemeinden beträgt bezogen auf die Stückzahl 12-17%. Bezogen auf das Gewicht macht der Anteil dieser Fraktion 64-83% aus. In diese Kategorie fallen auch Gegenstände, die nicht bepfandbar sind z.B. Becher, Getränkekartons, PE-Flaschen sowie Verpackungen, die nicht mehr rückgabefähig sind z.B. Glasscherben. Die weiteren Prozentangaben beziehen sich auf die Stückzahl, da angenommen wird, dass die Stückzahl im Kontext des Litterings eine höhere Aussagekraft hat als das Gewicht³. Nach Abzug der nicht bepfandbaren Fraktion verbleiben rund 7% (bezogen auf die Stückzahl), die tatsächlich PET-

³ Eine einheitliche Definition, wie Litter quantifiziert werden soll, existiert bis dato noch nicht.

und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen umfassen. Auf 93% (bezogen auf die Stückzahl) der gelitterten Abfälle (Zigarettenstummel, Take-Away-Verpackungen, Zeitungen usw.) hat das Pfand also keinen Einfluss [11], [32].

- In Pfandländern wird nicht weniger gelittert als in der Schweiz. Dass Littering auch in der EU nach wie vor ein Problem darstellt, zeigen neue Anti-Litter-Richtlinien wie jene des Europäischen Parlaments, welche Mitte letzten Jahres verabschiedet wurden [12].
- Bei einem Pflichtpfand reduziert sich die Anzahl an Sammelstellen von heute 100'000 auf 7'000 [5]. Bei einem derart massiven Rückgang der Convenience ist es möglich, dass weniger gesammelt (oder in den Abfall geworfen) und mehr gelittert wird.
- In der Schweiz wird ein Grossteil des gelitterten Abfalls durch Stadt- und Strassenreinigungen und freiwilliges Engagement von der Bevölkerung entfernt (Clean Up Aktionen oder Raumpatenschaften) und einem Entsorgungskanal zugeführt [13].
- Gemäss Untersuchungen der IGSU⁴ und von Verhaltensökonominnen ist Pfand nur bei geschlossenen Veranstaltungen wie Konzerten ein wirksames Mittel gegen Littering. Für die Verminderung des Litterings im öffentlichen Raum werden hingegen hohe Bussen, eine konsumnahe Entsorgungsinfrastruktur, eine intensive Stadt- und Strassenreinigung sowie Kampagnen mit Rollenvorbildern, Raumpatenschaften (durch Schulklassen, Rentner...), Clean-Up Days, Medienpräsenz als Massnahmen vorgeschlagen [14].

Zitat IGSU⁵: *"Die Interessengemeinschaft für eine saubere Umwelt (IGSU) organisierte ein Expertenforum zur Littering-Problematik. Nationale sowie internationale Experten, Behördenvertreter und Politiker diskutierten Lösungsansätze. Besonders eingehend wurde über das Pfand gesprochen. Der Tenor war klar: Ein Pfand verhindert Littering nicht."*

1.3.4 Kosten

Die Kosten eines Pflichtpfandsystems sind viel höher als die heutigen Systemkosten

RICHTIG

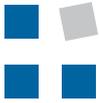
Die Kosten für das PET-System betragen heute rund 41 Mio. Franken [15], jene der Alusammlung 9 Mio. Franken [16], [17] und die der Glassammlung 30 Mio. Franken [18]. Pro Gebinde liegen die Kosten je Flasche aktuell bei 1.2 - 6 Rappen, im Durchschnitt bei etwa 2.5 Rp.

In den Pfandländern liegen diese Kosten mit 5 - 19 Eurocent je Gebinde [2] deutlich höher. Eine aktuelle Studie aus Österreich [31] rechnet bei der Einführung eines Pfands auf Getränkeverpackungen aus Kunststoff und Metall mit Kosten von 5 Eurocent⁶ pro Gebinde. Bei Glas

⁴ Interessengemeinschaft für eine saubere Umwelt

⁵ <https://www.igsu.ch/de/medien/pressemitteilungen/2013/260213---nationales-igsu-anti-littering-forum/>

⁶ Angegeben wird, dass ein Einweg-Pfand auf alle Getränkeverpackungen aus Kunststoff und Metall 117 Mio.



HSR

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

werden die Kosten deutlich höher liegen, da schwerer und nicht komprimierbar. Die hohen Kosten entstehen vor allem durch die zusätzliche Administration und Logistik, die durch ein Pflichtpfandsystem erforderlich wird. Hohe Zusatzkosten entstehen auch für die Grossverteiler. Die Ladenlokale befinden sich oft an teuren Standorten, z.B. in Innenstädten. Wird dort zusätzlicher Platz für eine Recyclinglogistik von Getränkegebinden gebraucht, verursacht das durch den Umsatzverlust Kosten, die vermutlich dem Konsumenten übertragen werden.

Die Kosten eines Pflichtpfandsystems liegen, je nach Fraktion und Ausgestaltung des Systems, rund zwei- bis viermal höher als die Kosten des heutigen Schweizer Recyclingsystems.

Euro kostet. Für die Berechnung je Gebinde wurde angenommen, dass in Österreich (8.8 Mio. Einwohner) gleich viel Gebinde anfallen wie in der Schweiz (8.6 Mio. Einwohner), also 1'600 Mio. PET Flaschen und 740 Mio. Alu-Dosen.



UMTEC

INSTITUT FÜR UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK

2 Material und Methoden

Der Kern des Projekts ist die Berechnung der Ökoeffizienz von möglichen Pflichtpfandsystemen. Der ökologische Nutzen und die Kosten wurden für zwei Pfand-Szenarien modelliert. Für die Modellierung standen folgende Daten zur Verfügung:

1. Angaben über die Gesamtheit der in der Schweiz konsumierten Getränke und deren Verpackungen aus der Getränke- und Getränkeverpackungsstatistik 2018 des SVUG, welche jährlich im Auftrag des BAFU erstellt wird [8]. Protokolliert ist, wie viele Hektoliter [hl] eines Getränks (Bier, Wein, Mineralwasser, Erfrischungsgetränk, Eistee etc.) in Mehrweg oder Einweg Gebinde verpackt werden. Zudem finden sich in der Statistik Daten zu den Verpackungsvarianten Glas, PET, Aluminium, Karton, Bag-in-Box, Stahl und Kunststoff. Hierbei wird angegeben, wie viele Tonnen einer Verpackung für welches Getränk (Bier, Wein, Mineralwasser, Erfrischungsgetränk, Eistee etc.) verwendet werden.
2. Ökobilanzen zum Umwelteinfluss einzelner Getränkegebilde [23], [27].
3. Massenströme, Kosten und Ökobilanzen zum Umweltnutzen der bestehenden Recyclingsysteme von Getränkeverpackungen [15], [16], [18], [24], [25], [26], [28].

Detaillierte Angaben zu den verwendeten Daten können dem Anhang entnommen werden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass verschiedene Bezugsgrößen in den Quelldokumenten (Angabe in Tonnen vs. Angabe in Litern, Bezug auf das Gebinde vs. Bezug auf den Inhalt, jährliche Schwankungen, Modellierungen auf Systemebene vs. Modellierungen auf Gebinde-Ebene) eine konsistente Modellierung erschwerten.

2.1 Ausgestaltung der Szenarien

2.1.1 Bestehendes Schweizer Recyclingsystem: Referenzszenario

Zur Erfassung des Status-Quo gehört die Beschreibung der Massenströme der Getränkeverpackungen PET-Flaschen, Alu-Dosen und Glas-Flaschen. Neben der Quantifizierung der Absatzmenge, der verwerteten Menge, der Recyclingquote und des Mehrweg-Anteils wurde recherchiert, wohin die Getränkeverpackungen geraten, die nicht durch das Recycling erfasst werden. Mögliche Wege sind: via Fehlwürfe in andere Separatsammlungen (z.B. Stahlblech und Mischkunststoffsammlungen), direkt in die KVA via Kehrriechtsack, indirekt in die KVA via Stadtreinigung oder als Litter in die Umwelt.

Punkto Littering wurde zwischen "primärem" und "finalelem" Littering unterschieden. "Primäres Littering" bezeichnen wir den Abfall, der (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) in die Umwelt gerät und "Finales Littering" ist der Abfall, der nach meliorativen Massnahmen, z.B. durch die Stadt- respektive Strassenreinigung oder durch Bürgeraktionen (Clean Up Days) noch in der Umwelt verbleibt. Die gelitterten Getränkeverpackungen wurden in Relation gesetzt zum sonstigen Litter. Darauf basierend wird beurteilt, ob das Pfand eine geeignete Massnahme ist, um dem Littering entgegen zu wirken.

2.1.2 Szenarien Pflichtpfandsysteme

Für die Ausgestaltung eines Pflichtpfandsystems sind verschiedene Varianten denkbar. Ein Pflichtpfand kann für Einweg-Gebinde eingeführt werden oder zusätzlich mit einer Mehrweg-Pflicht verbunden sein. Als Folge des Pflichtpfands kann die Recyclingrate sinken, steigen oder auf dem heutigen Stand verharren. Um diese Möglichkeiten abzudecken, wurden im Rahmen von "Retour" verschiedene Szenarien aufgestellt und verglichen, siehe Abb.2.1. Variiert wurde jeweils die Recyclingquote und der Mehrweg-Anteil.

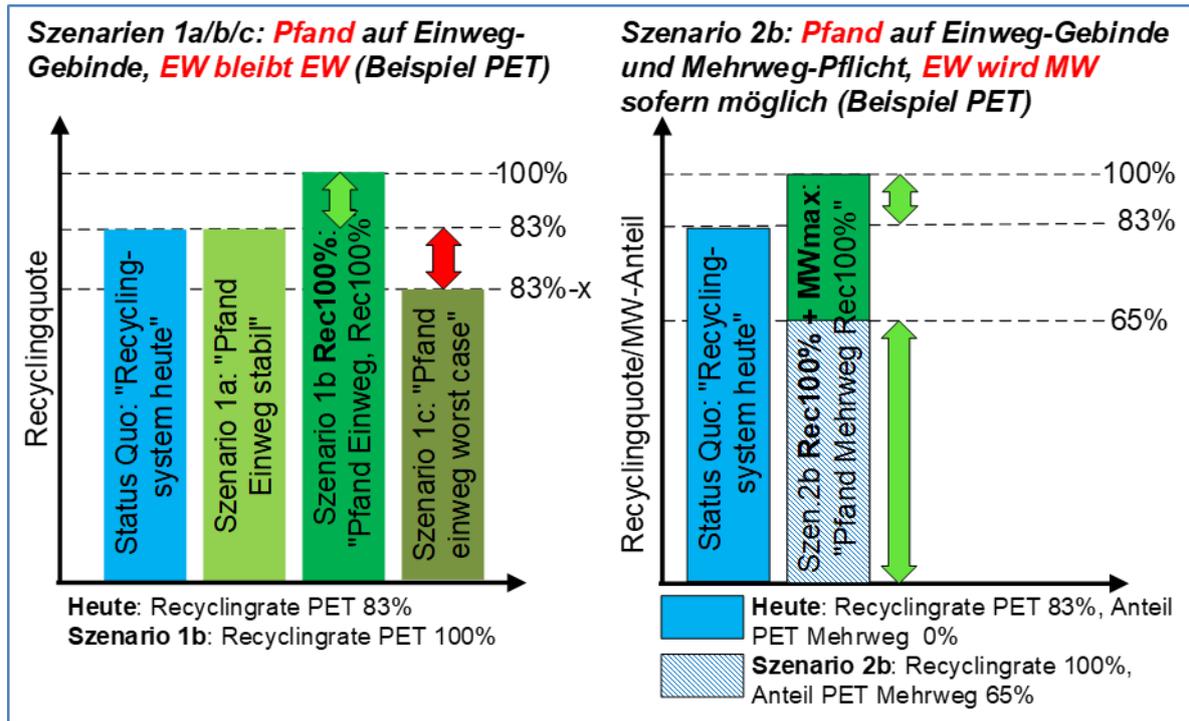


Abb. 2.1: Mögliche Szenarien für die Ausgestaltung eines Pflichtpfandsystems am Beispiel PET.

Tab. 2.1 bietet anhand des Beispiels PET eine Zusammenstellung der Variablen Mehrweg-Anteil, Recyclingrate und Kosten je Szenario.

Tab. 2.1: Eigenschaften der Szenarien am Beispiel PET-Recycling.

SZENARIO	MEHRWEG ANTEIL [%]	RECYCLINGRATE [%]	KOSTEN [CHF]
REFERENZ, STATUS QUO	0	83	0.02
1A	0	83	0.07
1B – REC100%	0	100	0.07
1C	0	<83	0.07
2B – REC100% + MW_{MAX}	65	100	0.07(EW) & 0.15(MW)

Für PET wird gemäss einem langjährigen Mittel eine Recyclingrate von 83% angenommen. Der Massenfluss in Abb. 4 wurde gemäss den vom BAFU kommunizierten Zahlen für das Jahr 2018 modelliert. Hier betrug die besagte Recyclingrate 82.3%.

Im Szenarien-Block 1 wird davon ausgegangen, dass der Mehrweg-Anteil durch die Einführung des Pflichtpfands nicht zunimmt und auf dem Status-Quo verharrt. Konkret heisst das, dass nur Glas-Mehrwegflaschen im Umlauf sind. PET-Getränkeflaschen sind nach wie vor nur als Einweg-Flaschen erhältlich und bei den Alu-Dosen ist ein Mehrweg-System grundsätzlich nicht umsetzbar.

Im Szenarien-Block 2 ist das Pflichtpfandsystem an eine Mehrwegpflicht gekoppelt. Sofern möglich, werden alle Glas- und PET-Flaschen in einem Mehrwegsystem geführt. Abb. 2.2 zeigt, dass dies nur für einen Teil der Gebinde möglich ist. Für Wein, als Getränk mit einem hohen Anspruch an das Erscheinungsbild der Flaschen, wie auch für importierte Getränke, kann eine Mehrweg-Pflicht nicht ohne weiteres durchgesetzt werden.

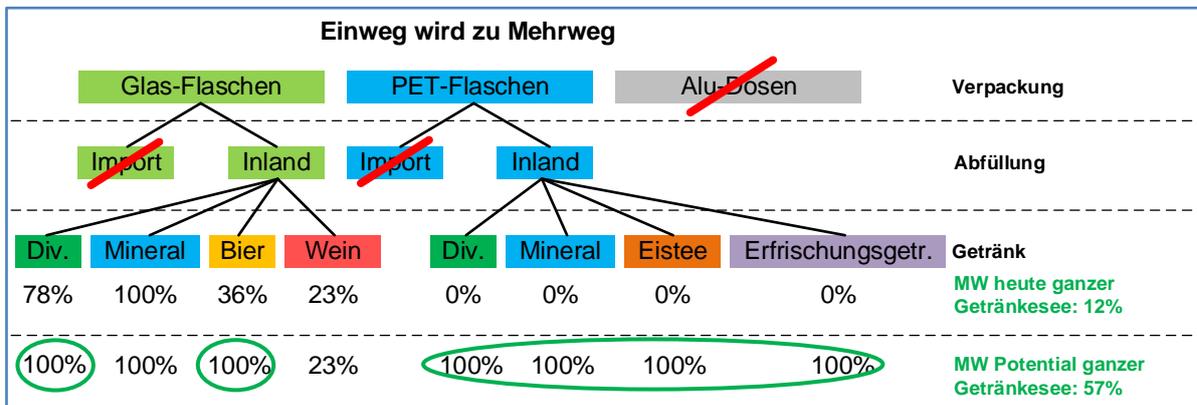


Abb. 2.2: Eine Mehrweg-Pflicht ist nicht für alle Gebinde umsetzbar. Alu-Dosen eignen sich grundsätzlich nicht für ein Mehrweg-System. Auch für importierte Getränke und bestimmte Getränketypen wie z.B. Wein (individuelle⁷ Flasche hat einen hohen Stellenwert) kann eine Mehrweg-Pflicht nicht durchgesetzt werden resp. kann der Mehrweg-Anteil nicht beliebig erhöht werden. Folglich wird für Wein angenommen, dass sich der Mehrweg-Anteil nicht erhöht und auf 23% verbleibt. Der bestehende Mehrweg-Anteil beim Wein bezieht sich auf ein Pfand auf Harassen aus dem Gastro-Bereich. Praktisch alles Mineralwasser, welches in Glas-Flaschen ausgeliefert wird, ist schon heute Mehrweg und ebenfalls Teil einer geschlossenen Lieferkette aus dem Gastro-Bereich.

Für Glas-Flaschen kann der Mehrweg-Anteil von heute 40% auf 56% gesteigert werden und für PET-Flaschen von heute 0% auf 65%. Über den ganzen Getränkesee hinweg betrachtet, kann der Mehrweg-Anteil von heute 12% auf 57% erhöht werden. Die Datenbasis hierfür ist

⁷ Auch bei Bier werden individuelle Flaschen eingesetzt. Die gelebte Praxis zeigt hingegen, dass viele Brauereien heute schon Bier in MW-Flaschen anbieten. In der vorliegenden Studie wurde daher angenommen, dass Bier in MW-Flaschen vertrieben werden kann.

die Getränke- und Getränkeverpackungsstatistik 2018 des SVUG [8].

Die Massenströme der Pflichtpfandsysteme wurden unter Berücksichtigung der Annahme modelliert, dass die Absatzmenge je Getränkeverpackung gleich hoch ist wie die der heutigen Systeme. Für die Szenarien 1b und 2b wurde die Recyclingrate auf 100% gesetzt. Dementsprechend ist die verwertete Menge gleich der Absatzmenge.

!!!WICHTIG!!!

Bei beiden Szenarien wurde eine Recyclingquote von 100% angenommen um den grösstmöglichen ökologischen Nutzen, den ein Pfandsystem bringen kann, zu modellieren. Es sei klargestellt, dass diese Szenarien theoretische Maxima sind, die in den vergleichbaren europäischen Pfandländern nicht erreicht werden. Eine Recyclingquote von 100% würde bedeuten, dass jedes einzelne Gebinde einem Recyclingsystem zugeführt wird und es darüber hinaus keine Fehlwürfe gibt. Auch mit hohen Pfandgebühren (CHF 10.-/Gebinde) ist dieser Idealzustand nicht erreichbar.

2.2 Umweltnutzen

Die Umweltwirkung möglicher Pflichtpfandsysteme wurde basierend auf bestehenden Ökobilanzen abgeschätzt [23], [24], [25], [26], [27], [28]. Für die Modellierung der Mehrweg-Systeme wurden die, in den genannten Studien, angenommenen Umlaufzyklen übernommen, z.B. 20 Zyklen für PET-Flaschen [27] und 25 Zyklen für Glas-Flaschen [23]. In diesen Studien wurde der Umweltnutzen von Recyclingsystemen für Getränkeverpackungen resp. die Umwelteinwirkung von Getränkegebinden konform zur ISO-Norm 14044:2006 durch eine Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) berechnet.

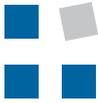
2.2.1 Bestehendes Schweizer Recyclingsystem: Referenzszenario

Der Umweltnutzen der bestehenden Schweizer Recyclingsysteme wie auch der Umwelteinfluss je Getränkeverpackung ist hinreichend bekannt. Im Rahmen von "Retour" wurde für die Modellierung des Referenzszenarios auf vorliegende Studien, vor allem Ökobilanzen von Carbotech, zurückgegriffen [23], [24], [25], [26].

2.2.2 Pflichtpfandsysteme: Szenarien 1b und 2b

Bei der folgenden Modellierung wurde angenommen, dass ein Pflichtpfandsystem (gegebenenfalls gekoppelt an eine Mehrweg-Pflicht) die variable Recyclingquote und den Mehrweg-Anteil beeinflusst. Entsprechend der verfügbaren Datengrundlage sind für die Erfassung der Umweltwirkung zwei Herangehensweisen erforderlich:

1. Zusätzlicher Umweltnutzen von Recyclingsystemen (Recycling statt KVA oder Deponie), wenn die Recyclingquote von den heutigen Werten (z.B. PET 83%) auf 100% steigt. Durch den Anstieg der Recyclingquote wird die ökologische Gutschrift für das Recycling grösser. Es wird von einer linearen Zunahme des Nutzens ausgegangen. Dieser Ansatz kommt bei den Szenarien 1b und 2b zum Tragen.

*Umweltnutzen Rec100% (PET)*

$$= \text{verwertete Menge (100\%)} * \text{Umweltnutzen pro Tonne} \\ - \text{verwertete Menge (83\%)} * \text{Umweltnutzen pro Tonne}$$

Wobei:

Umweltnutzen pro Tonne (PET)

$$= \text{Nutzen Recycling} - \text{Nutzen KVA resp. Deponie}$$

Die Berechnung erfolgt auf der Basis "Umweltnutzen pro Tonne Recyclingmaterial"⁸. Damit wird nicht berücksichtigt, dass der Aufwand für das Recycling überproportional steigt, wenn die Recyclingquote gegen 100% geht [38]. D.h. der Nutzen für das 100% Recycling wird mit dieser Berechnung tendenziell überschätzt.

Funktionelle Einheit Gesamtheit aller PET-, Glas- und Aluminium Getränkeverpackungen, um die in diesen Gebinden abgesetzten Getränke (Getränkesee) zu verpacken.

Systemgrenze Räumlich: Schweiz. Zeitlich: 1 Jahr.

Umweltnutzen hohe Quote Die Recyclingquote erhöht sich auf 100% und damit auch der Umweltnutzen der Recyclingsysteme (grössere Gut-schrift, weil nun alle Getränkeverpackungen stofflich und nicht mehr thermisch verwertet werden). Dieser Umweltnutzen ist in den Tabellen in Kapitel 3.2 zusammen-gestellt.

2. Zusätzlicher Umweltnutzen, wenn statt Einweg Mehrweg Gebinde zum Einsatz kommen (z.B. bei PET). Dieser Ansatz kommt bei Szenario 2b zum Tragen.

Umweltnutzen MWmax(PET)

$$= \text{Umweltschaden Nutzung EW} - \text{Flaschen}^9 \\ - \text{Umweltschaden Nutzung MW} - \text{Flaschen}$$

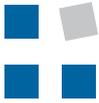
Die Berechnung erfolgt auf der Basis "Umweltschaden je Nutzung von Flaschen zwecks Verpackung einer gewissen Menge an Getränk". Werden statt Einweg Mehrweg-Gebinde verwendet, sinkt dieser Schaden, wodurch Netto ein Nutzen generiert wird. Dieser Nutzen wird für die Gesamtheit aller abgefüllten Getränke hochgerechnet.

Funktionelle Einheit Gesamtheit aller PET-, Glas- und Aluminium Getränkeverpackungen, um die in diesen Gebinden abgesetzten Getränke (Getränkesee) zu verpacken.

⁸Unter Recyclingmaterial wird das Rezyklat verstanden, also der Anteil der Absatzmenge, der tatsächlich stofflich verwertet wird (z.B. 83% bei PET-Getränkeflaschen, siehe auch Abb.1.1).

⁹ Der Einfachheit halber wird hier von Flaschen gesprochen. Präzise ausgedrückt handelt es sich um die Nutzung von Flaschen zwecks Verpackung einer gewissen Menge an Getränk.



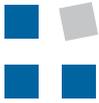


Systemgrenze	Räumlich: Schweiz. Zeitlich: 1 Jahr.
Umweltnutzen MW	Der Umweltschaden je Volumen in PET- resp. Glas-Flaschen verpacktes Getränk sinkt, weil der Mehrweg-Anteil maximal hoch ist. Dieser Umweltnutzen ist in den Tabellen in Kapitel 3.2 zusammengestellt.
Berechnungsschritte	<p>a. Ermitteln der Anzahl Flaschen.</p> <p>Einweg: Gesamtgewicht je Gebindetyp geteilt durch mittleres Gewicht je Gebinde (z.B. 74'771 Tonnen Einweg-Glas-Bierflaschen geteilt durch 0.26kg Flaschengewicht = Anzahl EW-Flaschen).</p> <p>Mehrweg: Über Liter an Getränk je Gebindetyp und das Fassungsvermögen je Gebinde (z.B. 128'314'313 Liter Bier in 0.5 Liter Mehrweg-Glas-Flaschen = Anzahl MW-Flaschen). Bei den Glas-Flaschen wird angenommen, dass alle Getränke ausser Bier in 0.75l¹⁰ Flaschen verkauft werden. Für Bier wird eine Flaschengrösse von 0.5l angenommen.</p> <p>b. Vergleich Mehrweg IST mit dem maximal möglichen Anteil an Mehrweg gemäss Abb. 2.2.</p> <p>c. Ermitteln des Umweltschadens je Nutzung eines Gebindes [23], [27] und berechnen des Umweltschadens eines Getränketyps über die in Schritt a und b ermittelte Anzahl Flaschen EW und MW Referenzszenario und das Szenario 2b.</p> <p>d. Berechnen des Umweltnutzens aus der Differenz Umweltschaden Referenzszenario und Szenario 2b je Getränketytp.</p> <p>e. Hochrechnung des Umweltnutzens je Gebindetyp auf das Gesamtsystem, d.h. alle Getränketypten.</p>

Weitere Angaben zu den Berechnungsschritten sind im Anhand zu finden. Für die Szenarien 1b und 2b kamen diese Ansätze 1 und 2 wie folgt zur Anwendung:

Szenario 1b: Zusätzlicher Umweltnutzen von Recyclingsystemen bei steigender Recyclingquote (Ansatz 1).

¹⁰ 0.75l ist eine in Deutschland übliche Grösse. Abgesehen von Wein in 0.75l Flaschen werden in der Schweiz auch 0.5, 0.58 und 1 Liter Flaschen eingesetzt. Die Modellierung wurde dennoch basierend auf 0.75 l Flaschen durchgeführt, weil diese Grösse einen Mittelwert zwischen 0.5l und 1l darstellt. Zudem wäre der Aufwand, jede Grösse abzubilden zu gross, zumal dies keinen wesentlichen Einfluss auf das Resultat hat.



Szenario 2b: Kombination aus beiden Ansätzen. Bei allen Getränken, bei denen gemäss Abb. 2.2 die Möglichkeit besteht, kommen statt Einweg Mehrweg Gebinde zum Einsatz (Ansatz 2). Für alle verbleibenden Einweg Gebinde, wird eine Recyclingquote von 100% angenommen (Ansatz 1).

Die Ausgestaltung der Szenarien wurde wie beschrieben gewählt, um den maximal möglichen Nutzen eines Pflichtpfandsystems abzubilden. Die 100% Recyclingrate sind ein theoretischer Wert, der auch bei hohen Pfandgebühren (CHF 10.-/Gebinde) nicht erreichbar wäre.

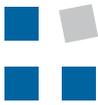
Ferner wurden folgende Annahmen getroffen:

- Der mögliche Mehrweganteil wurde gemäss den Überlegungen in Abb. 2.2. definiert.
- Durchschnittsgewichte¹¹ für die Bestimmung der Anzahl Mehrweg-Flaschen:
 - Glas: 0.5l -> 260g [23], 0.75l -> 575g [23]
 - PET: 1l -> EW 30g [23] und MW 112¹²g
- Durchschnittsvolumina für die Bestimmung der Anzahl Mehrweg-Flaschen:
 - Glas: Bier -> 0.5l, übrige Getränke -> 0.75l
 - PET: 1l für alle Getränke (Mittelwert von 0.5l und 1.5l)
- Anzahl Umläufe bei Mehrweggebinden wurde von den verwendeten Ökobilanzstudien übernommen.
- Es wurde angenommen, dass es durch das Pflichtpfandsystem nicht zu einer Verschiebung zwischen den Gebindetypen kommt, d.h. Getränke, die bislang in z.B. PET-Flaschen abgefüllt wurden, werden auch weiterhin in PET-Flaschen abgefüllt.
- Effekte auf andere Verpackungen wie z.B. Schalen, Tuben oder Gurkengläser, welche nicht zu den Getränkegebinden gehören, wurden nicht berücksichtigt.
- Einige Aspekte, wie z.B. Veränderungen in der Retrologistik wurden nicht berücksichtigt. Bei einem Pflichtpfandsystem reduziert sich voraussichtlich die Retrologistik, da jene der Grossverteiler genutzt werden kann und kein feinmaschiges Netz unterhalten werden muss. Dieser Effekt ist jedoch nicht sehr relevant. Vom PET-Recyclingsystem weiss man, dass die Transporte von den Sammelstellen zu den Sortierzentren rund 12% zu den Umweltauswirkungen des PET-Recyclingsystems beitragen (34). Möglicherweise ergibt sich dafür ein Mehrtransport durch den Konsumenten, jedoch liegen dazu keine Untersuchungen vor. Diese Effekte wurden bei der folgenden Modellierung vernachlässigt.

¹¹ Vorschlag Fredy Dinkel: Glas 0.5l -> 370g, Glas 0.75l 460g und PET 1l EW -> 34g, PET 1l MW -> 83g

¹² <https://de.wikipedia.org/wiki/PET-Flasche>: Eine 1.5 Liter MW PET Flasche wiegt 112g -> Annahme 1l ist gleich schwer.





2.3 Kosten

2.3.1 Bestehendes Schweizer Recyclingsystem: Referenzszenario

Die Kosten des status quo, also der aktuellen Separatsammlungen, sind bekannt und finden sich in den Geschäftsberichten der Recyclingorganisationen [15], [16], [18].

2.3.2 Pflichtpfandsysteme

Da nicht auf aktuelle Schweizer Kostendaten zurückgegriffen werden konnte, ist die finanzielle Bewertung eines hypothetischen Pflichtpfandsystems spekulativ. Für die Abschätzung der Kosten wurde auf Daten aus vergleichbaren Ländern, die Pflichtpfandsysteme betreiben (z.B. Norwegen, Schweden, Dänemark), zurückgegriffen und auf Schweizer Verhältnisse übertragen. Die Kostenschätzung bezieht sich im Wesentlichen auf die Kosten für das Pflichtpfandsystem im Normalzustand. Die Kosten für die Umstellung des Systems, d.h. Investments und Kollateralkosten der Aufgabe der bestehenden Sammelsysteme werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind mögliche Auswirkungen des Pflichtpfandsystems auf nicht-bepfandbare Restfraktionen wie "Nicht-Getränkeverpackungen" aus Aluminium (Tuben, Schalen etc.) und Glas (Konfitürengläser, etc.). Bei der Einführung eines Pflichtpfandsystems müsste für diese Verpackungen eine separate Sammellogistik aufgebaut werden, was bei den relativ geringen Mengen an Recyclingmaterial teuer werden würde.

Bei den Szenarien 1b und 2b wird von einer Recyclingrate von 100% ausgegangen. Bei 100% Recyclingrate werden keine Glas- und PET-Flaschen und keine Alu-Dosen mehr gelittert. Die "pro rata"-Reinigungskosten für primäres Littering von Getränkeverpackungen werden der BAFU-Studie "Littering kostet" aus dem Jahr 2011 [11] entnommen und bei den folgenden Betrachtungen von den Kosten der Pflichtpfandsysteme abgezogen.

All diese Annahmen führen dazu, dass die getätigte Kostenschätzung konservativ ausfällt und einem best-case Szenario entspricht.

2.4 Berechnung der Ökoeffizienz und der Ökoeffektivität

2.4.1 Ökoeffizienz

Effizienz wird grundsätzlich folgendermassen beschrieben: „Doing more with less“. Die ökologische Effizienz (Ökoeffizienz) beschreibt das generelle Ziel, einen möglichst hohen Umweltnutzen mit möglichst wenig Aufwand zu generieren. Die in diesem Kapitel beschriebene Modellierung der Ökoeffizienz beruht auf dem SEBI-Konzept, welches Umweltmassnahmen hinsichtlich ihrer Kosten/Nutzen-Effizienz beurteilt und vergleicht.

Die Ökoeffizienz und der SEBI sind wie folgt definiert:

$$\text{Ökologische Effizienz} = \frac{\text{Umweltnutzen}}{\text{Kosten}}$$

$$\begin{aligned}
 SEBI &= \frac{\text{Nutzen gegenüber Referenzszenario}}{\text{Kosten gegenüber Referenzszenario}} = \frac{\text{vermiedene Umweltauswirkung}}{\text{zusätzliche Kosten}} \\
 &= \frac{UBP_{\text{Referenzszenario}} - UB_{\text{Alternativszenario}}}{\text{Kosten}_{\text{Alternativszenario}} - \text{Kosten}_{\text{Referenzszenario}}} \left[\frac{\text{vermiedene UB}_{\text{P}}}{\text{CHF}} \right]
 \end{aligned}$$

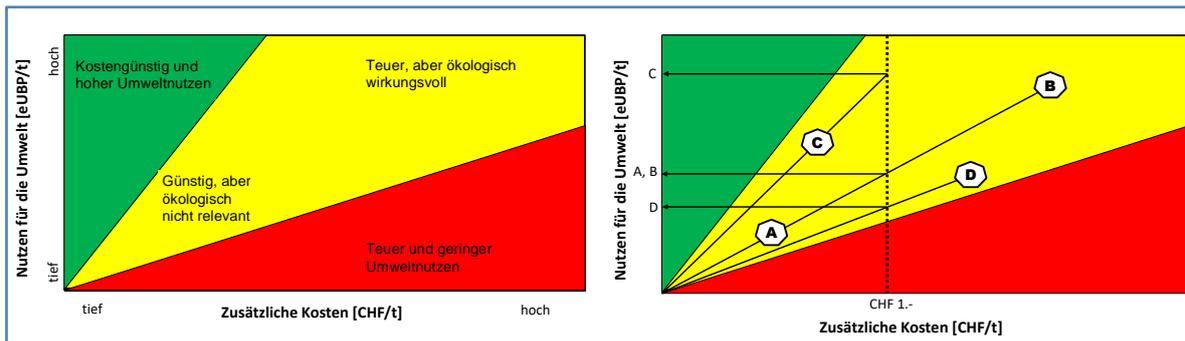
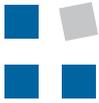


Abb. 2.3: (links) Massnahmen die kostengünstig sind und einen hohen Nutzen aufweisen, werden oft diskussionslos durchgeführt, solche, die teuer sind und einen geringen Nutzen bringen, werden meist nicht umgesetzt. Dazwischen bleibt das Spannungsfeld: von „günstig aber ökologisch nicht relevant“ bis „teuer aber ökologisch wirkungsvoll“. (rechts) Spezifischer Ökonutzenindikator SEBI der Massnahmen A...D in „vermiedene Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich ausgegebenem Franken (vUBP/CHF). Punkto Ökoeffizienz ergibt sich folgende Rangfolge: $C > A = B > D$.

In Abb. 2.3 wird die Kosten/Nutzen-Effizienz der vier Umweltmassnahmen A, B, C, D verglichen. Diese wurden in Hinsicht auf den ökologischen Nutzen und die Kosten individuell bewertet und als Punkte in die Abbildung eingetragen. Um die Kosten/Nutzen-Effizienz darzustellen, werden die Punkte mit Geraden aus dem Nullpunkt verbunden und auf diesen Geraden der Schnittpunkt mit den Kosten von 1 CHF bestimmt. Die je Massnahme gegenüber dem Referenzszenario eingesparten Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich aufgewandtem Schweizer Franken werden auf der y-Achse abgelesen. Offenbar ist die Massnahme C am effizientesten, denn sie bringt den höchsten Umweltnutzen je aufgewandtem Schweizer Franken. Verglichen werden also mögliche Umweltmassnahme wie z.B. ein Pflichtpfandsystem mit dem Status Quo, also einem Referenzszenario z.B. dem heutigen Recyclingsystem für Getränkeverpackungen.

Im vorliegenden Projekt wurden den Ökobilanzen der erwähnten Szenarien die Kosten gegenübergestellt. Darauf basierend wurde der SEBI berechnet. Der so berechnete SEBI wurde den bereits bekannten SEBIs von Umweltmassnahmen im Recycling gegenübergestellt. Anschliessend wurde eine Bewertung vorgenommen, ob die Umstellung auf ein Pflichtpfandsystem einen ökologischen Zusatznutzen bringt und dieser mit vertretbaren Kosten verbunden ist. Wie hoch der SEBI sein muss, damit eine Umweltmassnahme umgesetzt wird, obliegt



der politischen Diskussion, es gibt dafür keinen wissenschaftlichen Grenzwert. In der Umweltbranche herrscht weitgehend Konsens, dass ein SEBI von weniger als 1'000 vUBP/CHF für staatlich unterstützte Massnahmen zu tief ist. Die von verschiedener Seite vorgeschlagene Separatsammlung von Kunststoffen wie PE-Flaschen oder Folien weist einen mittleren SEBI von 1'100 vUBP/CHF auf und wurde vom Bundesamt für Umwelt nicht unterstützt [39]. Die PET-Getränkeflaschensammlung mit einem SEBI von 3'500 vUBP/CHF gilt hingegen als sinnvoll. Entsprechend dieser Bandbreite gilt als Schwelle für die Einführung einer neuen Umweltmassnahme in der Branche ein SEBI von mehr als ca. 2'500 vUBP/CHF.

Für die Szenarien werden in einer ersten Phase die Massenströme erfasst und basierend darauf der ökologische Nutzen, die Kosten sowie der SEBI ermittelt.

2.4.2 Ökoeffektivität

Während sich der SEBI auf den Umweltnutzen je ausgegebenem Franken bezieht, zeigt die Ökoeffektivität den Gesamtnutzen des Pflichtpfandsystems an. Dazu wird der Umweltnutzen je Tonne rezyklierte Getränkeverpackung mit der Anzahl jährlich anfallender Tonnen an Getränkeverpackungen multipliziert und in Vergleich mit anderen Recyclingsystemen gestellt.

3 Resultate

3.1 Stoffflüsse von Getränkeverpackungen im Schweizer Recyclingsystem

Anhand der verfügbaren Literatur und Befragungen von Branchenvertretern wurden die Stoffflüsse von PET-Flaschen nach deren Gebrauchsphase rekonstruiert. Der aus folgenden Quellen resultierenden Stoffflüsse sind in Abb. 3.1. abgebildet.

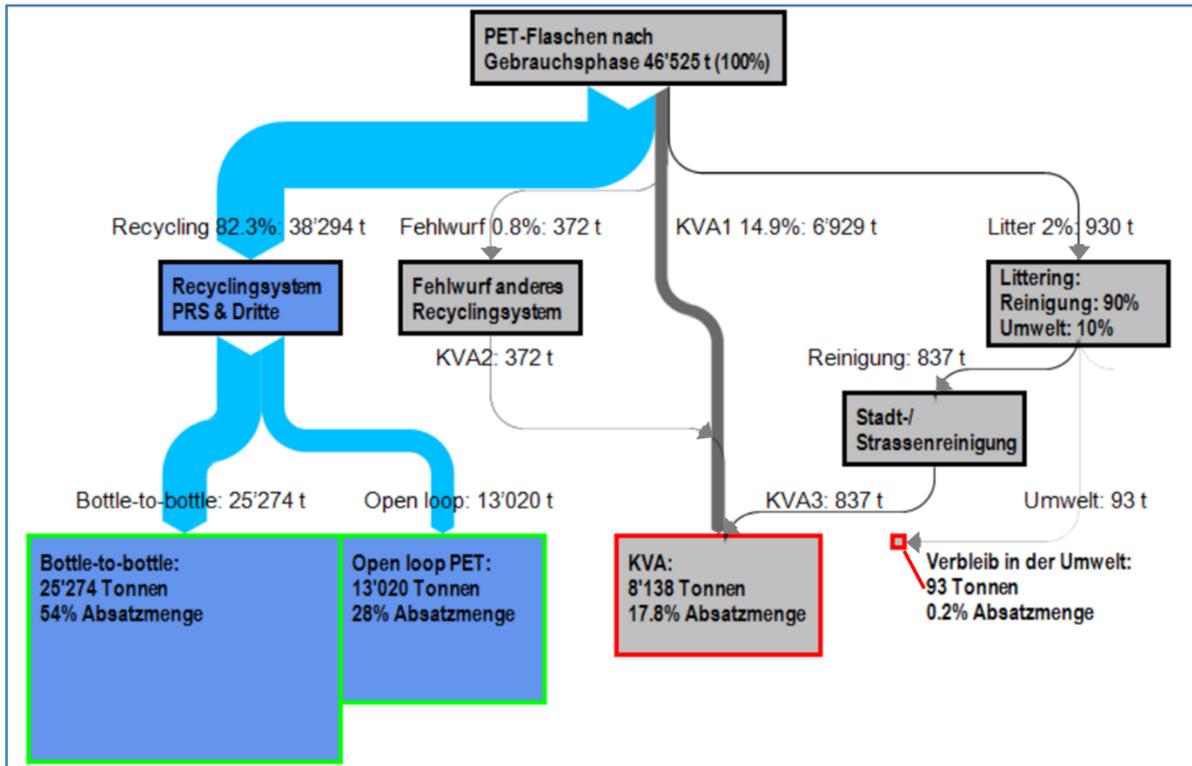


Abb. 3.1: Stofffluss von PET-Flaschen in der Schweiz nach deren Gebrauchsphase. Die Werte für den Recyclingstrom (blau) beinhalten die Kanäle von PRS und Dritten und beziehen sich auf Angaben des BAFU, 2018. Quellen der übrigen Zahlen: Stofffluss von PET-Flaschen nach deren Gebrauchsphase [7], [15], [19], [20], [21], [22], [41].

Die Absatzmenge von 46'525 t, der Anteil, der in ein PET-Recyclingsystem gelangt sowie die Verteilung zwischen "PET bottle-to-bottle Recycling" und "PET open loop-Recycling" kann dem Geschäftsbericht [15] von PRS entnommen werden. Diese Daten wurden in einem Gespräch mit J.C. Würmli [7] bestätigt. Das Thema Fehlwürfe wurde in einem kürzlich erschienenen Bericht des Bundesrats untersucht [19]. Daten zum Anteil an PET-Flaschen, welche in der KVA enden, sind in der Kehrtrichtsackanalyse des BAFU [22] zu finden. Der Prozentsatz an Flaschen, die gelittert werden, wurde basierend auf dem Paper von Kaweck et al. [20] berechnet und von J.C. Würmli bestätigt. Zur Effizienz der Stadt- und Strassenreinigung finden sich Angaben in der Studie von Boucher et al. [21] und Stocker [41]. Angenommen wird in der zitierten Studie eine Clean-Up-Effizienz von 90% über sämtliche Arten von Litter. Dieser

Anteil wurde auch für die vorliegende Modellierung übernommen, obschon die Effizienz der Stadt- und Strassenreinigung wohl für die gut sichtbaren und ziemlich grossen Getränkeverpackungen deutlich höher liegen dürfte.

Für die Modellierung der Stoffflüsse von Alu-Dosen und Glas-Flaschen sind weniger gute Datenquellen vorhanden. Für die Ausgangsmenge beider Systeme und den jeweiligen Anteil, der in die vorgesehenen Recyclingsysteme fliesst, wurden die Geschäftsberichte von IGORA [16] und VetroSuisse [18] konsultiert. Der verbleibende Anteil, bei Alu 8% und bei Glas 6% wurde analog zum Split des PET-Systems (4.7% der Restmenge entfällt auf die Fehlwürfe, 83.5% auf die KVA und 11.8% auf das Littering) auf die verbleibenden Kanäle "Fehlwurf", "KVA" oder "Littering" verteilt. Basierend auf diesen Annahmen ergeben sich die Stoffflüsse in Abb. 3.2 und 3.3.

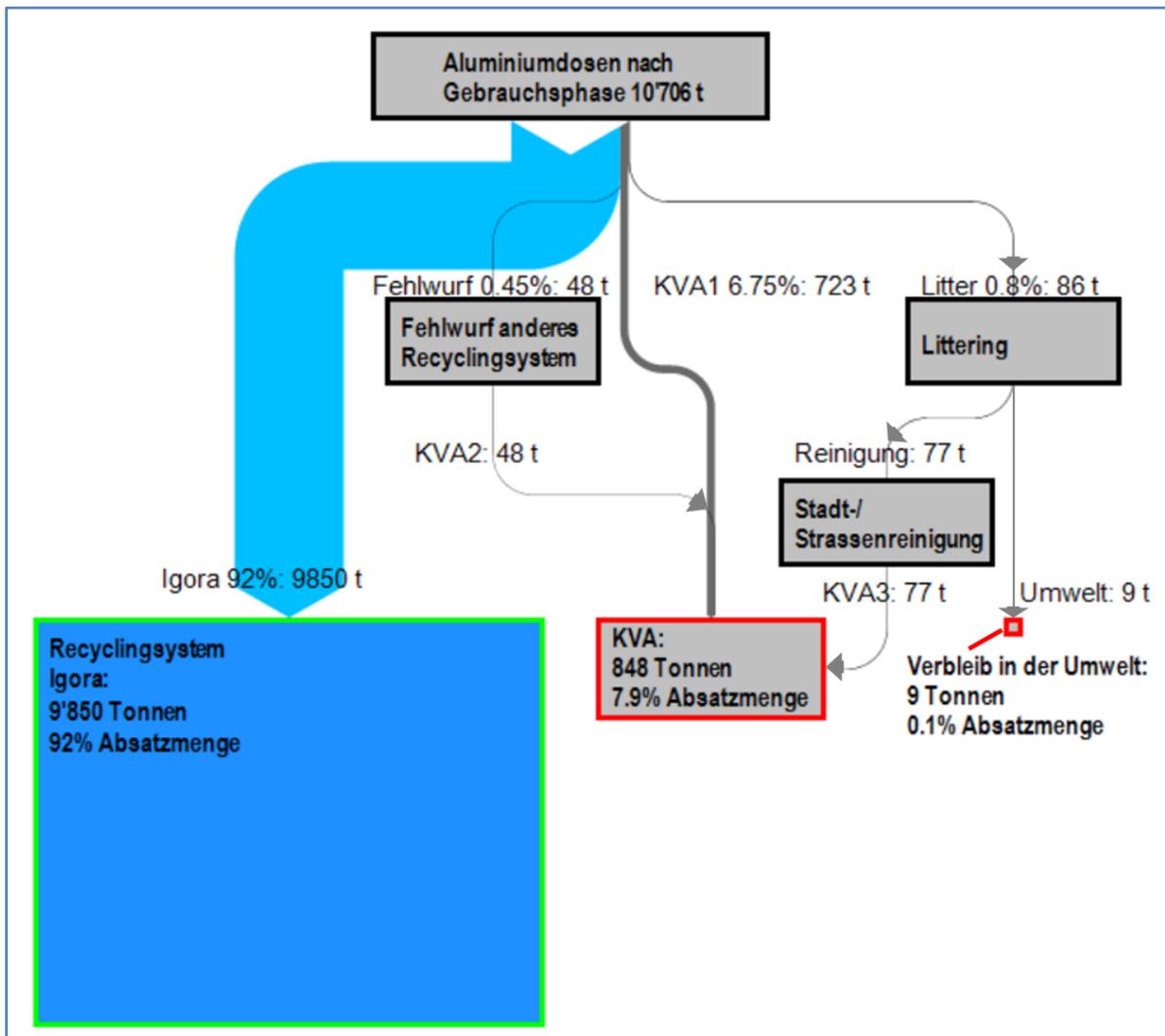


Abb. 3.2: Stofffluss von Alu-Dosen nach deren Gebrauchsphase (2017).

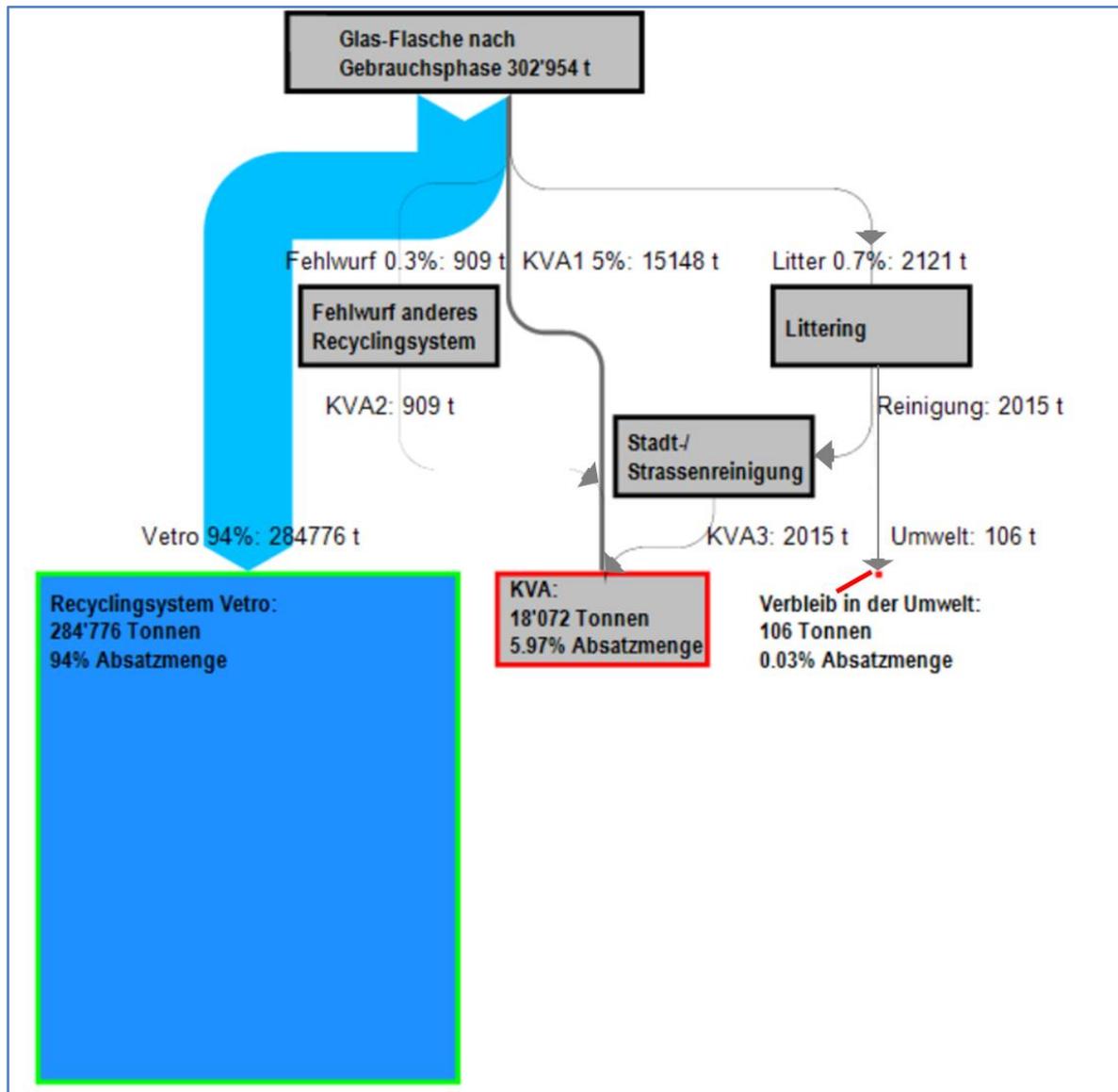


Abb. 3.3: Stofffluss von Glas-Flaschen nach deren Nutzungsphase (2017).

Wie in den obenstehenden Stoffflussdiagrammen dargestellt ist, verbleiben einige Tonnen an Getränkeverpackungen trotz der Stadt- und Strassenreinigung in der Umwelt. Ursprung dieser Getränkeverpackungen ist Littering. Wie eine Studie von Verhaltensökonomern zeigt [14], ist die Einführung eines Pflichtpfands jedoch keine wirksame Massnahme gegen Littering. Eine Intensivierung der Stadt- und Strassenreinigung ist erfolgsversprechender. Neben den PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen, welche gemessen an der Stückzahl nur 7% des Litters ausmachen, lässt sich durch diese Massnahme auch gleich der übrige Litter entfernen. Ergänzend dazu, kann immissionsseitig in die Prävention und Sensibilisierung investiert werden, z.B. durch Clean-Up Days.

3.2 Umweltnutzen

3.2.1 Berücksichtigte Szenarien

Gemäss der SEBI-Methodik kann nur für Massnahmen, welche gegenüber dem Referenzszenario einen Umweltnutzen und zusätzliche Kosten aufweisen, eine Ökoeffizienz berechnet werden. Alle übrigen Massnahmen werden sowieso umgesetzt (günstiger und umweltverträglicher als der Status-Quo) oder sind unsinnig (teurer und umweltschädlicher). Werden die beschriebenen Szenarien dem so genannten "SEBI-Check" unterzogen, stellt sich heraus, dass nur die Szenarien 1b und 2b das eingangs beschriebene Kriterium erfüllen (Abb. 3.4). Die übrigen Szenarien weisen einen gleich hohen oder tieferen Umweltnutzen auf als das bestehende Recyclingsystem und haben gleichzeitig Mehrkosten zur Folge.

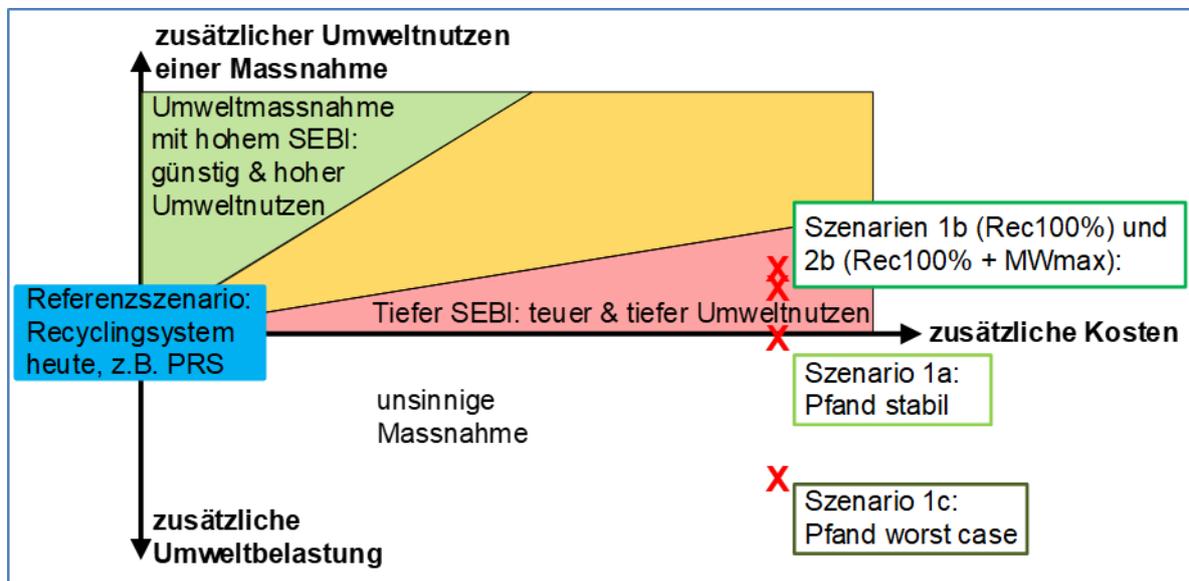
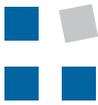


Abb. 3.4: Der "specific eco benefit indicator" SEBI gibt an, wie viel „vermeidene Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich ausgegebenem Franken (vUBP/CHF) eine Umweltmassnahme bringt. Massnahmen die billig sind und einen hohen Nutzen haben werden diskussionslos durchgeführt (hoher SEBI, grünes Feld), solche die teuer sind und geringen Nutzen bringen werden nicht umgesetzt (tiefer SEBI, rotes Feld).

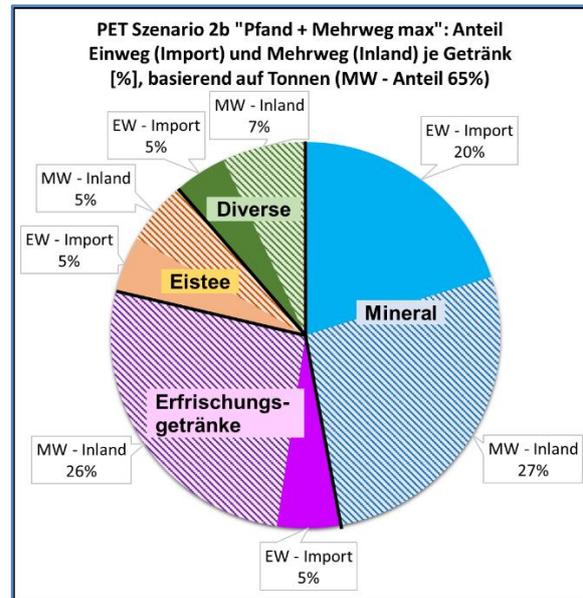
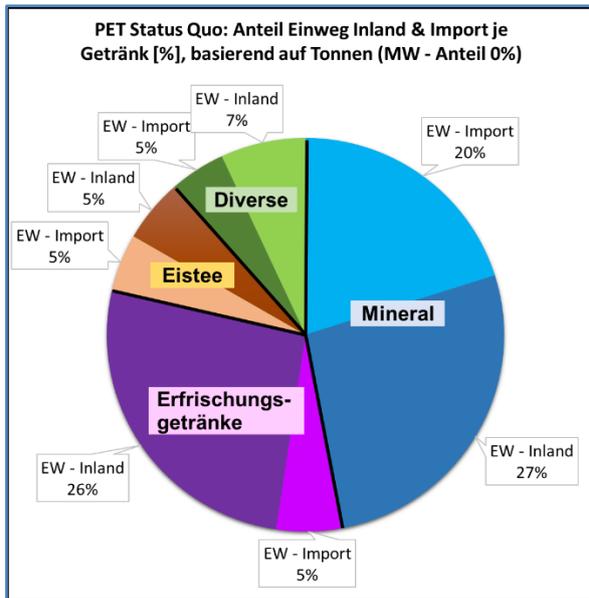
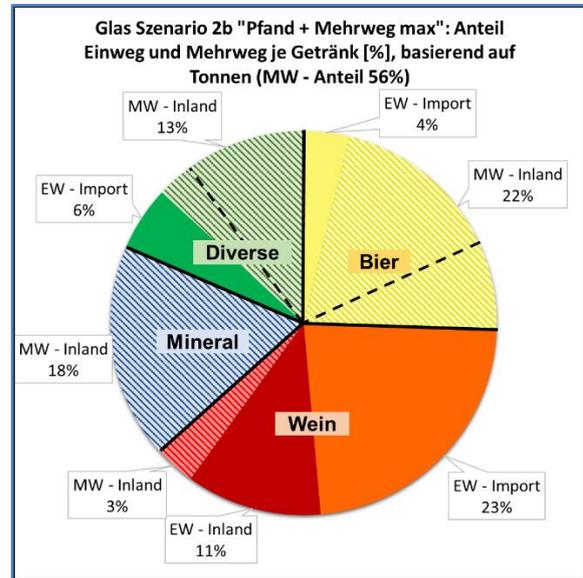
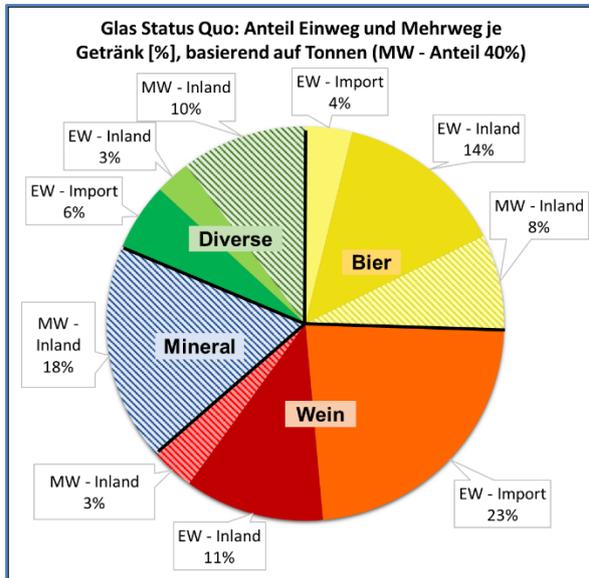
Ferner wurden für die Modellierung des Umweltnutzen nur die beiden Szenarien 1b und 2b berücksichtigt:

- **Szenario 1b-Rec100%:** Recyclingquote 100%
- **Szenario 2b-Rec100%+MWmax:** Maximaler Anteil Mehrweg & Recyclingquote 100%

Gemäss der beschriebenen Methodik wurde für die Berechnung des maximalen Umweltnutzen von Szenario 2b angenommen, dass die Recyclingrate sämtlicher Getränkeverpackungen



auf 100% steigt und der Mehrweg-Anteil maximal hoch ist. Auf den nachfolgenden Abbildungen ist ersichtlich, welcher Mehrweg-Anteil für Glas und PET maximal möglich ist. Für Alu-Dosen ist ein Mehrwegsystem aus praktischen Gründen nicht umsetzbar.



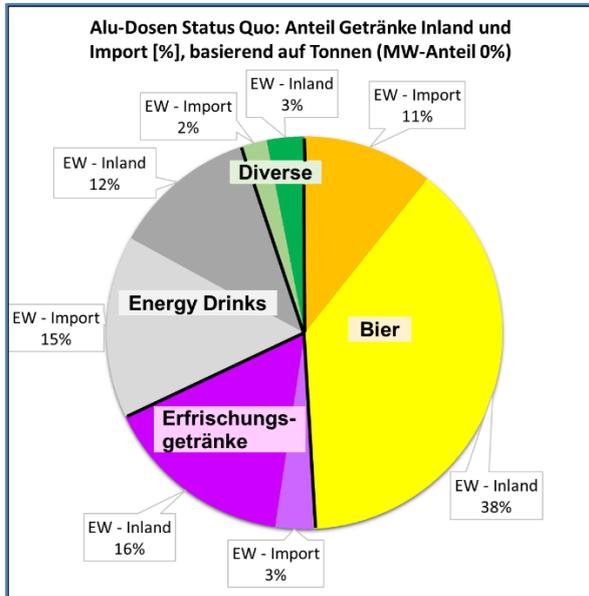


Abb. 3.5: Anteil an Mehrweg-Flaschen (oben Glas, unten PET) heute und nach der Einführung einer Mehrweg-Pflicht.

In Tabelle 3.1 ist zusammengetragen, wie sich die verschiedenen Szenarien bezüglich ihrer Recyclingrate und ihrem Mehrweg-Anteil charakterisieren. Der Mehrweg – Anteil entspricht den in Abb. 3.5. angegebenen Werten.

Tab. 3.1: Recyclingrate [15], [16], [18] und Mehrweg-Anteil [8] der Recyclingsysteme für PET, Glas und Alu. Aufgeführt sind die Werte für den Status Quo und das Szenario 1b sowie das Szenario 2b.

SZENARIO	RECYCLING-RATE [%]	MEHRWEG-ANTEIL [%]
PET STATUS QUO	83	0
PET 1B – REC100%	100	0
PET 2B – REC100% + MW _{MAX}	100	65
GLAS STATUS QUO	94	40
GLAS 1B – REC100%	100	40
GLAS 2B – REC100% + MW _{MAX}	100	56
ALU STATUS QUO	92	0
ALU 1B – REC100%	100	0
ALU 2B REC100% + MW _{MAX}	k.A.	k.A.

Der Umweltnutzen des heutigen Recyclingsystems für Getränkeverpackungen und der zusätzliche Umweltnutzen, den die beiden Pfand-Szenarien bringen, sind in den folgenden Abschnitten zusammengestellt. Beim Status Quo ist das Referenzszenario die Verwertung in der KVA oder bei Glas die Deponie, bei den Szenarien 1b und 2b ist das Referenzszenario das

heutige Recyclingsystem.

3.2.2 Umweltnutzen durch Erhöhung der Recyclingquote: Szenario 1b

Der Umweltnutzen der heutigen Recyclingsysteme ist in Tab. 3.2 zusammengestellt, jener des Pflichtpfandsystems in Tab. 3.3.

Tab. 3.2: *Umweltnutzen der Recyclingsysteme heute (**Delta Recyclingsystem heute vs. KVA (PET und Alu) resp. Deponie (Glas)**). Bezugsgrösse: Vermiedene Umweltbelastungspunkte pro Tonne (1. Spalte) und ganzes System pro Jahr (4. Spalte), [24], [28]. Der Systemnutzen basiert auf der verwerteten Menge an Recyclinggut für das Jahr 2017 (2. Spalte) [1].*

	UMWELTNUTZEN [vUBP/t]	VERWERTETE MENGE [t]	RECYCLING-RATE [%]	UMWELTNUTZEN [vUBP/a]
PET HEUTE VS. KVA [28]	1'740'000	37'451	83	65 Mia
ALU HEUTE VS. KVA [28]	9'400'000	9'805	92	92 Mia
GLAS VS. DEPONIE [24]	500'000	285'063	94	143 Mia

Tab. 3.3: *Umweltnutzen Pflichtpfandsystem Szenario 1b: Rec100% (**Delta Pflichtpfandsystem vs. Recyclingsystem heute**). Referenzszenario ist das Recyclingsystem heute. Bezugsgrösse: ganzes System pro Jahr.*

	VERWERTETE MENGE [t]	RECYCLING-RATE [%]	UMWELTNUTZEN [vUBP/a]
PET 1B VS. PET HEUTE	45'340	100	14 Mia
ALU 1B VS. ALU HEUTE	10'706	100	8.5 Mia
GLAS 1B VS. GLAS HEUTE	302'954	100	9 Mia

3.2.3 Umweltnutzen durch Erhöhung der Mehrwegquote: Szenario 2b

Die Nutzung von Mehrweg-Gebinden weisen in der Regel einen tieferen Umweltschaden je Menge verpackte Getränke aus als Einweg-Gebinde. Wie im Diagramm in Abbildung 3.6 aufgezeigt ist, löst die Mehrweg-PET-Flasche rund halb so viel Umweltbelastungspunkte aus wie die Einweg-PET-Flasche [27]. Bei Mehrweg-Glas-Flaschen wird gut drei Viertel der Umweltbelastung eingespart [23].

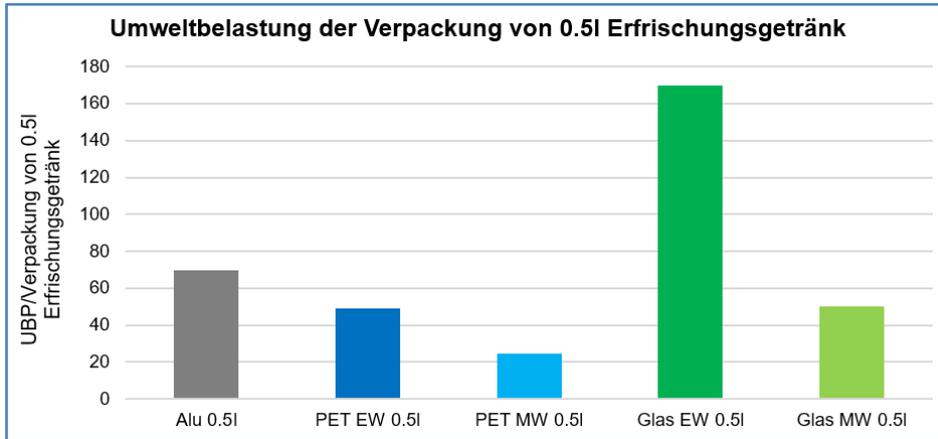


Abb. 3.6: Umweltbelastung, die durch verschiedene Getränkeverpackungen ausgelöst wird [23], [27].

Der Umweltnutzen von Szenario 2b ist in Tab. 3.4. dargestellt.

Tab. 3.4: **Umweltnutzen Pflichtpfandsystem Szenario 2b: Rec100%+MWmax (Delta Pflichtpfandsystem vs. Recyclingsystem heute).** Referenzszenario ist das Recyclingsystem heute. Bezugsgrösse: ganzes System pro Jahr.

	RECYCLING-RATE [%]	MEHRWEG-ANTEIL [%]	UMWELTNUTZEN vUBP/a
PET 2B VS. PET HEUTE	100	65	39 Mia
GLAS 2B VS. GLAS HEUTE	100	56	21 Mia

In Anbetracht der Abbildung 3.6. mag es erstaunen, dass der Umweltnutzen bei der Umstellung auf Mehrweg bei PET 39 Mia vUBP pro Jahr ist und bei Glas nur 21 Mia. Dies liegt daran, dass die MW-Rate von PET beim Status Quo null ist und bei Glas schon 40% beträgt. Das Potential ist folglich bei PET deutlich grösser.

3.2.4 Veranschaulichung des Umweltnutzens

Der Umweltnutzen (ausgedrückt in vermiedenen Umweltbelastungspunkten) möglicher Pflichtpfandsysteme pro Person und Jahr ist in Tab. 3.5 dargestellt. Zwecks Illustration der vermiedenen Umweltbelastungspunkte vUBP wird der Umweltnutzen anhand von zwei Beispielen dargestellt:

1. Verzicht auf eine Fahrt mit einem Durchschnittsauto (Anzahl Kilometer)
2. Verzicht auf den Verzehr von Rindfleisch (Gramm)

Würde in der Schweiz ein Pflichtpfand eingeführt, hätte dies pro Person und Jahr im besten Fall den gleichen Umweltnutzen, wie wenn jede Person auf 12 resp. 23 km Autofahrt verzichten würde. Diese Illustration soll verdeutlichen, dass es sinnvoller ist, Geld in Umweltmassnahmen zu investieren, die mehr Umweltnutzen generieren z.B. Gebäude um somit Energie zu sparen, die fürs Heizen aufgewendet wird.

Tab. 3.5: *Umweltnutzen des Pflichtpfandsystems über alle Fraktionen pro Person und Jahr. Die gefahrenen Kilometer mit einem durchschnittlichen Auto oder das Rindfleisch illustrieren die Anzahl UBP, die durch das Pflichtpfandsystem gesparrt werden.*

SCENARIO	VERMIEDENE UMWELTBELASTUNG [vUBP]	FAHRT MIT DURCHSCHNITTLICHEM AUTO [KM]	RINDFLEISCH [GRAMM]
1B – REC100%	3'900	12	47
2B REC100% + MW _{MAX}	7'500	23	90

Eine Tabelle mit dem Umweltutzen je Recyclingsystem (Status Quo und Pfand) ist im Anhang abgelegt.

Bei der getätigten Modellierung muss berücksichtigt werden, dass Ökobilanzen nicht die gelitterten Getränkegebinde einschliessen. Da Littering im Binnenland Schweiz überwiegend ein ästhetischer Störfaktor ist, gibt es bislang keine Methodik um das Littering in Ökobilanzen abzubilden. Hingegen stellt "Marine Littering", also der Eintrag von Kunststoffen ins Meer, ein massives globales Problem dar. Da allerdings aktuell praktisch keine gelitterten Getränkegebinde über Schweizer Flüsse in Meere gespült werden [37], ist ausgeschlossen, dass die Einführung des Pfandes eine merkbare Verbesserung der Situation des "Marine Littering" bringen könnte. Ein weiteres potenzielles Problem ist Mikroplastik. In Anbetracht der gewaltigen Menge an Kunststoffen, die in Form von Reifen- und Schuhabrieb als Mikroplastik in die Umwelt eingetragen werden, ist die Menge an gelitterten PET-Flaschen, die durch die Schlupflöcher der Stadt-, Strassen- und Geländereinigungen schlüpfen und schlussendlich zu Mikroplastik zerfallen, vernachlässigbar. Gemäss einer Studie des Fraunhofer Instituts, werden 43% des in die Umwelt eingetragenen Mikroplastik durch Reifenabrieb verursacht [35]. Die gelitterte PET-Flaschen fallen wegen ihrer geringen Menge für die Mikroplastikproblematik nicht ins Gewicht. Sie sind aber deshalb irrelevant, weil sie als Getränkegebinde Lebensmittelqualität haben und daher kaum toxikologisch relevante Schadstoffe enthalten. Ganz im Gegensatz z.B. zum hoch-schadstoffbelasteten Reifenabrieb [35], [36].

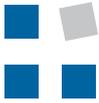
3.3 Kosten

In der Schweiz betragen die Kosten für das PET-System heute rund 41 Mio. Franken [15], jene der Alusammlung 9 Mio. Franken [16], [17] und die der Glassammlung 30 Mio. Franken [18]. Pro Gebinde fallen in der Schweiz und in den Pfandländern aktuell folgende Kosten an:

Schweiz: 1 bis 6 Rappen (Alu: 1 Rp., PET: 2 Rp., Glas 2 Rp. bis zu 6 Rp.) [7], [17], [29]

Pfandländer: 5 bis 19 Eurocent [2]

In diesen Preisen nicht eingerechnet sind die Kosten der Stadt- und Strassenreinigung, die durch die Entfernung von Litter anfallen.



Am Beispiel Dänemark wird im Folgenden kurz aufgezeigt, wie sich die Pfandländer finanzieren [2]:

1. Pfandschlupf (Anteil 31.7%): Bepfundete Gebinde werden nicht zurückgebracht, wodurch das Pfand beim Systembetreiber bleibt.
2. Betriebsgebühren (Anteil 44.8%): Diese Gebühren werden von Herstellern und Importeuren von Getränken an das zentral organisierte Recyclingsystem bezahlt.
3. Verkauf von aufbereitetem Wertstoff (Anteil 21.3%).
4. Diverse Gebühren (Anteil 2.1%) wie eine Registrierungsgebühr, eine jährliche Zulassungsgebühr, eine Gebühr, die bei Grossverteilern anfällt, falls die gesammelten Gebinde nicht zeitgerecht zur Abholung bereitgestellt werden, Gebühren für den Systemunterhalt (Drucken von Labels, Maschinen wie Müllpressen, etc.).

In einigen Ländern, wie z.B. Norwegen, zog das Pflichtpfandsystem zusätzlich ein komplexes Besteuerungssystem mit sich, welches sich teilweise am Verhalten der Verbraucher orientiert. Die Basistaxe auf Einweg beträgt 0.12 EUR, dazu kommen eine Handling/Admin/Transport - Gebühr und eine Umwelttaxe von 0.36-0.59 EUR, falls die Recyclingrate tiefer ist als 95% [2]. Der Vorteil am zentral über die Verbände organisierten Schweizer Recyclingsystem ist, dass Optimierungen bezüglich Sammelqualität und Recyclingquote systemisch geplant werden können und nicht über sukzessive Tarifierhöhungen erzwungen werden müssen.

Die Kostenabschätzung für ein Schweizer Pflichtpfandsystems erfolgte basierend auf den Angaben aus verschiedenen Pfandländern, allen voran Skandinavien. Kosten je Gebinde:

Szenario 1b Rec100% 7 Rappen

Szenario 2b Rec100% + MWmax 7 Rappen für EW und 15 Rappen für MW

Vereinfachend wurden die gleichen Kosten für alle Gebinde-Typen angenommen. Das Mehrwegsystem ist aus nachfolgenden Gründen teuer: Erforderliche Sortierung, aufwändigere Logistik (kein gemeinsamer Recyclingkanal), mehr Platzbedarf beim Transport (MW PET ist nicht komprimierbar), Lagerhaltung bei den Grossverteilern an z.T. sehr teuren Geschäftsstandorten.

Gemäss der BAFU Studie "Littering kostet" [11] fallen durch das Littering von Getränkeverpackungen in den Gemeinden jährlich Kosten von 50.6 Mio. CHF an. Die Hälfte der gelitterten Gegenstände, die unter diese Kategorie fallen, sind nicht bepfandbar, z.B. Scherben, PE-Flaschen, Getränkekartons oder Etiketten [32]. Durch das Littering von PET- und Glas-Flaschen sowie Alu-Dosen fallen folglich 25.3 Mio. CHF an. Im Rahmen der SEBI-Modellierung wurden diese Litteringkosten von rund 25.3 Mio Franken, welche durch die bepfandbaren Getränkeverpackungen verursacht werden, von den Kosten des Pflichtpfandsystems abgezogen.

3.4 Ökoeffizienz und Ökoeffektivität von Pflichtpfandsystemen

Um die Ökoeffizienz möglicher Pflichtpfandsysteme zu bestimmen, wurde der zusätzliche

Umweltnutzen mit den zusätzlichen Kosten zum SEBI (specific eco benefit indicator) verrechnet. In Abb. 3.7 ist für alle Gebinde das Szenario 1b "Rec100%" dargestellt und für Glas und PET zusätzlich das Szenario 2b "Rec100% + MWmax". Für Alu ist dieses Szenario nicht modelliert worden, weil hier bereits aus technischen Gründen kein Mehrweg möglich ist.

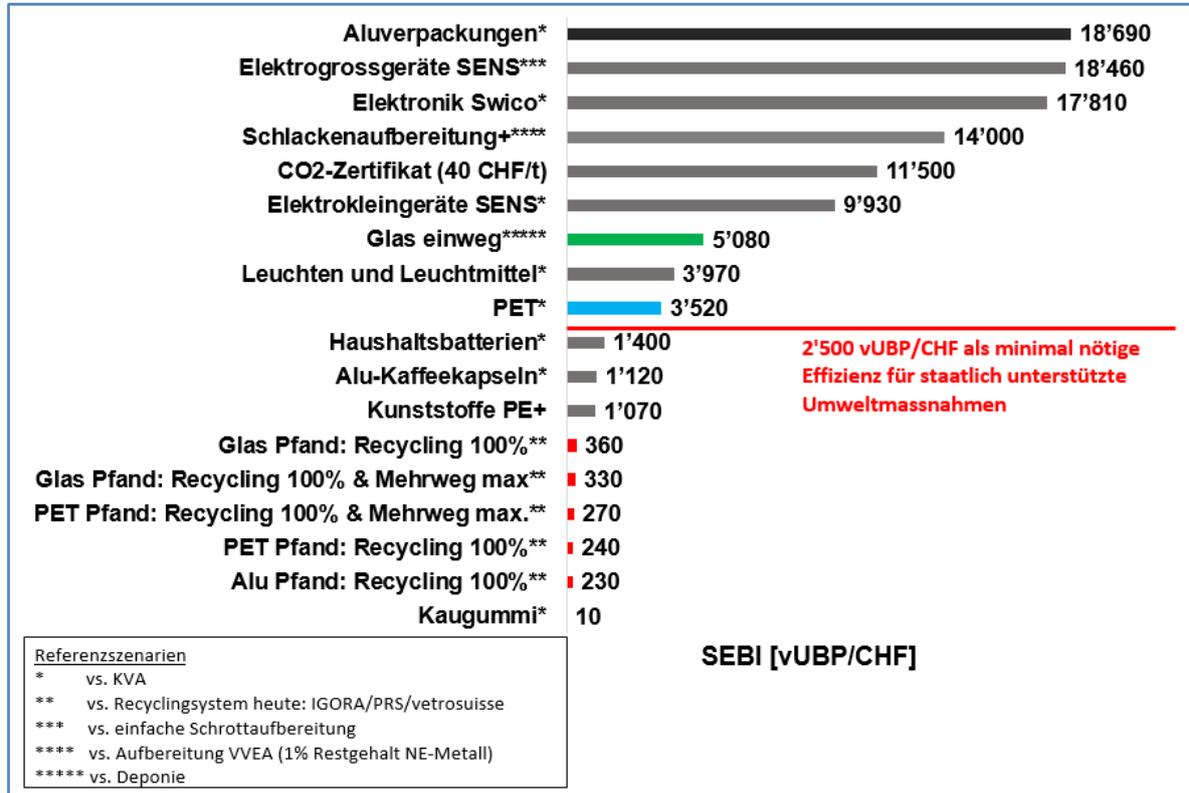


Abb. 3.7: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Recyclingmassnahmen in der Schweiz. Je höher die Ökoeffizienz, desto grösser der SEBI (specific eco benefit indicator), d.h. die vermiedene Umweltbelastung vUBP pro CHF. Einige der aufgeführten Massnahmen werden schon heute umgesetzt, andere sind Vorschläge wie z.B. eine forcierte Schlackenaufbereitung oder PE-Sammlung gegenüber dem Stand heute (gekennzeichnet durch ein +).

Wie in Abb. 3.7. ersichtlich ist, ist der SEBI der Pflichtpfandsysteme für Glas, PET und Alu, verglichen mit jenem von anderen Recyclingmassnahmen, sehr tief. Eine Tabelle mit den Kosten und dem Umweltnutzen je Recyclingsystem ist im Anhang abgelegt.

Neben dem SEBI kann die Ökoeffizienz auch in Form eines Frankenbetrags ausgedrückt werden, der aufgewendet werden muss, um 1 Mio Umweltbelastungspunkte einzusparen. Auch bei dieser Auswertung (Abb. 3.8) zeigt sich, dass der Umweltnutzen der Pflichtpfandsysteme sehr teuer erkaufte werden muss.

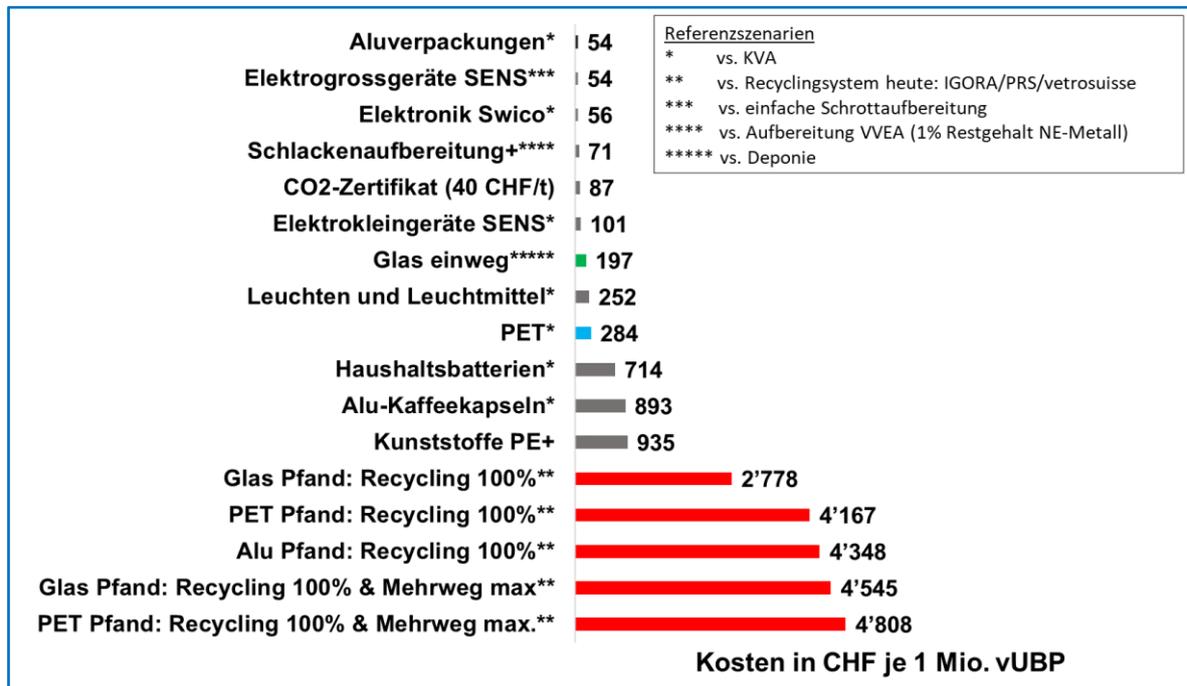


Abb. 3.8: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Recyclingmassnahmen in der Schweiz. Je höher die Ökoeffizienz, desto tiefer die Kosten pro vermiedene Umweltbelastung (1 Mio vermiedene Umweltbelastungspunkte, entspricht der Umweltbelastung, die ein Schweizer/eine Schweizerin innerhalb von 2.5 Wochen generiert oder einer Autofahrt von 3'000 km). Die häufig in der Branche verwendete "Toleranzgrenze" eines minimalen SEBI von 2'500 vUBP/CHF entspricht maximalen Kosten von 400 CHF/1 Mio vUBP.

Neben der Ökoeffizienz wurde auch die Ökoeffektivität des Pflichtpfandsystems berechnet, also der Beitrag, den das Pflichtpfandsystem zum Gesamtumweltnutzen aller Recyclingsysteme beiträgt. Die Resultate dieser Auswertung sind in den Grafiken in Abb. 3.9 dargestellt.

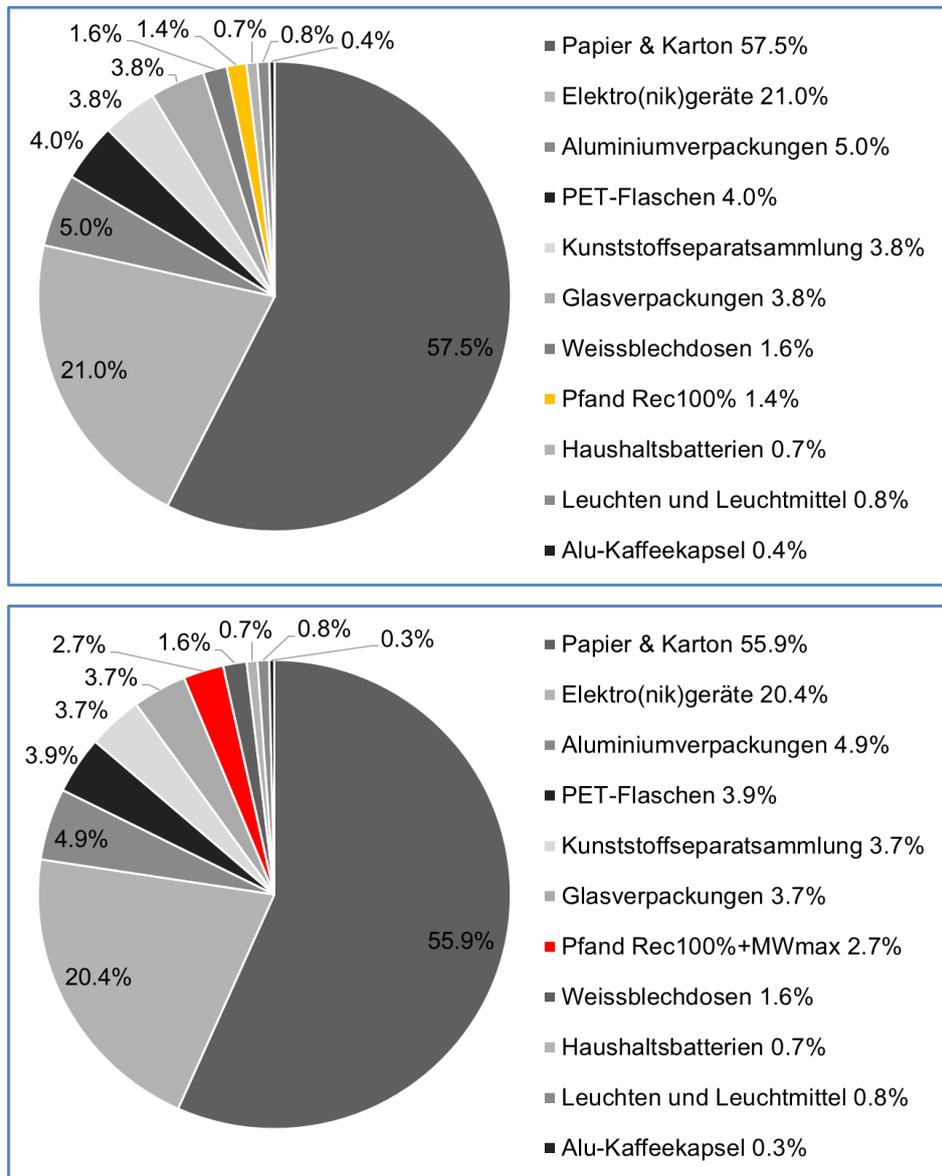


Abb. 3.9: Darstellung des Anteils der verschiedenen Recyclingsysteme am Gesamtumweltschaden aller Recyclingsysteme. Das System "Pfand, Szenario Rec100% + MWmax (100% Recyclingrate, Einweg wird Mehrweg) trägt einen Anteil von 2.7% zum Gesamtschaden bei (untere Grafik). Hiervon ist etwa die Hälfte der Maximierung des Mehrweg-Anteils zuzuschlagen und die andere Hälfte der Steigerung der Recyclingquote auf 100%.

In eine ähnliche Richtung gehen die Auswertungen in Abb. 3.10. Die Grösse der Kreise gibt das Volumen in Tonnen pro Jahr an, die das jeweilige Recyclingsystem umsetzt. Die Position der Kreise wird bestimmt durch den Umweltschaden und die Kosten der Recyclingsysteme. Ideal wäre ein System, welches sich oben links befindet, also viel Umweltschaden zu tiefen

Kosten erzeugt. Wie in den Grafiken ersichtlich ist, ist ein Pflichtpfandsystem, sowohl als Szenario 1b (Rec100%), wie auch als Szenario 2b (Rec100% + MWmax), verglichen mit dem erzeugten Umweltnutzen, sehr teuer.

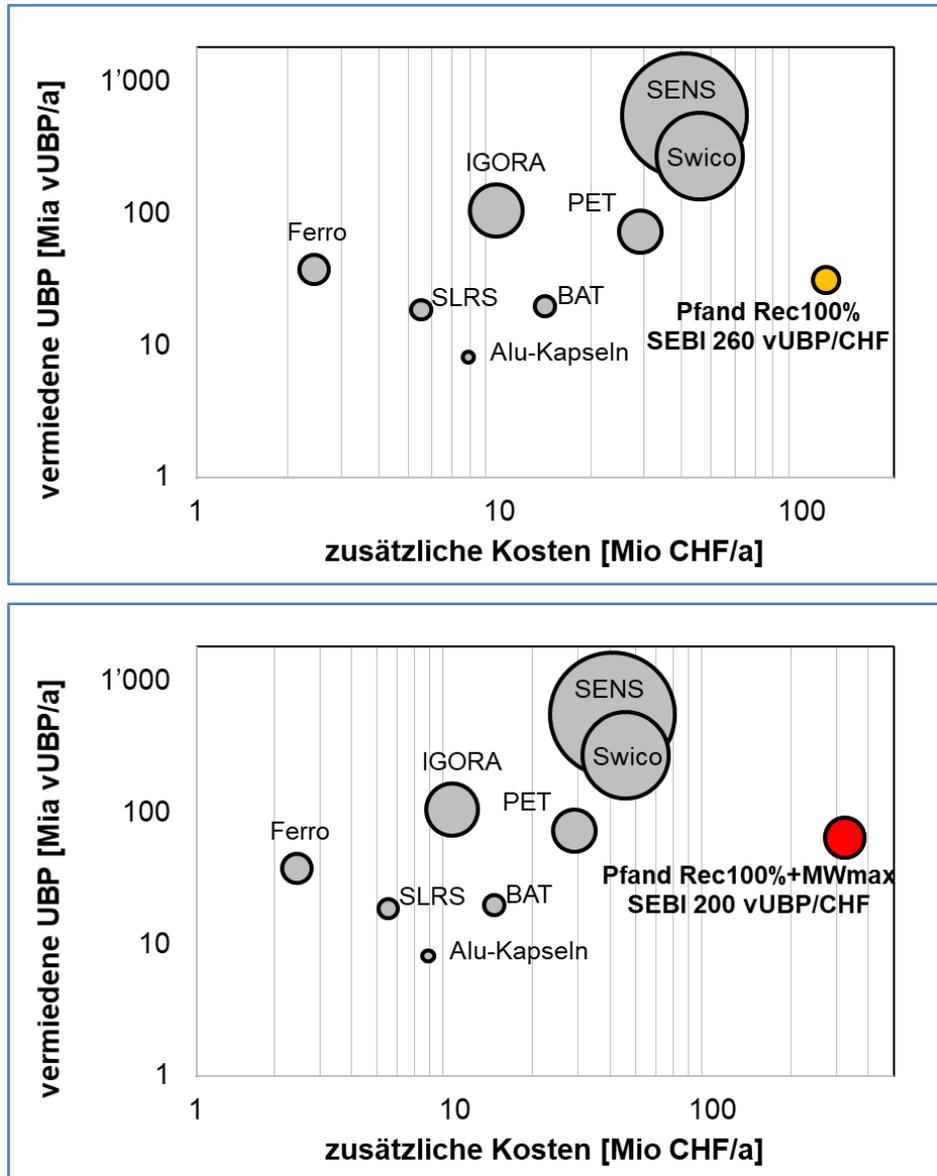
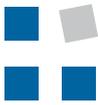


Abb. 3.10: Vergleich verschiedener Recyclingsysteme bezüglich ihrem Umweltnutzen, ausgedrückt in vermiedenen UBP, und den zusätzlichen Kosten gegenüber einem Referenzszenario z.B. thermische Verwertung in der KVA. Je grösser der Kreis, desto grösser die Ökoeffektivität. Gelb eingezeichnet ist das Szenario 1b (obere Grafik) und rot eingezeichnet das Szenario 2b (untere Grafik). Zu beachten: Die Darstellung ist nicht linear, sondern doppelt logarithmisch.



4 Diskussion

4.1 Interpretation der Resultate

Ein Pfand für Getränkeverpackungen kann in Ländern mit einem ungenügend funktionierenden Recyclingsystem durchaus sinnvoll und nötig sein. In Österreich wird die Einführung eines Pfands derzeit heftig diskutiert. Dort beträgt die heutige Recyclingquote_{EU} von Kunststoffgetränkeflaschen nach der europäischen Messmethode etwa 70 % [31]. Die Schweiz verfügt bereits über ein hervorragendes Recyclingsystem. Dieses Recyclingsystem zeichnet sich durch stabile und hohe Recyclingquoten_{CH} aus, welche gemäss der schweizerischen Messmethode für Glas bei 94% liegen, für PET bei 83% und für Alu-Dosen bei 92%. An dieser Stelle sei angemerkt, dass diese Quoten einer strengen Berechnungsmethodik unterliegen. Zur verwertbaren Menge zählt nur der Teil des retournierten Stoffstroms, der tatsächlich stofflich wiederverwertet werden kann, also exklusive Flüssigkeiten und Störstoffen. Die Finanzierung des Recyclingsystems erfolgt durch eine vorgezogene Abgabe beim Kauf der Getränke (ca. 2.5 Rappen pro Gebinde). Neben den hohen Recyclingquoten und den moderaten Kosten weist das bestehende Recyclingsystem mit einem feinmaschigen, komfortablen Sammelnetz mit rund 100'000 Sammelstellen eine hohe Convenience auf. Ein weiterer Vorteil des bestehenden Systems ist, dass Restfraktionen wie Tuben, Konfitürengläser oder Aluschalen über den gleichen Sammelkanal wie die Getränkeverpackungen erfasst werden können. Diese Restfraktion macht 18% des Sammelguts aus. Der Aufbau einer eigens dafür konzipierten Logistik wäre äusserst aufwändig und teuer.

Das bestehende Recyclingsystem weist eine marktwirtschaftliche Selbstregelung durch die Wahlfreiheit für Hersteller und Käufer auf. Den Getränkeherstellern und dem Handel stehen alle Optionen offen: Pfand z.B. bei Grossveranstaltungen; Mehrweg/Einweg; Alu/Glas/PET. Die Käuferinnen können je nach Einsatzzweck selbstbestimmt entscheiden, welche Art von Verpackung sie wählen. Die Aufgabe des Staats ist es, dort in marktwirtschaftliche Prozesse einzugreifen, wo Umweltschäden entstehen und durch geeignete Massnahmen vermindert werden können. Geeignet ist eine Massnahme, wenn pro investiertem Franken ein hoher Umweltnutzen erzielt werden kann. Die Schweiz verfügt über ein funktionierendes Recyclingsystem für Getränkeverpackungen, welches einen entsprechend hohen Umweltnutzen aufweist. Ein Pflichtpfandsystem würde mit einem sehr hohen finanziellen Aufwand einen sehr geringen zusätzlichen ökologischen Nutzen bringen, was ein staatliches Eingreifen nicht erforderlich macht.

Das Herzstück des vorliegenden Berichts ist die Ermittlung der Kosten-Nutzen-Effizienz einer Systemumstellung. Der SEBI (specific eco benefit indicator), ein Indikator für die Kosten/Nutzen-Effizienz von Umweltmassnahmen gibt an, wie viel ökologischer Nutzen durch eine Umweltmassnahme je zusätzlich eingesetztem CHF erzielt wird (Einheit "vermiedene Umweltbelastungspunkte pro eingesetztem Franken" vUBP/CHF). Aus der Modellierung resultierte, dass bestenfalls – bei einer Recyclingquote_{CH} von 100 % und einem maximalen Anteil an Mehrweg – nur ein kleiner Umweltnutzen generiert werden kann. Die Szenarien wurden wie folgt definiert:



Szenario 1b: Durch das Pflichtpfandsystem erhöht sich die Recyclingquote auf 100%.

Szenario 2b: Die Recyclingquote erhöht sich auf 100% und alle Einweggebilde (bei denen dies möglich ist...) werden zwangsweise zu Mehrweggebilden umgewandelt.

!!!WICHTIG!!!

Bei beiden Szenarien wurde eine Recyclingquote von 100% angenommen um den grösstmöglichen ökologischen Nutzen, den ein Pfandsystem bringen kann, zu modellieren. Es sei klargestellt, dass diese Szenarien theoretische Maxima sind, die in den vergleichbaren europäischen Pfandländern nicht erreicht werden. Eine Recyclingquote von 100% würde bedeuten, dass jedes einzelne Gebinde einem Recyclingsystem zugeführt wird und es darüber hinaus keine Fehlwürfe gibt. Auch mit hohen Pfandgebühren (CHF 10.-/Gebinde) ist dieser Idealzustand nicht erreichbar.

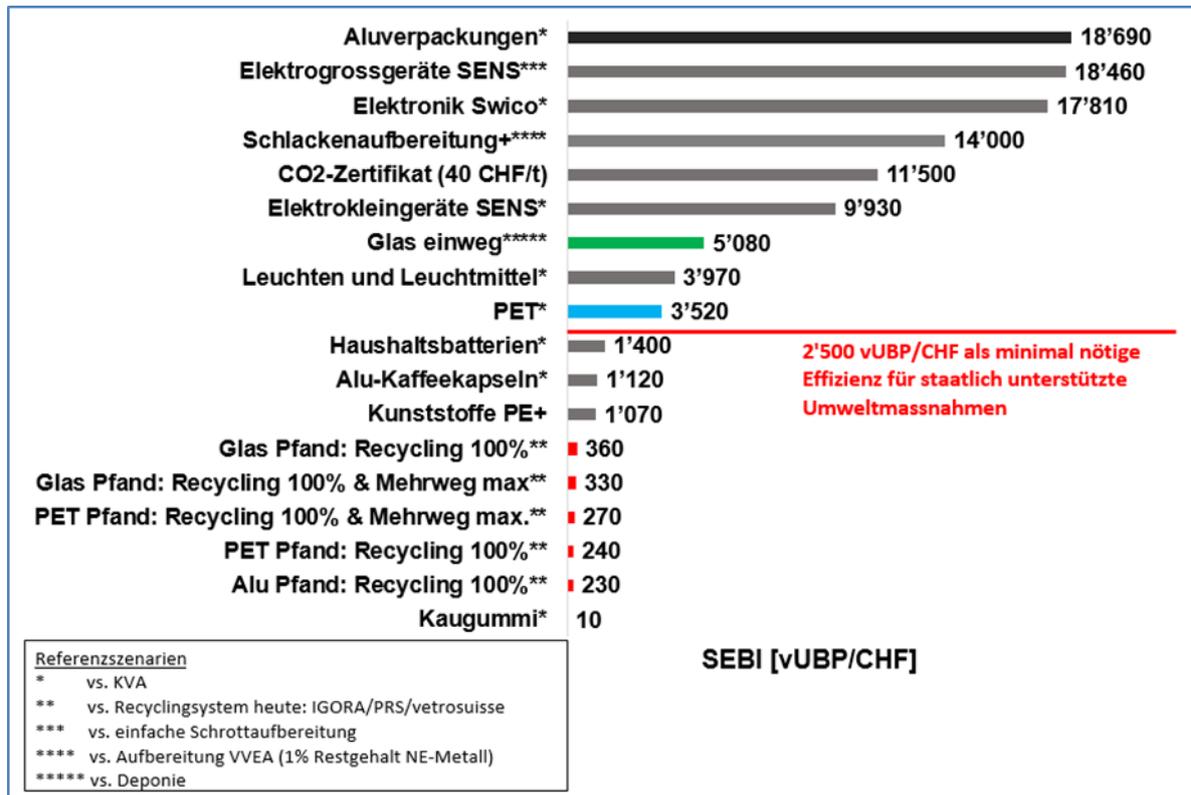


Abb. 4.1: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Recyclingmassnahmen in der Schweiz. Je höher die Ökoeffizienz, desto grösser der SEBI (specific eco benefit indicator), d.h. die vermiedene Umweltbelastung vUBP pro CHF. Einige der aufgeführten Massnahmen werden schon heute umgesetzt, andere sind Vorschläge wie z.B. eine forcierte Schlackenaufbereitung oder PE-Sammlung gegenüber dem Stand heute (gekennzeichnet durch ein +).

Je nach Szenario entspricht dieser Umweltnutzen dem Verzicht von 12 bis 23 km Autofahrt pro Person und Jahr und muss teuer erkauft werden. Der berechnete SEBI von rund 300 vUBP/CHF liegt am untersten Ende der Skala von Recyclingmassnahmen, die die Schweiz in den letzten 20 Jahren eingeführt hat.

Weil nicht alle Effekte und Einflüsse eines Pflichtpfandsystems berücksichtigt werden konnten, ist die Modellierung des Umweltnutzens mit einer Unsicherheit von ca. 20% behaftet. Diese Unsicherheit beeinflusst jedoch nicht folgende Hauptaussage: Wie die Veranschaulichung zeigt, ist der Umweltnutzen von Pflichtpfandsystemen gering, sogar, wenn er doppelt so hoch ausfallen würde, wie im Rahmen dieses Projekts modelliert wurde.

Die Kosten eines Pflichtpfandsystems würden bei 7 bis 15 Rappen pro Gebinde liegen. Folgende Abb. 4.1 zeigt die Ökoeffizienz von Pflichtpfandsystemen, welche verglichen mit anderen Recyclingsystemen tief ist.

Im Rahmen eines Review-Auftrags hat Fredy Dinkel von der Carbotech AG den Bericht gegengelesen und die SEBI für beide Szenarien je Gebindetyp modelliert. Die Modellierungen von A. Stäubli und F. Dinkel unterscheiden sich vor allem in der verwendeten Datenbasis. Während F. Dinkel seine Berechnungen komplett auf den Nutzen und die Kosten der heutigen Recyclingsysteme abgestützt hat, hat A. Stäubli weitere Daten wie z.B. die des SVUG (Getränkesee Schweiz und in Verkehr gebrachte Einweg-Verpackungen) konsultiert. Die Annahmen und die Vorgehensweise von F. Dinkel sind in Anhang 7 protokolliert.

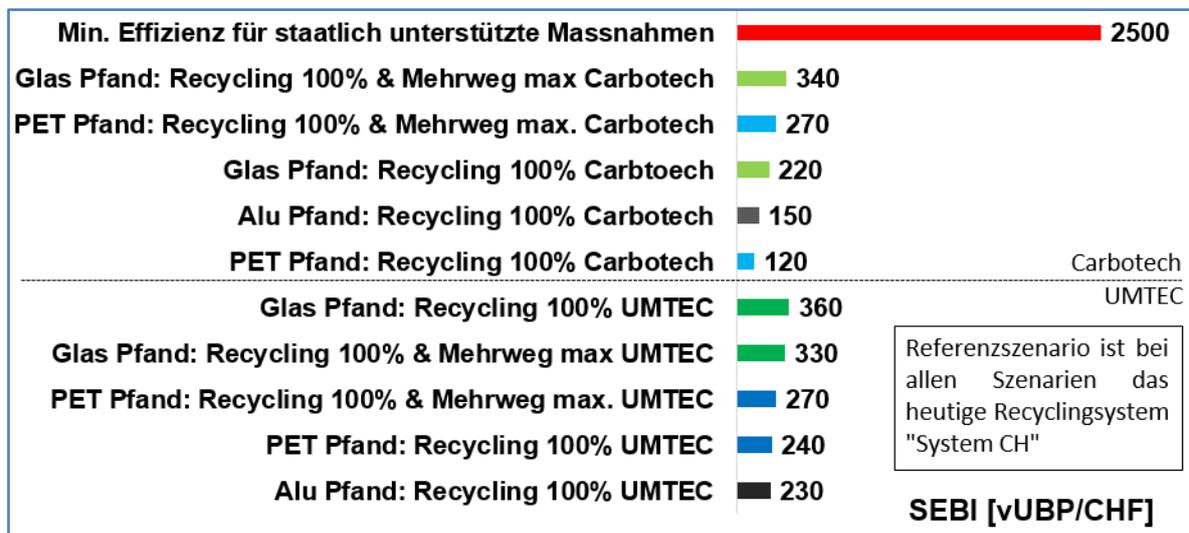


Abb. 4.2: Vergleich der Ökoeffizienz verschiedener Ausgestaltungen eines Pflichtpfandsystems je Gebindetyp. Je höher die Ökoeffizienz, desto grösser der SEBI (specific eco benefit indicator), d.h. die vermiedene Umweltbelastung vUBP pro CHF. Im oberen Teil der Grafik sind die SEBI dargestellt, die von Carbotech modelliert wurden, im unteren Teil jene, die das UMTEC berechnet hat. Eingezeichnet ist zusätzlich die minimale Effizienz von 2'500vUBP/CHF, die für die staatliche Unterstützung einer vorgeschlagenen Umweltmassnahme nötig ist.

Wie in Abb. 4.2. dargestellt ist, liegen die von Carbotech und die von UMTEC berechneten SEBI in der gleichen Grössenordnung. Alle modellierten SEBI liegen deutlich unter dem erforderlichen Wert von 2'500 vUBP/CHF für staatlich unterstützte Umweltmassnahmen.

4.2 Fazit der Autoren

Aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Gründen empfiehlt sich für die Schweiz die Einführung eines Pflichtpfandsystems nicht. Erstens legt der Vergleich der Schweiz mit den Pfandländern Europas legt den Schluss nahe, dass hohe Recyclingquoten zwar einerseits durch ein Pfand aber andererseits auch durch ein austariertes Recyclingsystem mit Bestandteilen wie der Kehrichtsackgebühr, einem Instrument wie dem vorgezogenen Recyclingbeitrag, der Sensibilisierung der Bevölkerung und einer hohen Convenience erreicht werden können.

Zweitens trägt die Einführung eines Pflichtpfandsystems in der Schweiz nicht zur Lösung von Umweltproblemen bei. Es gibt keine Hinweise darauf, dass durch das Pfand die Schweizer Recyclingquote signifikant erhöht oder die Litteringproblematik zurückgedrängt würde. Durch die Reduktion der Sammelstellen auf weniger als 10 % ist gar zu befürchten, dass aufgrund mangelnder Convenience viele Getränkegebinde im Kehrichtsack landen, also die Sammelquote insgesamt zurückgeht. Um das Littering zu bekämpfen, wäre es effizienter, hohe Bussen durchzusetzen und die Stadtreinigungen zu intensivieren. Diese Massnahmen würden bei deutlich geringeren Kosten sehr viel mehr ökologischen Nutzen stiften als ein Pfand [14]. Es ist sinnvoller, verfügbare finanzielle Mittel dort zu investieren, wo mehr für die Umwelt erreicht werden kann.

Es wäre wünschenswert, dass die Befürworter der Pfandinitiative eine Studie oder ein anderes faktenbasiertes Dokument vorlegen würden, welche die Sinnhaftigkeit der Einführung des Pfandes unterstützt. Solange dies nicht der Fall ist, gibt es für eine Abschaffung unseres aktuellen Recyclingsystems von Getränkeverpackungen keine Grundlage.



5 Literaturverzeichnis

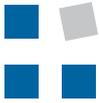
- (1): BAFU, Abfallmengen und Recycling 2017 im Überblick, Bern, 2017.
- (2): Spasova, B. ACR+, Deposit-refund systems in Europe for one-way beverage packaging, Brüssel, 2019.
- (3): Morawski, C. CM Consulting, Reloop Platform, Deposit systems for one-way beverage containers: Global overview, 2018.
- (4): https://www.welt.de/print/die_welt/article169112108/Warum-dieser-Weltmeister-Titel-fuer-die-Tonne-ist.html, abgerufen am 14.01.2020.
- (5): PRS, Das Pfand ist keine Lösung für die Schweiz: <https://www.petrecycling.ch/de/entdecken/detail/das-pfand-ist-keine-loesung-fuer-die-schweiz>, abgerufen am 14.01.2020.
- (6): Swiss Recycling, Pfand auf Getränkeverpackungen – Auswirkungen in der Schweiz Zürich, 2013.
- (7): Gespräch mit JC. Würmli. Geschäftsführer PET-Recycling Schweiz. 22.10.2019.
- (8): Schweizerischer Verein für umweltgerechte Getränkeverpackungen SVUG. Getränke- und Getränkeverpackungs-Statistik 2018. Zürich. Im Auftrag des BAFU. 2019.
- (9): BAFU: <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-50084.html>, abgerufen am 14.01.2020.
- (10): Gespräch mit M. Kreber. Geschäftsführer Schweizerischer Vereine für umweltgerechte Getränkeverpackungen SVUG. 14.11.2019.
- (11): Berger, T. BAFU. Littering kostet. Fraktionsspezifische Reinigungskosten durch Littering in der Schweiz Bern. 2011.
- (12): UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/weniger-plastik-in-der-umwelt-eu-stimmt-richtlinie>, abgerufen am 14.01.2020.
- (13): Blarer, P. Hammerdirt. WWF. Stop Plastic Pollution Switzerland. Swiss Litter Report. 2018.
- (14): Fehr, G. FehrAdvice & Partners AG. Littering in der Schweiz: Studie zur Wirksamkeit von Massnahmen unter Berücksichtigung verhaltensökonomischer Erkenntnisse. Zürich. 2014.
- (15): PET-Recycling Schweiz. Geschäftsbericht 2018. Zürich. 2019.
- (16): IGROA. Ferro-Recycling. Jahresbericht 2017.
- (17): Gespräch mit P. Geisselhardt Geschäftsführer Swiss Recycling und C. Rüegg. Leiter Aus-/Weiterbildung & Projekte Swiss Recycling. 22.10.2019
- (18): VetroSuisse. Jahresbericht 2017. Erhebung, Verwaltung und Verwendung der vorgezogenen Entsorgungsgebühr (VEG) für Getränkeverpackungen aus Glas. Bern. 2018.





- (19): Bundesrat. Massnahmen zur Qualitätssicherung des PET-Getränkeflaschen Recycling-systems in der Schweiz. 2019.
- (20): Kawecki, D. Polymer-Specific Modeling of the Environmental Emissions of Seven Commodity Plastics as Macro- and Microplastics. EMPA. Environ. Sci. Technol. 2019, 53, 9664–9676.
- (21): Boucher, J. (Micro) plastic fluxes in Lake Geneva basin. Trends in Analytical Chemistry. 2018.
- (22): Steiger, U. BAFU. Erhebung der Kehrrichtzusammensetzung 2012. 2014.
- (23): Dinkel, F. Carbotech. Custom LCA - Ökobilanz Getränkeverpackungen. Basel. BAFU. 2014.
- (24): Dinkel, F. Carbotech. Custom LCA – Ökologischer Nutzen von Recyclingsystemen in der Schweiz (Ist-Analyse 2012). Basel. Swiss Recycling. 2015.
- (25): Stettler, C. Carbotech. Custom LCA - Ökobilanz Verwertungen von Altglas -ökologischer Nutzen der Sammlung von Verpackungsglas. Basel. BAFU. 2016.
- (26): Kägi, T. Carbotech. Ökobilanz von PET-Flaschen mit unterschiedlichem Rezyklatanteil. Basel. PRS. 2018.
- (27): Schwarzlmüller, E. Die Umweltberatung. Getränkeverpackungen auf dem Prüfstand. Wien. 2009.
- (28): Bunge, R. EconEcol. Kosten-Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich. UMTEC. Im Auftrag von BAFU. AWA. Swico. Rapperswil. 2016.
- (29): Admin.ch. Verordnung über die Höhe der vorgezogenen Entsorgungsgebühr für Getränkeverpackungen aus Glas: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20011762/index.html>, abgerufen am 25.02.2020.
- (30): Pladerer, C. Mehrweg statt Müllberge. Wie Österreich von Wegwerf-Verpackungen auf Mehrwegsysteme umsteigen kann. Österreichisches Ökologie Institut. Im Auftrag von Greenpeace. Wien. 2020.
- (31): Hauser, W. Allesch, A. Wellacher, M. Möglichkeiten zur Umsetzung der EU-Vorgaben betreffend Getränkegebinde, Pfandsysteme und Mehrweg. Technisches Büro HAUER Umweltwirtschaft GmbH. Im Auftrag des Ministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus. Wien. 2020.
- (32): Tavernier, M. Geisselhardt, P. Das Pfand ist keine Lösung für die Schweiz. Swiss Recycling. Zürich. 2019.
- (33): Carbotech. Bedeutung von 1000 UBP. Methode der ökologischen Knappheit 2013, basierend auf ecoinvent v3.4. <https://carbotech.ch/projekte/bedeutung-von-100-ubp-umweltbelastungspunkte/>, abgerufen am 03.04.2020.





- (34): Dinkel, F. Carbotech. Ökologischer Nutzen des PET-Recycling Schweiz. Basel. Im Auftrag von PET Recycling Schweiz. 2008.
- (35): Bertling, J. Fraunhofer-Institut für Umwelt. Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Oberhausen. Umsicht. 2018.
- (36): Sieber, R. Empa. Dynamic probabilistic material flow analysis of rubber release from tires into the environment. St. Gallen. Environmental Pollution. 2020.
- (37): Swiss Plastics <https://kunststoff.swiss/Nachhaltigkeit/Infografiken/Plastikmüll-im-Meer>, abgerufen am 06.04.2020.
- (38): Avenir Suisse. Trennung von Leistungserbringern und Bestellern. <https://www.avenir-suisse.ch/trennung-von-leistungserbringern-und-bestellern/>, abgerufen am 08.05.2020.
- (39): Dinkel, F. Bunge, R. KuRve. Kunststoff Recycling und Verwertung. Ökonomisch-ökologische Analyse von Sammel- und Verwertungssystemen von Kunststoffen aus Haushalten in der Schweiz. Zürich. 2017.
- (40): Swiss Recycling. Quotenvergleiche sind oft irreführend. Zürich. 2019.
- (41): Stocker, S. Quantifying Litter Emissions into the Swiss Environment. A bottom up approach focusing on roads. Master Thesis. EPFL. PSI. Lausanne. 2020.

6 Anhang 1: Annahmen und Ausführungen zur Modellierung von A. Stäubli

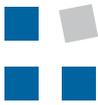
6.1 Mengen

Tab. A.6.1.1: Mengen und Recyclingquote Recyclingsysteme von 2017 [1], [15], [16], [18]. Für die Berechnung des Umweltnutzen der Pflichtpfandsysteme wird angenommen, dass die Recyclingquote auf 100% steigt und somit der verwerteten Menge der Absatzmenge entspricht.

	ABSATZMENGE [t]	VERWERTETE MENGE [t]	RECYCLINGQUOTE [%]
PET	45'340	37'451	83
ALU-DOSEN	10'706	9'805	92
GLAS EINWEG	302'954	285'063	94

Tab. A.6.1.2: Verkaufte Getränke Schweiz 2018 [8].

	GETRÄNKESEE, VERKAUF: IN- LAND+IMPORT [L]	GETRÄNKESEE, VERKAUF: IN- LAND [L]	GETRÄNKESEE, VERKAUF: IN- LAND [%]	ANTEIL MW [%]	MW [L]
BIER	466'751'800	365'940'700	78	36.0	168'030'648
WEIN	238'326'900	89'319'600	37	8.0	19'066'152
SCHAUM- WEIN	19'066'400	1'056'900	6	0.6	114'398
OBSTWEIN	14'552'700	13'853'300	95	51.3	7'465'535
SPIRITUOSEN	25'092'500	4'529'900	18	0.5	125'463
MINERAL	1'013'350'800	580'673'700	57	9.8	99'308'378
ERFRI- SCHUNGSGE- TRÄNKE	548'951'200	457'812'400	83	5.7	31'290'218
FRUCHTSAFT KEROBST	74'883'400	72'944'900	97	11.0	8'237'174
FRUCHTSAFT ÜBRIGE	119'811'200	97'235'600	81	3.1	3'714'147
EISTEE	191'625'400	100'328'500	52	0.9	1'724'629
ALKOHOL- FREIES BIER	14'551'900	11'917'500	82	25.2	3'667'079
ENERGY DRINKS	75'077'200	33'069'200	44	-	-
DIV.	25'154'700	15'885'000	63	0.9	226'392
TOTAL	2'827'196'100	1'844'567'200	65	12	342'970'214

**Tab. A.6.1.3: Gesamtgewicht der in Umlauf gesetzten Einweg Verpackungen Inland und Import 2018 [8]**

	GLAS [t]	PET [t]	ALU [t]	KARTON [t]	BAG-IN-BOX [t]	STAHL [t]	KUNSTSTOFF [t]
BIER	74'771	151	5'791	-	-	24	18
WEIN	128'326	20	7	209	269	-	3
SCHAUMWEIN	17'247	11	148	-	-	-	
OBSTWEIN	1'384	54	94	-	-	-	
SPIRITUOSEN	18'132	6	-	-	1	-	
MINERAL	1'022	21'932	-	-	-	-	
ERFRI-SCHUNGSGETRÄNKE	4'662	14'656	2'203	103	6	-	207
FRUCHTSAFT KEROBST	273	1'809	2	307	3	-	
FRUCHTSAFT ÜBRIGE	3'452	2'463	8	1'447	3	-	20
EISTEE	99	4'588	116	1'326	34	-	1
ALKOHOL-FREIES BIER	3'395	-	181	-	-	-	
ENERGY DRINKS	-	41	3'149	1	-	-	
DIV.	2'943	794	54	16	9	35	8
TOTAL	255'706	46'525	11'753	3'409	325	59	257

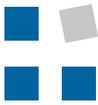
Die beiden oben stehenden Tabellen stellen die Grundlage für die Modellierung des Umweltnutzens der Mehrweg-Pflicht dar (Szenario 2b: Rec100% + MWmax). Es gibt keine Daten zu der Anzahl an Gebinden je Getränktyp oder welche Gebinde die Mehrwegsysteme beinhalten. Letzteres wurde in Gesprächen mit M. Kreber ermittelt.

Modellierungs-Schritte für das Mehrwegsystem (Szenario 2b: Rec100% + MWmax):

1. Aufteilen resp. "abfüllen" des Getränkesees in Getränkegebinde. Es wird definiert, welche Getränke in welchen Gebinden verkauft werden, d.h. Aufteilung nach Einweg oder Mehrweg und je Getränk möglichem Gebindetyp. Beispiel Bier:
 - a. Einweg: Glas, PET, Alu, Stahl, Kunststoff
 - b. Mehrweg: Glas, Fässer. Bei Bier MW werden 38% in Glas-Flaschen verkauft, der Rest in Fässern.

Einige Getränke, welche nur in kleinen Mengen vorkommen z.B. Energy Drinks, werden unter "Diverses" zusammengefasst.





2. Berechnen der Anzahl Gebinde je Gebindetyp

- a. Einweg: Gesamtgewicht je Gebindetyp durch mittleres Gewicht je Gebinde (z.B. 74'771 Tonnen Einweg-Glas-Bierflaschen durch 0.26kg)
 - b. Mehrweg: Über Liter an Getränk je Gebindetyp und das Fassungsvermögen je Gebinde (z.B. 128'314'313 Liter Bier in 0.5 Liter Mehrweg-Glas-Flaschen). Bei den Glas-Flaschen wird angenommen, dass alle Getränke ausser Bier in 0.75l Flaschen verkauft werden. Für Bier wird eine Flaschengrösse von 0.5l angenommen.
3. Vergleich Mehrweg IST mit dem maximal möglichen Anteil an Mehrweg (Kriterien siehe Kapitel Methoden z.B. importierte Getränke und Alu-Dosen können nicht Mehrweg werden) und ermitteln des Umweltnutzen.
 4. Ermitteln des Umweltschadens je Nutzung eines Gebindes und berechnen des Umweltschadens eines Getränketyps über die in Schritt a und b ermittelte Anzahl Flaschen EW und MW Referenzszenario und das Szenario 2b. Die Daten für den Umweltimpact der Nutzung von Getränkeverpackungen (auch von Mehrweg-Verpackungen) sind je Gebindetyp bekannt [23], [27].
 5. Berechnen des Umweltnutzens aus der Differenz Umweltschaden Referenzszenario und Szenario 2b je Getränketyp.
 6. Der Umweltimpact der Nutzung je Gebinde wird wieder auf das Gesamtsystem hochgerechnet (z.B. die Nutzung einer Glasflasche MW hat einen kleineren Impact als die Nutzung einer Glasflasche EW). Der Umweltnutzen des Mehrweg-Systems wird also über den verminderten Umweltimpact je Gebinde berechnet.

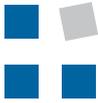
6.2 Umweltnutzen

Der Umweltnutzen der heutigen Recyclingsysteme ist in Tab. A.6.2.1 zusammengestellt, jener des Pflichtpfandsystems in Tab. A.6.2.2.

Tab. A.6.2.1: *Umweltnutzen der Recyclingsysteme heute (Delta Recyclingsystem heute vs. KVA (PET und Alu) resp. Deponie (Glas)). Bezugsgrösse: Vermiedene Umweltbelastungspunkte pro Tonne (1. Spalte) und ganzes System pro Jahr (4. Spalte), [24], [28]. Der Systemnutzen basiert auf der verwerteten Menge an Recyclinggut für das Jahr 2017 (2. Spalte) [1].*

	UMWELTNUTZEN [vUBP]/t	VERWERTETE MENGE [t]	RECYCLING-RATE [%]	UMWELTNUTZEN [vUBP/a]
PET HEUTE VS. KVA [28]	1'740'000	37'451	83	65 Mia
ALU HEUTE VS. KVA [28]	9'400'000	9'805	92	92 Mia
GLAS VS. DEPONIE [24]	500'000	285'063	94	143 Mia





Es wurde nur der Umweltnutzen der heutigen Recyclingsysteme berücksichtigt. Der Umweltnutzen des heutigen Mehrweg-Systems für Glas wurde nicht betrachtet.

Tab. A.6.2.2: *Umweltnutzen Pflichtpfandsystem Szenario 1b: Rec100% (Delta Pflichtpfandsystem vs. Recyclingsystem heute). Referenzszenario ist das Recyclingsystem heute. Bezugsgrösse: ganzes System pro Jahr.*

	VERWERTETE MENGE [t]	RECYCLING-RATE [%]	UMWELTNUTZEN [vUBP/a]
PET 1B VS. PET HEUTE	45'340	100	14 Mia
ALU 1B VS. ALU HEUTE	10'706	100	8.5 Mia
GLAS 1B VS. GLAS HEUTE	302'954	100	9 Mia

Tab. A.6.2.3: *Vergleich des Umweltimpacts von MW und EW – Glas-Flaschen [23].*

	BIER 0.5L, SEITE 69	WEIN 0.75L, SEITE 93	MINERAL 0.75L, SEITE 86	DIVERSE 0.75L, SEITE 89
EW: UBP/L	375	500	340	290
EW: UBP/0.5L RESP. 0.75L	187.5	375	255	217.5
MW: UBP/L	110	240	110	80
MW: UBP/0.5L RESP. 0.75L	55	180	82.5	60

Tab. A.6.2.4: *Vergleich des Umweltimpacts von MW und EW – PET-Flaschen. Gemäss Quelle [27] ist MW PET doppelt so gut wie EW PET. Folglich wurden alle Werte aus [23] halbiert.*

	BIER 0.5L, SEITE 69	MINERAL 0.5L, SEITE 86	MINERAL 1.5L, SEITE 86	ERFRISCHUNGS-GETRÄNK 0.5L, SEITE 89	ERFRISCHUNGS-GETRÄNK 1.5L, SEITE 90
EW: UBP/L	105	110	70	97	50
EW: UBP/0.5L RESP. 1.5L	52.5	55	105	48.5	75
MW: UBP/L	52.5	55	35	48.5	25
MW: UBP/0.5L RESP. 1.5L	26.25	27.5	52.5	24.25	37.5



Tab. A.6.2.5: *Umweltimpact von Alu-Dosen [23].*

	BIER 0.5L, SEITE 69	ENERGY 0.25L, SEITE 89	ERFRISCHUNGSGETRÄNKE 0.5L, SEITE 89
EW: UBP/L	140	195	140
EW: UBP/0.5L RESP. 0.25L	70	48.75	70

Tab. A.6.2.6: *Vergleich des Umweltimpacts des heutigen Recyclingsystems mit dem Szenario 2b: Rec100% + MWmax. Für Alu ist kein Mehrwegsystem möglich.*

	GLAS [UBP]	PET [UBP]
RERERENZSZENARIO HEUTE	171 Mia	110 Mia
SZENARIO 2B	150 Mia	71 Mia
DELTA VERMIEDENE UMWELTBELASTUNG	21 Mia	39 Mia

6.3 Kosten

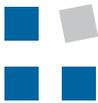
Tab. A.6.3.1: *Kosten je Gebinde [CHF]. Quelle Kosten heute: Geschäftsberichte PRS, Igora, VetroSuisse [15], [15], [18] und VGV Art. 9ff¹³ sowie Gespräche mit Vertretern dieser Organisationen. Die Werte der Szenarien beruhen auf Annahmen, welche basierend auf den skandinavischen Pfandländern für ein Pflichtpfandsystem in der Schweiz getroffen wurden.*

	GLAS [CHF]	PET [CHF]	ALU [CHF]
HEUTE	0.02-0.06	0.02	0.01
SZENARIO 1B: REC100%	0.07	0.07	0.07
SZENARIO 2B: REC100% + MWMAX	EW 0.07 und MW 0.15	EW 0.07 und MW 0.15	Nur EW 0.07

Tab. A.6.3.2: *Kosten der Recyclingsysteme [Mio CHF]. Quelle Kosten heute sind die Geschäftsberichte PRS, Igora, VetroSuisse [15], [15], [18]. Die Werte der Szenarien beruhen auf Annahmen.*

	GLAS[MIO CHF]	PET [MIO CHF]	ALU[MIO CHF]	TOTAL [MIO CHF]
HEUTE	30.3	41.6	9	80.9
SZENARIO 1B: REC100%	55.3	99.5	46	200.8
SZENARIO 2B: REC100% + MWMAX	95.2	182.7	46	323.9

¹³ <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20001238/index.html>



Für Alu wurden die Kosten von Szenario 1b berücksichtigt um die Gesamtkosten von Szenario 2b zu modellieren.

Die Litteringkosten von 25.3 Mio CHF, welche durch bepfandbare Getränkeverpackungen (GV) verursacht werden, wurden von den Kosten der Pflichtpfandsysteme in Tabelle A.6.3.3 abgezogen.

Litteringkosten Gemeinden durch GV [11]: 50.6 Mio CHF

Litteringkosten Gemeinden durch bepfandbare GV (50% Fraktion GV) [32]: 25.3 Mio CHF

Tab. A.6.3.3: Gesparte Littering-Putz-Kosten je GV-Typ (aufgeteilt nach Anteil an Gesamtsystemkosten der Recyclingsysteme). Das Total der gesparten Littering-Putz-Kosten für die Getränkeverpackungen Glas, PET und Alu beträgt 25.3 Mio CHF [11].

	GLAS	PET	ALU
GESPARTE LITTERPUTZKOSTEN [CHF]	7 Mio	12.5 Mio	5.8 Mio

Tab. A.6.3.4: Zusatzkosten möglicher Pflichtpfandsysteme gegenüber dem heutigen Recyclingsystem [Mio CHF]. Die Zusatzkosten gehen in die SEBI-Berechnung ein.

	GLAS [MIO CHF]	PET [MIO CHF]	ALU[MIO CHF]	TOTAL [MIO CHF]
SZENARIO 1B: REC100%	25	57.9	37	119.9
SZENARIO 2B: REC100% + MWMAX	64.9	141.1	37	243



6.4 SEBI

Tab. A.6.4.1: SEBI für bestehende Recyclingsysteme [28]. Bezugsgrösse: Kosten und Umweltnutzen (vermiedene Umweltbelastungspunkte vUBP) pro Tonne.

	NETTOKOSTEN CHF/T	UMWELTNUTZEN VUBP/T	SEBI UBP/CHF
PET HEUTE VS. KVA	495	1'740'000	3'520
ALU HEUTE VS. KVA	503	9'400'000	18'690
GLAS VS. DEPONIE	98	500'000	5'080

Tab. A.6.4.2: SEBI für Pflichtpfandsystem (1b: Rec100%). Bezugsgrösse: ganzes System.

	ZUSATZKOSTEN CHF	UMWELTNUTZEN VUBP	SEBI VUBP/CHF
GLAS 1B VS. GLAS HEUTE	25 Mio	9 Mia	360
PET 1B VS. PET HEUTE	58 Mio	14 Mia	240
ALU 1B VS. ALU HEUTE	37 Mio	8.5 Mia	230

Tab. A.6.4.3: SEBI für Pflichtpfandsystem mit MW-Pflicht (2b: Rec100% + MWmax). Bezugsgrösse: ganzes System.

	ZUSATZKOSTEN CHF	UMWELTNUTZEN VUBP	SEBI VUBP/CHF
GLAS 2B VS. GLAS HEUTE	64.9 Mio	21 Mia	330
PET 2B VS. PET HEUTE	141.1 Mio	39 Mia	270

7 Anhang 2: Annahmen und Ausführungen zur Modellierung von F. Dinkel

Dr. Fredy Dinkel von der Carbotech AG hat das Review des Projektberichts getätigt. Im Zuge dessen hat er eine Berechnung der SEBI für die beiden Szenarien 1b und 2b vorgenommen. Seine Modellierung wird in diesem Kapitel kurz beschrieben. Die Modellierungen von A. Stäubli und F. Dinkel unterscheiden sich vor allem in der verwendeten Datenbasis. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die unterschiedlichen Ansätze:

Tab. A.7.1: Datenbasis der Modellierung von F. Dinkel und A. Stäubli.

	F. DINKEL	A. STÄUBLI
UMWELTNUTZEN 1B	<u>Nutzen der Recyclingsysteme heute, hochgerechnet auf eine Recyclingquote von 100%</u>	<u>Nutzen der Recyclingsysteme heute, hochgerechnet auf eine Recyclingquote von 100%</u>
UMWELTNUTZEN 2B	<p>Nutzen der Recyclingsysteme heute, hochgerechnet auf eine Recyclingquote von 100%.</p> <p>Der Nutzen wurde für den gestiegenen Anteil an Mehrweg entsprechend vervielfacht:</p> <p>PET: <u>Heutiger Nutzen Recyclingsysteme pro Tonne mal 2</u></p> <p>Glas: <u>Heutiger Nutzen Recyclingsysteme pro Tonne mal 4</u></p>	<p>Nutzen der Recyclingsysteme heute, hochgerechnet auf eine Recyclingquote von 100%.</p> <p>Nutzen des Mehrwegsystems wurde basierend auf den <u>Daten vom SVUG</u> berechnet (Getränkesee in [hl] und in auf den Markt gebrachte Einweg-Verpackungen in [t]).</p>
KOSTEN 1B	<u>Hochrechnung der Kosten heutiger Systeme. Bei PET von 2 auf 7 Rp. Bei Alu von 1 auf 7 Rp. Bei Glas von 4 auf 10 Rp.</u>	<u>Kostenabschätzung basierend auf skandinavischen Pfandländern. Annahme UMTEC: 7 Rp pro Gebinde.</u>
KOSTEN 2B	<u>Hochrechnung der Kosten heutiger Systeme. Bei PET von 2 auf 15 Rp. Bei Glas von 4 auf 20 Rp.</u>	<u>Kostenabschätzung basierend auf skandinavischen Pfandländern. Annahme UMTEC: 7 Rp pro Gebinde EW und 15 Rp pro Gebinde MW.</u>

Tab. A.7.2: Annahmen F. Dinkel zum heutigen Recyclingsystem

	PET	ALU	GLAS
ABSATZMENGE [t/a]	45'122	10'658	303'259
SYSTEMKOSTEN [MIO CHF/a]	41.6	9	30.3
KOSTEN PRO GEBINDE [Rp]	2	1	4
RECYCLINGRATE [%]	83	92	94
MEHRWEG [%]	-	-	40%
UMWELTNUTZEN [UBP/kg]	1'740	9'400	500
UMWELTNUTZEN [Mia UPB/a]	65.2	92.2	142.5

Tab. A.7.3: Annahmen F. Dinkel zum Pflichtpfandsystem

	PET	ALU	GLAS
KOSTEN PRO GEBINDE [Rp], 1B	7	7	10
KOSTEN PRO GEBINDE [Rp], 2B	15	-	20
RECYCLINGRATE [%]	100	100	100
MEHRWEG [%]	65	-	56

Tab. A.7.4: Umweltnutzen eines Pflichtpfandsystems gemäss F. Dinkel.

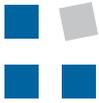
	PET	ALU	GLAS
UMWELTNUTZEN 1B [Mio UPB/a]	78.5	100.2	151.6
ZUSATZNUTZEN 1B VS. SYSTEM HEUTE [Mio UPB/a]	13.3	8	9.1
UMWELTNUTZEN 2B [Mio UPB/a]	129.5	-	163.8
ZUSATZNUTZEN 2B VS. SYSTEM HEUTE [Mio UPB/a]	64.4	-	21.2

Modellierung des Umweltnutzen von 2b am Beispiel PET: 35% multipliziert mit dem Systemnutzen von 1b (100% Recyclingquote) und 65% multipliziert mit dem Systemnutzen von 1b (100% Recyclingquote) und einem zusätzlichen Faktor 2. Es wird angenommen, dass das MW System doppelt so viel Nutzen pro Tonne generiert wie das EW System. Für Glas wird ein Faktor von 4 angenommen.

Tab. A.7.5: Kosten eines Pflichtpfandsystems gemäss F. Dinkel.

	PET	ALU	GLAS
KOSTEN SYSTEM HEUTE BEI EINER RECYCLINGRATE VON 100% [Mio CHF/a]	50.1	9.8	32.2
GESPARTE LITTERING-PUTZ-KOSTEN [MIO CHF]	12.5	5.8	7
KOSTEN 1B [MIO CHF/A]	175	68	81
ZUSATZKOSTEN 1B VS. SYSTEM HEUTE [Mio CHF/a]	113	53	41
KOSTEN 2B [MIO CHF/A]	306	-	102
ZUSATZKOSTEN 2B VS. SYSTEM HEUTE [Mio CHF/a]	243	-	63

Bei den Kosten von 1b sind die gesparten Littering-Putz-Kosten noch nicht abgezogen. Diese werden erst bei der Berechnung der Zusatzkosten von den Kosten des Pflichtpfandsystems subtrahiert. Die Kosten wurden basierend auf den heutigen Systemkosten berechnet, in dem als Faktoren die Werte in Tabelle A.7.3 verwendet wurden.



Tab. A.7.5: Vergleich der SEBIs von F. Dinkel und A. Stäubli.

	<i>SEBI VUBP/CHF F.DINKEL</i>	<i>SEBI VUBP/CHF A.STÄUBLI</i>
<i>PET 1B VS. PET HEUTE</i>	118	240
<i>ALU 1B VS. ALU HEUTE</i>	152	230
<i>GLAS 1B VS. GLAS HEUTE</i>	220	360
<i>PET 2B VS. PET HEUTE</i>	265	274
<i>GLAS 2B VS. GLAS HEUTE</i>	338	327