



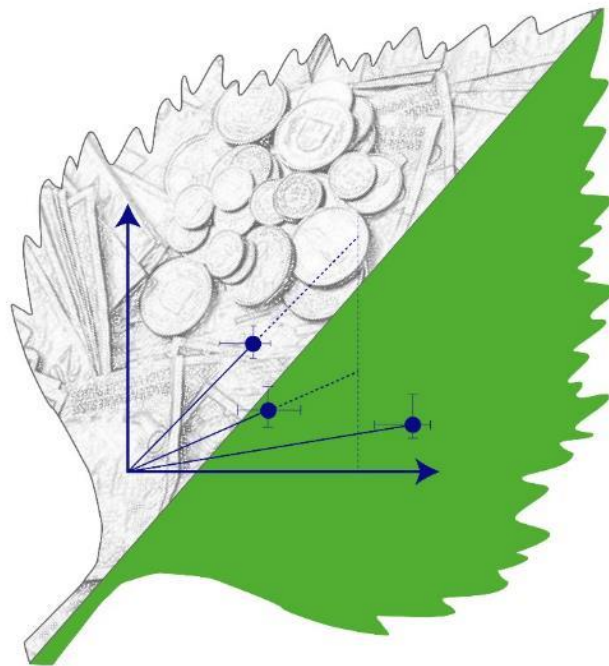
HSR

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz

EconEcol

Kosten-Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich (Kurzbericht)



Projektleitung

Ariane Stäubli
Thomas Pohl

Verantwortlich

Prof. Dr. Rainer Bunge

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Oberseestrasse 10

8640 Rapperswil

Tel: 055 222 48 60

08.06.2016

Projektpartner:

- Bundesamt für Umwelt BAFU
- Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern AWA
- Branchenverband der ICT-Anbieter Swico



UMTEC

INSTITUT FÜR UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK



Wichtige Hinweise

Der in dieser Studie entwickelte Algorithmus zur Bestimmung des spezifischen Ökonutzenindikators (SEBI) soll umweltpolitischen Entscheidungsträgern als Entscheidungshilfe dienen. Hierbei sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. Der SEBI dient dazu die Effizienz von neu vorgeschlagenen Umweltmassnahmen vor dem Hintergrund von bereits durchgeführten Umweltmassnahmen zu beurteilen.
2. **Der SEBI ist ein Entwicklungsinstrument und daher nicht dazu geeignet, bereits etablierte Umweltmassnahmen zu beurteilen und schon gar nicht, um die Weiterführung von weniger effizienten Massnahmen in Frage zu stellen.** Würde nämlich die Massnahme mit der aktuell geringsten Effizienz im Nachhinein abgeschafft, so könnte mit der gleichen Argumentation anschliessend die Massnahme mit der zweitgeringsten Effizienz eliminiert werden, und so fort, bis zuletzt keine einzige Massnahme mehr übrigbleibt.
3. Die Resultate dieser Studie streben eine Genauigkeit von +/- 20% an, sind also semi-quantitativer Natur, und dienen zur groben Orientierung. Dies unter anderem aus folgenden Gründen:
 - a. Die von uns verwendete Ökobilanzierungsmethode (nach der ökologischen Knappheit) gewichtet umweltrelevante Tätigkeiten anhand politischer Zielvereinbarungen, die sich ändern können. Auch andere ökologische Basisdaten können sich ändern, werden aber in den Datenbanken nur periodisch nachgeführt.
 - b. Die Kosten- und Finanzierungsstrukturen der betrachteten Systeme sind ständigen Änderungen unterworfen, z.B. durch täglich veränderliche Rohstoffpreise, durch Anpassungen bei vorgezogenen Recyclingabgaben, durch das Anlegen und Auflösen von finanziellen Rückstellungen der Sammelverbände, usw.

1 Ausgangslage

Im Bereich der Abfallwirtschaft nimmt die Schweiz eine Vorreiterrolle ein. Rund die Hälfte der jährlich anfallenden Siedlungsabfälle wird in Recyclingsystemen erfasst und stofflich verwertet. Der Rest wird in KVA verbrannt, also thermisch verwertet.

Die stoffliche Verwertung, das Recycling, liegt im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie. Was nicht stofflich verwertet werden kann, muss durch Primärrohstoffe bereitgestellt werden. Die Gewinnung von Primärrohstoffen ist im Allgemeinen ökologisch nachteilig, aber wirtschaftlich gewinnbringend. Durch das Recycling von Materialien wird daher, im Vergleich zur Primärrohstoffgewinnung, ein Nutzen für die Umwelt erzielt. Beim Recycling unterscheiden wir zwischen marktwirtschaftlich angetriebenen Systemen und gesetzestriebenen Systemen. Ein Beispiel für ein marktwirtschaftlich angetriebenes System ist das Altpapierrecycling (linker oberer Quadrant in Abb. 1). Obwohl ökologisch besser als die Mitverbrennung in der KVA, bedarf dieses Recycling weder einer gesetzlichen Vorgabe noch einer finanziellen Unterstützung weil die Verwertungskosten des Recyclings tiefer liegen als die der KVA.

Ein Beispiel für das „marktgetriebene Entsorgung“ (linker unterer Quadrant) ist die illegale Kehrichtverbrennung, die aber wesentlich mehr Umweltbelastung verursacht als die Verbrennung in einer Schweizer KVA. Ein Beispiel für den das gesetzestriebene Recycling ist die stoffliche Verwertung von Aluminiumdosen, wobei durch Mehrkosten gegenüber der Mitverbrennung in der KVA Umweltbelastungspunkte eingespart werden können.

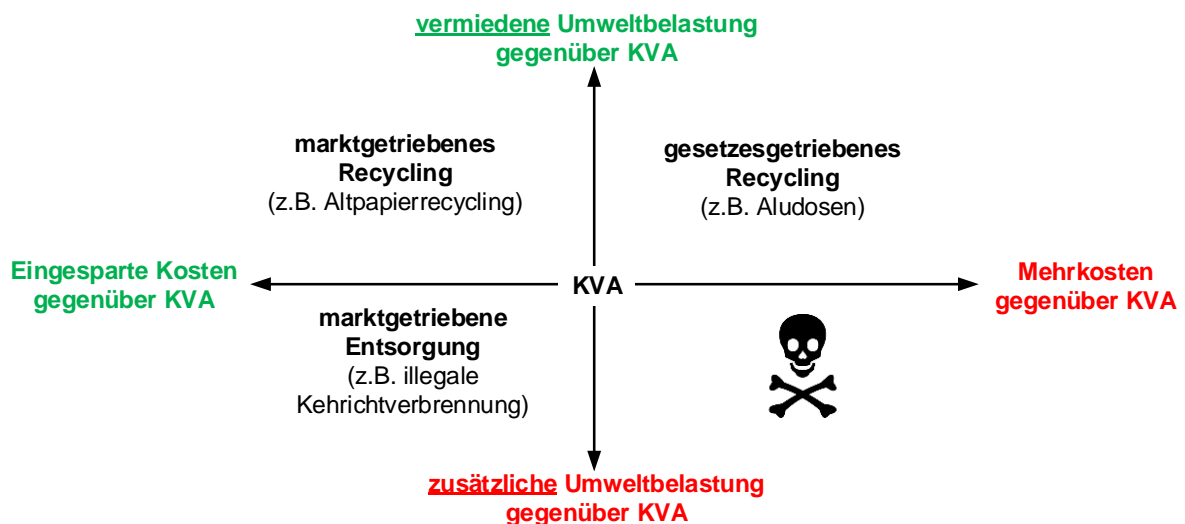


Abb. 1: Recyclingsysteme im Spannungsfeld zwischen Ökologie (y-Achse) und Wirtschaftlichkeit (x-Achse).

Ein weiteres Beispiel für den oberen rechten Quadranten in Abb. 1 ist die ordnungsgemäße Verwertung von Elektronikschrott. Um zu vermeiden, dass der Elektronikschrott dem marktwirtschaftlich erzeugten Sog ins „Recycling in Schwellenländern“ folgt, muss das „Recycling nach Schweizer Standards“ durch entsprechende Vorschriften unterstützt werden. Hierzu dienen entweder direkte gesetzliche Vorgaben (z.B. Exportverbot von Elektronikschrott), oder

eine gesetzlich regulierte finanzielle Unterstützung zum Recycling in der Schweiz, z.B. durch eine vorgezogene Recyclinggebühr (vEG, vRB oder vRG).

Das Projekt EconEcol befasst sich ausschliesslich mit gesetzgetriebenen Recyclingsystemen, die einen gegenüber dem jeweiligen Referenzszenario positiven Umweltnutzen erzeugen, also Systemen die in Abb. 1 im rechten oberen Quadranten liegen.

In der Schweiz sind anspruchsvolle umweltbezogene Auflagen nicht nur in Gesetzen verankert, sondern diese werden auch vollzogen. Gleichzeitig befindet sich die Schweizer Umweltgesetzgebung in stetem Wandel, insbesondere infolge von parlamentarischen Vorstössen (Stichworte „grüne Wirtschaft“, Energiewende...). Diese liegen meist im Spannungsfeld zwischen „billig und ökologisch schlecht“ bis „teuer aber ökologisch gut“ (Abb. 2). Entschieden wird in diesem Spannungsfeld in der Realität häufig entlang den politischen Leitplanken: die einen argumentieren mit dem ökologischen Vorteil, die anderen halten die hohen Kosten dagegen. Es wäre wünschenswert die Entscheidung über umweltpolitische Massnahmen auf objektiven Kriterien abzustützen. Dies gilt auch für die Schweizer Abfallwirtschaft.

Stünden einer Abfallwirtschaft unbegrenzte finanzielle Mittel zur Unterstützung des Recyclings zur Verfügung, dann wäre es sinnvoll jedes System zu unterstützen, sofern ökologisch sinnvoll. In der Realität steht jedoch nicht beliebig viel Geld für ökologisch motivierte Massnahmen zur Verfügung, sondern die Mittel sind limitiert (z.B. Steuergelder und zusätzliche Abgaben).

Damit treten neu einzuführende Umweltmassnahmen in Anspruchskonkurrenz um die limitierten Mittel, und zwar nicht nur mit anderen Massnahmen im Umweltbereich, sondern auch mit anderen Bereichen der Volkswirtschaft (Ausbildung, Gesundheit, innere Sicherheit...). Bisher wird diese Anspruchskonkurrenz vor allem „politisch“ entschieden, stark beeinflusst durch aktuelle umweltrelevante Ereignisse (Fukushima...), und vor allem danach welche Seite die stärkeren Lobbys mobilisieren kann (z.B. Wirtschaftsverbände, Umweltverbände...).

Zur Versachlichung der Diskussionen schlagen wir vor, die Beurteilung der Förderwürdigkeit einzelner Recyclingsysteme auf eine Priorisierung mittels Kosten/Nutzen-Effizienzindikatoren abzustützen. Als Einführung in diesen Ansatz dient Abb. 2 (links), die den in Abb. 1 grau hinterlegten oberen rechten Quadranten detaillierter aufschlüsselt.

Massnahmen im „roten Bereich“, die absurd teuer sind, aber nur einen marginalen ökologischen Nutzen abwerfen, werden ohnehin nicht durchgeführt, z.B. das Recycling von separat gesammelten Kugelschreibern. Massnahmen im „grünen Bereich“ sind kostengünstig und bringen gleichzeitig einen grossen ökologischen Ertrag, wie zum Beispiel das Alu-Dosenrecycling. Diese Massnahmen werden ohnehin durchgeführt. Anlass zu Diskussionen gibt der „gelbe Bereich“ entlang dem Vektor „ökologisch schlechter aber billig“ bis „ökologisch besser aber teuer“.

In Abb. 2 (rechts) wird die Kosten/Nutzen-Effizienz der vier Umweltmassnahmen A, B, C, D verglichen. Die Massnahmen wurden zunächst hinsichtlich ökologischem Nutzen mit „eingesparten Umweltbelastungspunkten pro Tonne“ eUBP/Tonne bewertet (weitere Ausführungen zu dieser Methode folgen in Abschnitt 2). Dann wurden die zusätzlichen Kosten für die Durchführung der Massnahmen ermittelt (in CHF/Tonne). Die so bewerteten Massnahmen wurden dann in das Diagramm in Abb. 2 (rechts) eingetragen. Um die Kosten/Nutzen-Effizienz darzustellen, werden die Punkte mit Vektoren aus dem Nullpunkt verbunden und hieraus ermittelt, wie viele Umweltbelastungspunkte je zusätzlich ausgegebenem CHF bei jeder der vier Massnahmen eingespart werden konnten. Diese 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. Dann folgen A und B, welche beide die gleiche Kosten/Nutzen-Effizienz aufweisen und schliesslich die Massnahme D.

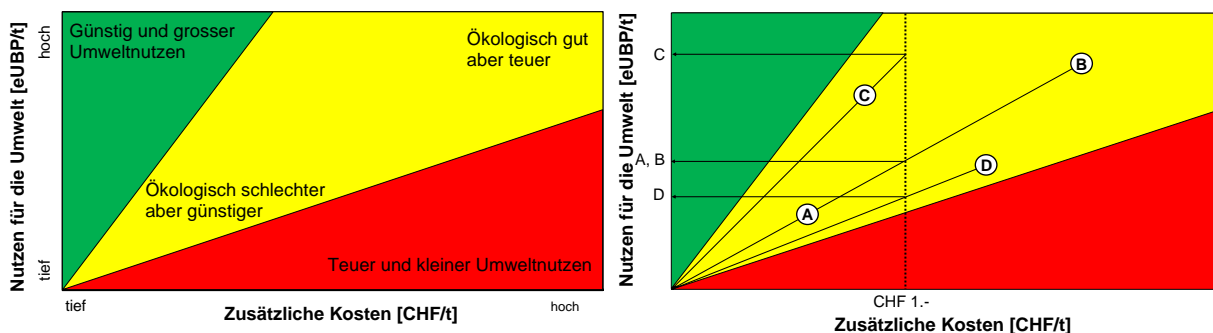


Abb. 2: Links: Beispiel Abfallwirtschaft - Massnahmen die billig sind und einen hohen Nutzen haben werden diskussionslos durchgeführt. Massnahmen die teuer sind und einen geringen Nutzen bringen werden nicht umgesetzt. Dazwischen bleibt das Spannungsfeld: von „billig aber ökologisch schlecht“ bis „teuer aber ökologisch gut“. Rechts: Kosten/Nutzen-Effizienz der Massnahmen A...D in „eingesparte Umweltbelastungspunkte pro zusätzlich ausgegebenem Franken (eUBP/1CHF). Punkto Ökoeffizienz ergibt sich folgende Rangfolge: $C > A = B > D$.

2 Zielsetzung und Inhalt

Zielsetzung des Projekts EconEcol war die Schaffung von objektiven, auf Kosten-Nutzen-Betrachtungen basierenden, Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen.

Zentraler Baustein von EconEcol ist eine Liste, in welcher umweltbezogene Massnahmen hinsichtlich ihrer wirtschaftlich/ökologischen Effizienz beurteilt sind. Zur Beurteilung der ökologischen Aspekte werden Methoden der Ökobilanzierung benutzt, z.B. die „Methode der ökologischen Knappheit“. Auf diese Weise wird der Umweltnutzen einer Massnahme gegenüber dem Referenzszenario (z.B. Status quo) durch „eingesparte Umweltbelastungspunkte (eUBP)“ quantifiziert. Der Quotient eUBP/CHF ist der „specific-eco-benefit-indicator“, kurz SEBI.

Zur Berechnung des SEBI wird der gegenüber dem Referenzszenario zusätzliche Umweltnutzen durch die zusätzlichen Kosten dieser Massnahme dividiert. Der SEBI ergibt sich damit in eUBP/CHF. Ein hoher SEBI steht damit für ein besonders ökoeffizientes Recyclingsystem, also einen grossen ausgelösten Umweltnutzen pro ausgegebenem Schweizer Franken.

Beispiel Laptoprecycling: Für Laptops zahlen die Käufer eine VRG von 1'150 CHF/t. Diese Gebühr wird für die Separatsammlung der Laptops mit anschliessender Aufbereitung durch Schweizer Recyclingunternehmen verwendet. Dies kostet gegenüber dem Referenzszenario „Verbrennung nach Entsorgung in den Müllsack“ (Kosten je Tonne ca. CHF 310) zwar zusätzlich 840 CHF/t, dafür werden aber auch 7.7 Mio. UBP eingespart. Dies entspricht der Umweltbelastung, die z.B. durch rund 20'000 km Fahrt mit einem durchschnittlichen Auto oder durch die Gewinnung von 50 g Gold ausgelöst wird.

Nachdem auf diese Weise die SEBI einer grösseren Anzahl umweltbezogener Massnahmen berechnet wurden, ergibt sich ein Bild davon, welche in der Schweiz bereits eingeführten Umweltmassnahmen welche Kosten-Nutzen-Effizienz aufweisen.

Bei neu vorgeschlagenen Massnahmen kann nun ermittelt werden, wo diese im Spektrum der bislang akzeptierten Massnahmen liegen. Dieser Abgleich dient als Entscheidungshilfe. Vor dem Hintergrund von Abb. 6 liegt das Spektrum der Recyclingsysteme in der Schweiz im Bereich 1'000-15'000 eUBP/CHF. Es wird daher wesentlich schwieriger sein ein neues Recyclingsystem A mit nur 500 eUBP/CHF einzuführen als eine Massnahme B, die 20'000 eUBP/CHF bringt. Zur Umsetzung der Massnahme A müssten folglich weitere unterstützende Argumente gefunden werden, z.B. „strategische Massnahme mit Investitionscharakter“ (kostet jetzt viel, lohnt sich aber langfristig); „Harmonisierung mit internationalen Verpflichtungen“, „Ressourcenüberlegungen“ (Schaffung einer Rohstoffbasis durch Recycling), „politischer Wille“ etc.

Damit erweist sich der SEBI als Instrument, das als erste Indikation einen quantitativen Rahmen absteckt. Dieser erlaubt es, anschliessend mit höherer Präzision und Rationalität die in jedem Fall notwendige qualitative (insbesondere politische) Diskussion zu führen.

3 Material und Methoden

3.1 Definition der Szenarien

Um die ökologische Effizienz zu ermitteln, wird ein „Alternativszenario“ mit einem „Referenzszenario“ verglichen. Das Referenzszenario ist in der Regel das Szenario, welches zur Anwendung käme, wenn die betrachtete Alternative nicht durchgeführt würde, also der „Status quo“. Zur Beurteilung von bereits eingeführten Umweltmassnahmen ist das Referenzszenario in der Regel das Szenario, welches zur Anwendung käme, hätte man die zu untersuchende Massnahme nicht eingeführt oder wollte man sie wieder abschaffen.

Das Standard-Referenzszenario zur Beurteilung der Ökoeffizienz von Systemen zum Recycling von Siedlungsabfällen in der Schweiz stellt die Verbrennung des Abfalls in einer durchschnittlichen Kehrichtverbrennungsanlage dar. Ein sinnvolles Referenzszenario zur Beurteilung des Recyclings von mineralischen Bauabfällen könnte die Ablagerung auf einer Deponie vom Typ B sein.

Das Alternativszenario ist ein zum Referenzszenario alternativer Entsorgungsweg, z.B. das Recycling (stoffliche Nutzung) von PET-Flaschen anstelle des Verbrennens (thermische Nutzung) oder die Aufbereitung von Mischabbruch anstatt der Deponierung.

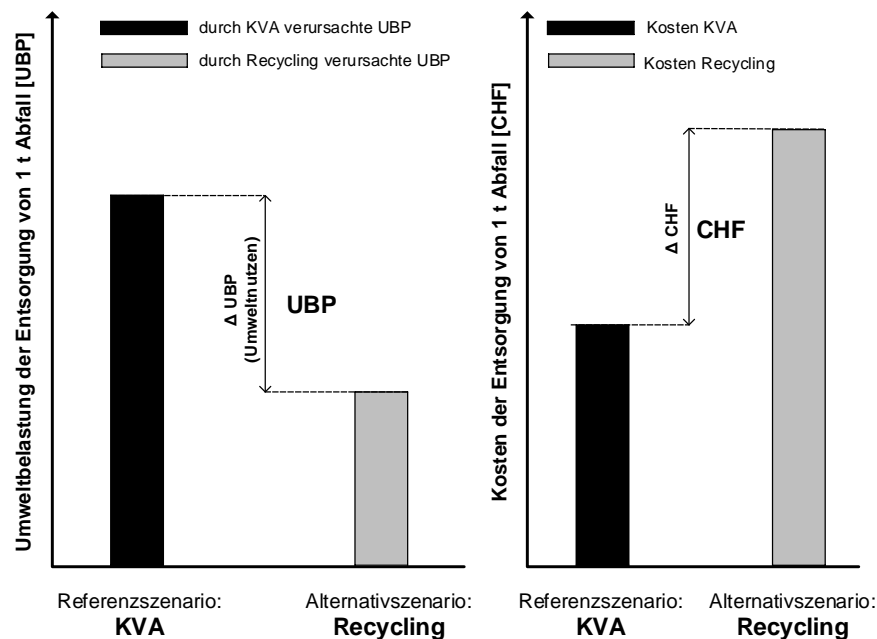


Abb. 3: Referenzszenario Kehrichtverbrennung KVA vs. Alternativszenario Recycling. Links: Quantifizierung des Umweltnutzens mittels Umweltbelastungspunkten führt zu ΔUBP . Rechts: Analog dazu werden die gegenüber einem Referenzszenario zusätzlich anfallenden Kosten (ΔCHF) bestimmt. Diese beiden Differenzen (ΔUBP und ΔCHF) werden zur Bestimmung des SEBI dividiert: $SEBI = \Delta UBP / \Delta CHF = eUBP / CHF$.

3.2 SEBI - Spezifischer Ökonutzenindikator (Specific-Eco-Benefit-Indicator)

Massnahmen mit einer hohen ökologischen Effizienz („Ökoeffizienz“) verursachen einen hohen Umweltnutzen mit einem geringen finanziellen Aufwand. Im SEBI-Modell kommt folgende Definition der ökologischen Effizienz zur Anwendung:

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

Abb. 3 skizziert wie die Basisdaten zur Bestimmung des SEBI, die eingesparten Umweltbelastungspunkte und die zusätzlichen Kosten einer Umweltmassnahme, ermittelt werden.

3.3 Quantifizierung der Umweltwirkung

Die Umweltwirkung wurde im Rahmen dieses Projekts konform zur ISO-Norm 14044:2006 durch eine Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA), basierend auf der Datenbank Ecoinvent 2.2 und 3.1, durchgeführt. Die angewendete „Methode der ökologischen Knappheit“ gewichtet die Umweltauswirkungen entsprechend umweltpolitischen Zielsetzungen der Schweiz. Alternativ könnte man auch andere Methoden der Ökobilanzierung verwenden, z.B. die Quantifizierung der Umweltauswirkung mittels CO₂-Äquivalenten.

Als funktionelle Einheit wurde von uns die Entsorgung von einer Tonne Abfall gewählt. Die Systemgrenzen wurden wie folgt gesetzt: ab „Übergabe ins Entsorgungssystem“ (z.B. „abgeholt ab Strassenrand“ oder „angeliefert an Gemeinde-Sammelcontainer“) bis „Wertstoff-Rückgewinnung im Recyclingwerk“ bzw. bis „Deponierung der KVA-Schlacke“.

Zur Quantifizierung der durch „rezykliertes Material“ ausgelösten Umweltgutschrift wurde das Substitutionsprinzip angewandt, wobei für die Recyclingbestrebung eine Gutschrift vergeben wird, die sich aus der Differenz der UBP der Herstellung des Neumaterials und den UBP des Recyclingmaterials ergibt, denn z.B. durch das Recycling von Metallen kann der Abbau von Primärerz verhindert werden.

3.4 Ermittlung der Kosten

Um die Kosten eines Recyclingsystems im Vergleich zur Verbrennung in einer KVA zu bestimmen, werden die gesamten Aufwände betrachtet (Abb. 4).

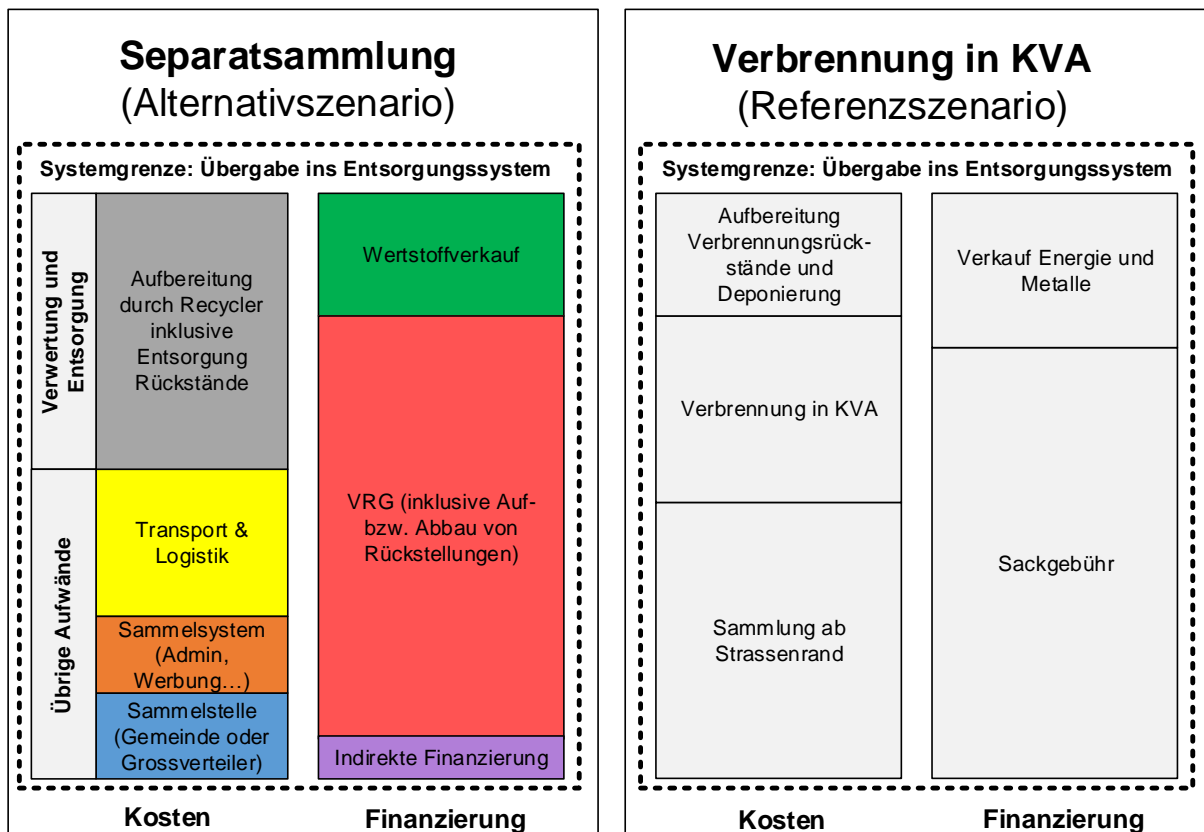


Abb. 4: Die Kosten des Alternativszenarios innerhalb der Systemgrenze „Übergabe ins Entsorgungssystem“ werden in „Verwertungsaufwand“ (Aufbereitung durch Recycler inklusive Entsorgung Rückstände) und „übrige Aufwände“ (Sammelstellen- und Logistikaufwände etc.) gegliedert. Im Referenzszenario KVA werden die Sammlungs-, Verbrennungs- sowie Aufbereitungs- und Deponierungskosten betrachtet. Während diese Kosten durch eine Sackgebühr und den Verkauf von Energie und Metallen gedeckt sind, finanzieren sich Recyclingssysteme durch den Wertstoffverkauf, die VRG und durch allfällige „indirekte Finanzierungen“ z.B. mittels Steuern oder Rücknahmeaufwänden der Grossverteiler.

Beide betrachteten Entsorgungssysteme (Separatsammlung und Kehrichtverbrennung KVA) weisen Aufwände (Kosten) auf, die über Erlöse finanziert werden. Wir gehen davon aus dass, nach entsprechender Abgrenzung, Kosten und Erlöse gerade gleich hoch sind.

Im Alternativszenario (linke Seite in Abb. 4) setzt sich der Gesamtaufwand wie folgt zusammen (von unten nach oben in Abb. 4):

- **Sammelstelle:** Umfasst den Aufwand für den Unterhalt einer Sammelstelle, z.B. die einer Gemeinde oder eines Grossverteilers.
- **Aufwand Sammelssystem:** Umfasst die von den Sammelverbänden aufgeführten Aufwände wie z.B. Administrations- und Marketingaufwände etc.



- Transport & Logistik: Umfasst alle Transporte und Lagerungen von der Sammelstelle bis zum Aufbereiter sowie Entsorgung der Aufbereitungsrückstände (Bahn sowie LKW).
- Aufbereitung: Beinhaltet die Aufbereitung durch den Recycler inklusive die Entsorgung der Rückstände.

Die Finanzierung gliedert sich wie folgt (von unten nach oben in Abb. 4):

- Indirekte Finanzierung: Dieser Posten beinhaltet Aufwand, welcher in der Regel nicht explizit ausgewiesen wird. *Beispiel 1: Unterstützung von Sammelstellen durch die Gemeinden (Steuergelder). Beispiel 2: Unterstützung der Sammelstellen durch die Bereitstellung von Logistik seitens der Grossverteiler (Finanzierung durch Preisauflagen auf die Produkte).*
- VRG: Alle vorgezogenen Gebühren, also VEG, VRG und VRB inklusive Auf- bzw. Abbau von Rückstellungen aus dem Fond.
- Wertstoffverkauf: Der durch den Verkauf von zurückgewonnenen und aufbereiteten Wertstoffen generierte Erlös.

Ein grosser Anteil der beim Kauf eines Produkts eingezogenen Gebühren dient zur Vergütung der Aufbereitung. Der Rest der Aufbereitungs- und Deponierungskosten wird über Einnahmen aus dem Wertstoffverkauf gedeckt (siehe grüne Box in Abb. 4).

Im Referenzszenario (siehe rechte Grafik in Abb. 4) setzen sich die Kosten aus der Kehrichtsammlung ab Strassenrand, aus der Verbrennung in der KVA, und aus der anschliessenden Aufbereitung der Verbrennungsrückstände sowie der Deponierung der Aufbereitungsrückstände zusammen. Finanziert werden diese Aufwände über die Erlöse der Sackgebühr und aus dem Verkauf von Energie (Strom und Wärme) und Metallen.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ermittlung der Kosten

Die Schweizer Gemeinden werden in den letzten Jahren zunehmend mit einer „Sammelwut“ ihrer Bürger konfrontiert. Ausgehend von der Idee, dass das Recycling „a priori gut“ sei, beantragen ökologisch engagierte Bürger immer neue Separatsammlungen, z.B. von Kreditkarten, DVDs, Weinflaschenkorken und dergleichen. Dabei ist folgendes zu bedenken: Die Kosten für Separatsammlungen hängen stark von der total gesammelten Menge ab. Die Logistikkosten steigen bei kleinen Sammelmengen massiv an und übertreffen in der Regel alle weiteren Kosten, z.B. die der eigentlichen Aufbereitung, deutlich. Hieraus leitet sich die Faustregel ab, dass die Kosten/Nutzeneffizienz des Recyclings von Abfällen mit sehr kleinen Massenströmen in der Regel tief ist (siehe Abb. 5).

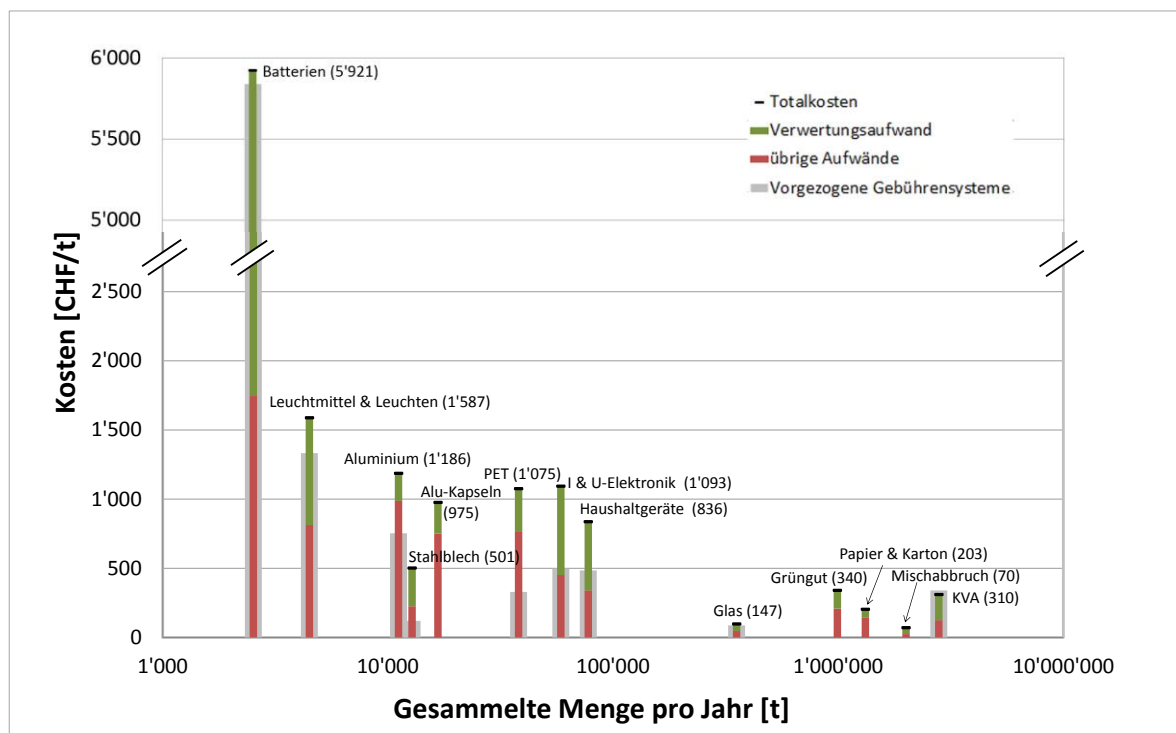


Abb. 5: Gesamtkosten pro Tonne in Relation zu den gesammelten Mengen. Der Deckungsbeitrag durch die vorgezogenen Gebühren ist bei den jeweiligen Fraktionen grau hinterlegt. Die Balken der Gesamtkosten der einzelnen Systeme werden in „Verwertungsaufwand“ und „übrige Aufwände“ unterteilt. Die verwendeten Daten basieren auf den Jahren 2012 bis 2014. Der jeweils aktuelle vollständige Datensatz wurde zum Vergleich verwendet. Bemerkungen: „I & U-Elektronik“ sind Informatik und Unterhaltungselektronik, welche durch SWICO recycelt werden.

Durch die Betrachtung von Abb. 5 wird deutlich, dass eine Abhängigkeit der Kosten und Mengen besteht: je grösser die Menge, desto tiefer die Kosten.

4.2 SEBI der Recyclingsysteme

Mit dem in Kapitel 3 beschriebenen Modell wurden die SEBIs von Schweizer Recyclingsystemen berechnet und in Abb. 6 nach zwei Materialgruppen geordnet dargestellt:

- Verpackungsmaterialien
- Elektro(nik)geräte

Eine hohe Ökoeffizienz (=grosser SEBI), wird durch die metallischen Verpackungsmaterialien Aluminium und Weissblech und das Elektroschrottrecycling (SENS) erreicht (Abb. 6). Im mittleren Bereich ist das Recycling von Elektronik (SWICO), Leuchten&Leuchtmitteln sowie PET angesiedelt. Bei tiefen SEBI liegt das Recycling von Haushaltsbatterien, Getränkekartons und Alu-Kaffeekapseln. Diese drei Systeme werden im folgenden Abschnitt kommentiert.

Das Recycling von Haushaltsbatterien weist zwar mit 7.8 Mio. eUBP/t einen hohen spezifischen Umweltnutzen auf, hat aber auch die weitaus höchsten spezifischen Kosten (5'921 CHF/t). Historisch bedingt wurde die Separatsammlung von Batterien hauptsächlich wegen des Quecksilbers initiiert, welches erstens in grosser Menge in den früheren Batterien enthalten war und zweitens durch die Rauchgasreinigung der früheren KVA nur unvollständig zurückgehalten wurde. Durch das mittlerweile durchgesetzte Quecksilberverbot in Batterien sind die Quecksilbergehalte heute erstens sehr viel tiefer als zum Zeitpunkt der Einführung des Batterierecyclings, und zweitens wird das Quecksilber in allen Schweizer KVA praktisch vollständig zurückgehalten. Damit ist, bei etwa konstanten Kosten, der Umweltnutzen des Batterierecyclings gegenüber der Verbrennung in der KVA massiv eingebrochen und damit der SEBI sehr viel tiefer als früher. Dies zeigt auch sehr gut, weshalb das Entwicklungswerkzeug SEBI nicht auf bestehende Systeme angewendet werden darf.

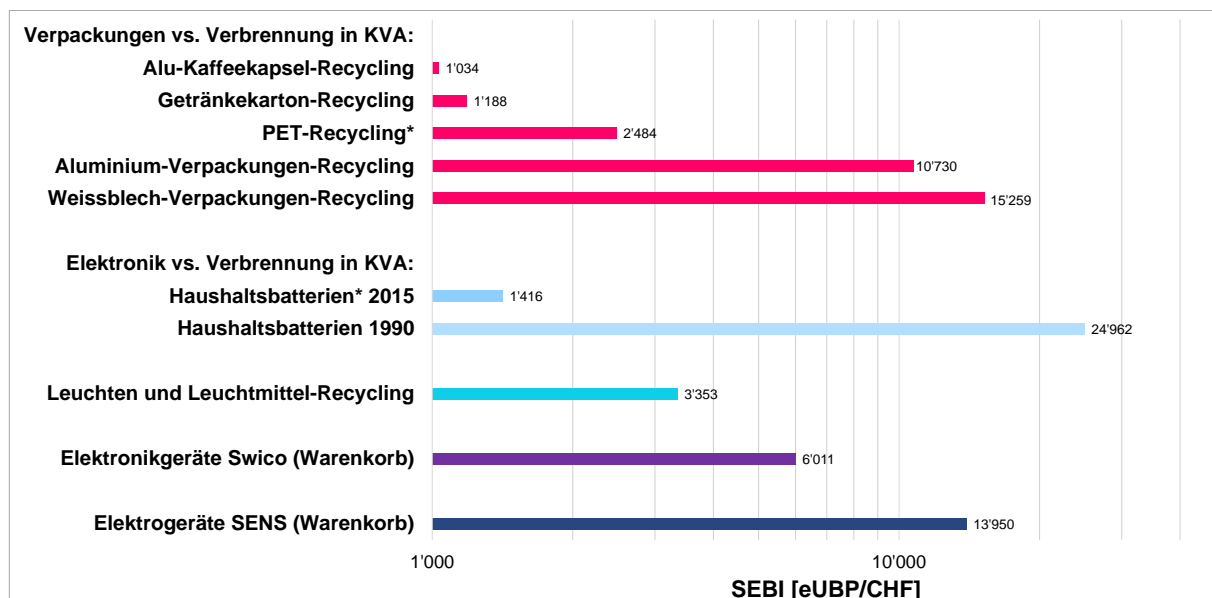


Abb. 6: SEBI verschiedener Recyclingsysteme, dargestellt als Balkendiagramm. Die Kosten der Recyclingsysteme wurden am UMTEC ermittelt. Das Sternchen * hinter einzelnen Recyclingsystemen in der Legende weist darauf hin, dass die Daten zur Bestimmung der Umweltwirkung aus einer externen Studie stammen (Carbotech).

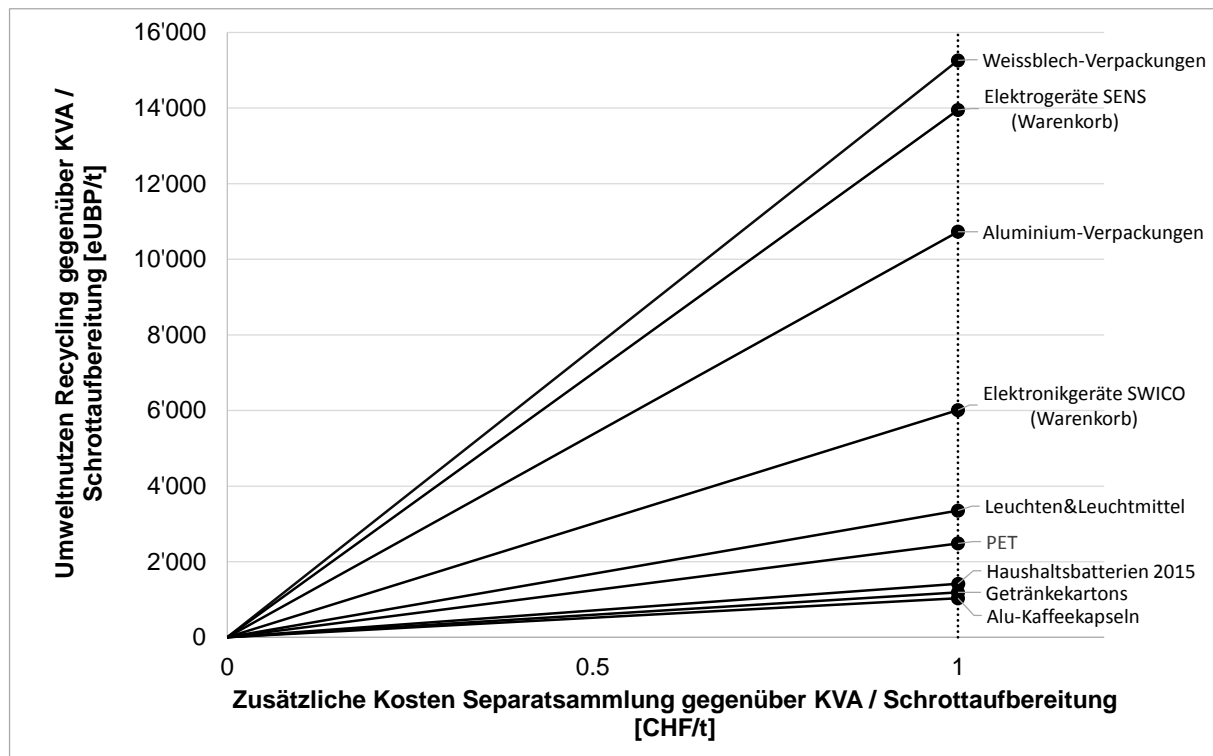


Abb. 7: Zusammenfassung SEBI verschiedener Recyclingsysteme: Der Datensatz in Abb. 6 dargestellt in Anlehnung an Abb. 2.

Das Recycling von separat gesammelten Getränkekartons hätte, gemäss unseren überschlägigen Abschätzungen, einen ähnlich tiefen SEBI wie das Batterierecycling. Im Unterschied zum Batterierecycling ist jedoch das Recycling von Getränkekartons in der Schweiz noch nicht eingeführt. Sollten sich unsere Abschätzungen zur Kosten/Nutzen-Effizienz der Getränkekartonsammlung erhärten, müssten zur gesetzlich unterstützten Einführung einer Separatsammlung von Getränkekartons besondere Argumente angeführt werden, warum diese im Vergleich mit den bereits in der Schweiz umgesetzten Recyclingmassnahmen wenig effiziente neue Massnahme dennoch unterstützt werden sollte. Einer privatwirtschaftlich finanzierten Separatsammlung von Getränkekartons stünde jedoch nichts im Wege. In diesem Fall würden die unten für Alu-Kaffee kapseln ausgeführten Betrachtungen gelten.

Einen vergleichsweise tiefen SEBI hat auch das Recyclingsystem für Alu-Kaffee kapseln. Eine Kritik an diesem System wäre jedoch insofern fehlgeleitet, als das Recycling der Kapseln privatwirtschaftlich abgewickelt wird, also keine Unterstützung durch gesetzliche Auflagen in Anspruch nimmt. Zwar sind die Kosten für das Kapselrecycling hoch und der ökologische Ertrag ist eher niedrig, jedoch werden diese Kosten durch die Kapselhersteller über einen erhöhten Produktpreis direkt auf ihre Kunden abgewälzt (und nicht auf die Allgemeinheit).

Das im Rahmen dieser Studie betrachtete PET-Recycling schneidet punkto Kosten/Nutzeneffizienz im unteren Mittelfeld ab. Der Grund hierfür ist, dass bereits das Referenzszenario „thermische Nutzung in KVA“ durch die Gutschrift für die Wärme- resp. Stromerzeugung, umwelttechnisch gut abschneidet. Hierdurch wird die Differenz zur ökologisch besseren stofflichen

Verwertung, gegenüber der thermischen Nutzung, von PET kleiner. Folglich sinkt auch die Kosten/Nutzen-Effizienz. Es ist davon auszugehen, dass die Separatsammlung anderer Kunststoffe zum Zweck der stofflichen Verwertung eine schlechtere Kosten/Nutzen-Effizienz haben wird als das PET-Recycling. Aus der eher geringen Ökoeffizienz des Kunststoffrecyclings darf aber auf keinen Fall gefolgert werden, dass Verpackungen aus Kunststoffen grundsätzlich ökologisch schlechter seien als beispielsweise solche aus Metallen, Glas oder Papier. Der SEBI-Indikator sagt lediglich aus dass, gegenüber dem Referenzszenario „Verbrennung in der KVA“, das stoffliche Recycling von Kunststoffverpackungen nur einen relativ geringen Vorteil bringt. Kunststoffverpackungen können aber per saldo ökologisch deutlich besser sein als alternative Verpackungsmaterialien, wenn nämlich der ökologische Mehrwert von Kunststoffverpackungen in den Leistungsbereichen „Vermeidung von Food-Waste“ und „geringes Transportgewicht“ den ökologischen Nachteil beim Recycling der Verpackungen überwiegt.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass einige Recyclingsysteme der Schweizer Abfallwirtschaft in unseren Betrachtungen ausgeklammert wurden. So z.B. das Recycling von Papier & Karton. Die Entsorgung von Papier & Karton kostet im Durchschnitt 203 CHF/t und ist damit nicht nur ökologisch besser, sondern auch noch billiger, als die Verbrennung in der KVA mit 310.-/t. Dieses System liegt somit im oberen linken Quadranten von Abb. 1 und entzieht sich daher dem Betrachtungsbereich des Projekts EconEcol (rechter oberer Quadrant).

Abb. 8 (linke Grafik) stellt die „Wirkung“, also die Effektivität, der bisher diskutierten Recyclingsysteme dar. Auf der x-Achse werden die Kosten je Tonne und auf der y-Achse die eingesparten UBP pro Tonne abgebildet. Zusätzlich wird durch die Grösse der einzelnen Blasen der ökologische Nutzen repräsentiert (relativ zum ökologischen Gesamtnutzen aller betrachteten Recyclingsysteme). Tabelle 1 liefert eine Übersicht der im Rahmen dieser Studie betrachteten Recyclingsysteme der Schweiz.

Tabelle 1: Auflistung der betrachteten Recyclingsysteme.

Recyclingsystem		Wertstoff
IGORA	Interessengemeinschaft für die Optimierung des Recyclings von Aluminium-Verpackungen	Aluminium-Verpackungen
Ferro	Ferro Recycling	Stahlblech-Verpackungen
INOBAT	Interessenorganisation Batterieentsorgung	Batterien
SENS	Stiftung SENS eRecycling	Elektrische und elektronische Haushaltgeräte, Spielwaren, Bau-, Garten und Hobbygeräte
SWICO	Verband der ICT-Anbieter in der Schweiz	Informatik und Unterhaltungselektronik
PRS	PET Recycling Schweiz	PET-Getränkeflaschen
SLRS	Stiftung Licht Recycling Schweiz	Leuchten und Leuchtmittel

Die grössten Blasen, und somit auch den insgesamt grössten Anteil am ökologischen Nutzen, haben die beiden Systeme SENS (Elektroschrott) und SWICO (Elektronikschrott). Ebenfalls einen relativ grossen Beitrag zur ökologischen Gesamtwirkung leisten die Systeme IGORA und PET.

Im Gegensatz dazu liefert das Recycling von Haushaltsbatterien, Getränkekartons und Alu-Kaffeekapseln einen vergleichsweise geringen Beitrag zum ökologischen Gesamt-Nutzen. Diese Systeme sind beides: weder sind sie besonders effektiv (Beitrag zum Gesamtnutzen) noch sind sie besonders effizient (geringer SEBI). Im Vergleich hiermit ist die Separatsammlung der Weissblechdosen zwar ebenfalls wenig effektiv, aber doch immerhin sehr effizient.

In Abb. 8 (rechte Grafik) ist dargestellt, dass über 90% des gesamten Umweltnutzens aller Schweizer Recyclingsysteme durch nur vier Recyclingsysteme, nämlich SENS, SWICO, IGORA und PET-Recycling bereitgestellt werden – und dies bei unterproportionalen ca. 75% der Kosten.

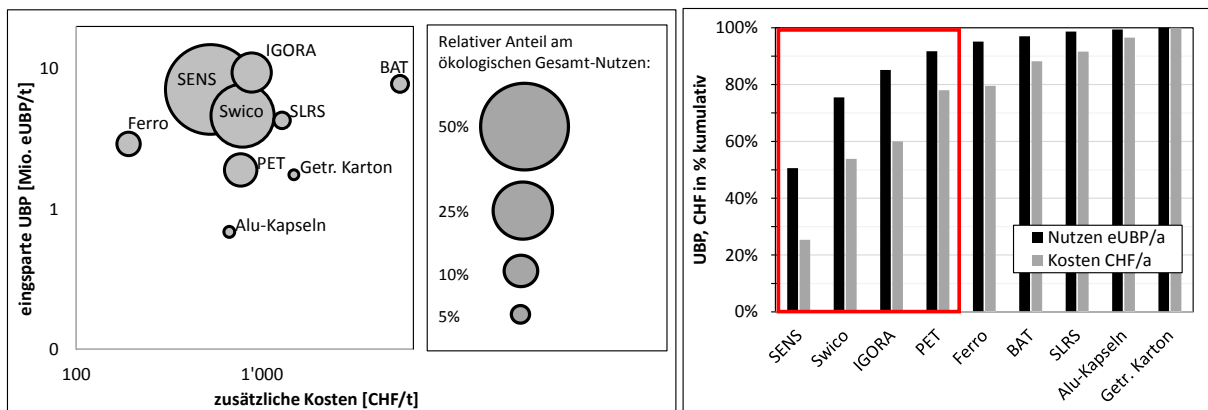


Abb. 8: Links: Anhand der Grösse der jeweiligen Blasen wird illustriert, wieviel Umweltnutzen die einzelnen Systeme gegenüber dem gesamten ökologischen Nutzen aller betrachteten Recyclingsysteme aufweisen. Rechts: Kumulative Darstellung des Umweltnutzens und der Kosten der betrachteten Recyclingsysteme. Über 90% des gesamten Umweltnutzens wird von nur vier Sammelsystemen bei nur 75% der Gesamtkosten erzeugt.