

KURZBERICHT

Nutzen der Kunststoffsammlung und - verwertung in Muttenz

Ökonomisch-ökologische Analyse

Auftraggeberin

Gemeinde Muttenz, Kirchplatz 3, 4132 Muttenz

Kontaktperson

Aurelia Wirth, Abteilungsleiterin Umwelt, Kirchplatz 3, 4132 Muttenz

Verfasser

Dr. Fredy Dinkel, Fabian Elsener, Carbotech AG, Basel/Zürich

Basel, 21. März 2022

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage	2
2 Zielsetzung	2
3 Vorgehen	3
3.1 Methode der Ökobilanzierung	3
3.1.1 Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)	4
3.1.2 Sachbilanz - Materialflussanalyse	6
3.1.3 Wirkbilanz und Bewertung	7
3.2 Kostenanalyse	7
3.3 Ökoeffizienz	8
4 Resultate	9
4.1 Auswertung Kunststoffsammlung	9
4.2 Ökologischer Nutzen	10
4.3 Ergänzende Szenarien basierend auf KuRVe-Studie	12
4.4 Kostenanalyse	13
4.5 Ökoeffizienz SEBI	14
5 Schlussfolgerungen	17
6 Glossar	18
7 Literaturverzeichnis	18

1 Ausgangslage

Die Gemeindeversammlung MuttENZ hat beschlossen, während einer 2-jährigen Pilotphase das Recycling von separat gesammelten Kunststoffen zu testen (siehe Anhang 1). In der Pilotphase konnten die Bewohner:innen von MuttENZ den Haushaltskunststoff in einem separaten Sammelsack sammeln. Dieser wurde getrennt vom Haushaltskehricht von der Gemeinde eingesammelt.

Der Gemeinde MuttENZ will wissen, ob sich eine solche separate Kunststoffsammlung in der Gemeinde MuttENZ aus ökologischen und ökonomischen Gründen lohnt. Das heisst es soll abgeklärt werden, ob die Umweltauswirkungen der Kunststoffsammlung, Aufbereitung und Regranulat-Produktion kleiner sind als der ökologische Nutzen durch den Ersatz von Neukunststoffen mit Recycling-Kunststoffen. Zudem sollen die Mehrkosten gegenüber der Entsorgung in der KVA bestimmt werden.

2 Zielsetzung

Das von der Gemeindeversammlung beschlossene und aktuell in einer Pilotphase befindenden Kunststoff-sammelsystem der Gemeinde MuttENZ soll ökologisch und ökonomisch bewertet werden. Als Referenzszenario wird die Entsorgung in der KVA Basel verwendet. Die ökologischen Auswirkungen und die Kosten sollen mit denjenigen des Referenzszenarios verglichen werden. Zudem sollen zwei weitere Sammelszenarien verglichen werden: Bring-Sammlung und Rücknahmesystem per Post

Mit dieser Untersuchung sollen im Wesentlichen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Welche Mengen von den jeweiligen Kunststoffarten wurden im Pilotprojekt gesammelt?
- Wieviel Kunststoff aus den Nicht-Zielfractionen landet in der Kunststoffsammlung?
- Wie hoch ist der ökologische Nutzen der separaten Kunststoffsammlung und Verwertung im Vergleich zum Referenzszenario «Thermische Verwertung in der Basler KVA»?
- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Transport-Logistik-Ansätze auf den ökologischen Nutzen der Kunststoffsammlung.
- Soll Kunststoff, welcher nicht stofflich verwertet werden kann, in einem Zementwerk (ZW) oder einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) thermisch verwertet werden?

3 Vorgehen

Um die Zusammensetzung der Sammelsäcke zu bestimmen, wurden an drei Sammeltagen je 50 Säcke ausgewählt und von Schüler:innen des Gymnasiums Muttentz in Handarbeit sortiert und gewogen. Die gesammelten Kunststoffhaushaltsabfälle wurden in 23 unterschiedliche Fraktionen eingeteilt, wobei 17 als Zielfraktionen und 6 als Nicht-Zielfraktionen definiert wurden. Diese Sortiersuche wurden von einem Experten für Kunststoffrecycling, Raymond Schelker der Redilo GmbH, im Auftrag der Carbotech begleitet.

Die Beurteilung der Umweltauswirkungen erfolgte mit der Methode der Ökobilanzierung. Die Ökobilanzierung respektive Lebenszyklusanalyse („Life Cycle Assessment“, LCA) ist eine Methode, um die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die Umwelt zu erfassen, zu beurteilen und daraus Optimierungspotentiale abzuleiten. Es ist international anerkannt, dass es sich dabei um diejenige Methode handelt, welche heute die umfassenden Anforderungen an eine ökologische Beurteilung am besten erfüllt. Ökobilanzen werden in der Industrie, der Forschung wie auch der öffentlichen Hand für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt.

3.1 Methode der Ökobilanzierung

Nachdem die Fragestellung und die zu untersuchenden Systeme definiert sind, werden die Waren-, Stoff- und Energieflüsse sowie der Ressourcenbedarf erfasst. Anschliessend werden die Auswirkungen auf die Umwelt mit Hilfe von gewählten Indikatoren, welche diese Wirkungen beschreiben, bestimmt. Mit dem Ziel, die Ergebnisse mit einer Kennzahl auszudrücken und damit die Auswertung zu ermöglichen oder zumindest zu erleichtern, kann eine Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen durch eine entsprechende Gewichtung erfolgen.

Die Anforderungen an eine Ökobilanz und das Vorgehen bei deren Erstellung sind in der Norm ISO 14040/44 (ISO, 2006; ISO/TC, 2006) definiert. Gemäss dieser Norm umfasst eine Ökobilanz die folgenden Schritte:

- Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)
- Erfassen der relevanten Stoff- und Energieströme sowie des Ressourcenbedarfs (Sachbilanz)
- Bestimmen der Auswirkungen auf die Umwelt (Wirkbilanz)
- Interpretation der Umweltauswirkungen aufgrund der Zielsetzungen (Bewertung)
- Erarbeiten von Massnahmen (Optimierung)

Wie Abbildung 1 zeigt, ist dies kein linearer Ablauf, sondern ein interaktiver Erkenntnis- und Optimierungsprozess.

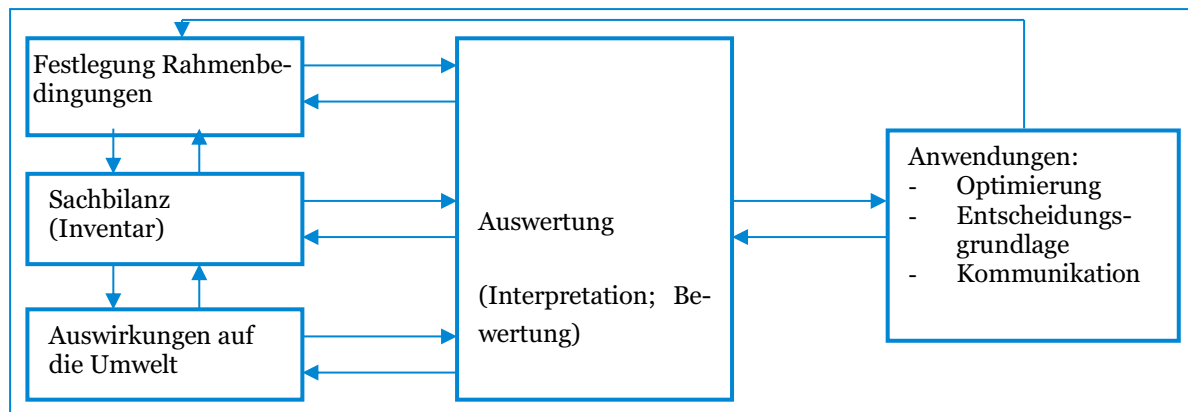


Abbildung 1: Schritte einer Ökobilanz nach ISO 14'040/44

Die vorliegende Studie richtet sich in den wesentlichen Aspekten nach der Norm ISO 14'040; in einzelnen Punkten, wie der Verwendung von gesamttaggregierenden Methoden, weicht die vorliegende Studie von der Norm ab. Die Einhaltung der Norm würde verlangen, dass für vergleichende Ökobilanzen, welche für die Öffentlichkeit bestimmt sind, keine gesamttaggregierenden Methoden, welche die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einer Kennzahl zusammenfassen, verwendet werden dürfen. In Übereinstimmung mit dem BAFU und auch internationalen Ökobilanzexperten sind wir der Überzeugung, dass gesamttaggregierende Methoden nicht nur sinnvoll, sondern in vielen Fällen notwendig sind, siehe z.B. (Kägi et al., 2016). Auf die einzelnen Schritte bei der Erstellung der vorliegenden Ökobilanz wird im Folgenden eingegangen.

3.1.1 Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)

Als Vergleichsbasis (funktionelle Einheit) dient die Verwertung / Entsorgung von einer Tonne gesammeltem Kunststoff-Haushaltsabfall. Die Systemgrenzen wurden wie folgt definiert: Ab «Übergabe inkl. Sammlung ins Entsorgungssystem» bis «zurückgewonnener Werkstoff ab Recyclingwerk» bzw. bis «Energienutzung» und «Deponierung der KVA Schlacke».

Als Referenzsystem (Vergleichsbasis) wurde die Entsorgung der Kunststoffe in der KVA Basel betrachtet. Bei der KVA Basel wird von folgenden Gutschriften ausgegangen:

- 7% Stromnutzungsgrad mit Gutschrift für Grenzstrommix¹
- 65% Wärmenutzungsgrad mit Gutschrift für Gasersatz (90%) und Heizölersatz (10%)²

In Abbildung 2 sind die Systemgrenze und ein Überblick über die wichtigsten Prozesse dargestellt

¹ Persönliche Angabe KVA Basel

² Persönliche Angabe KVA Basel

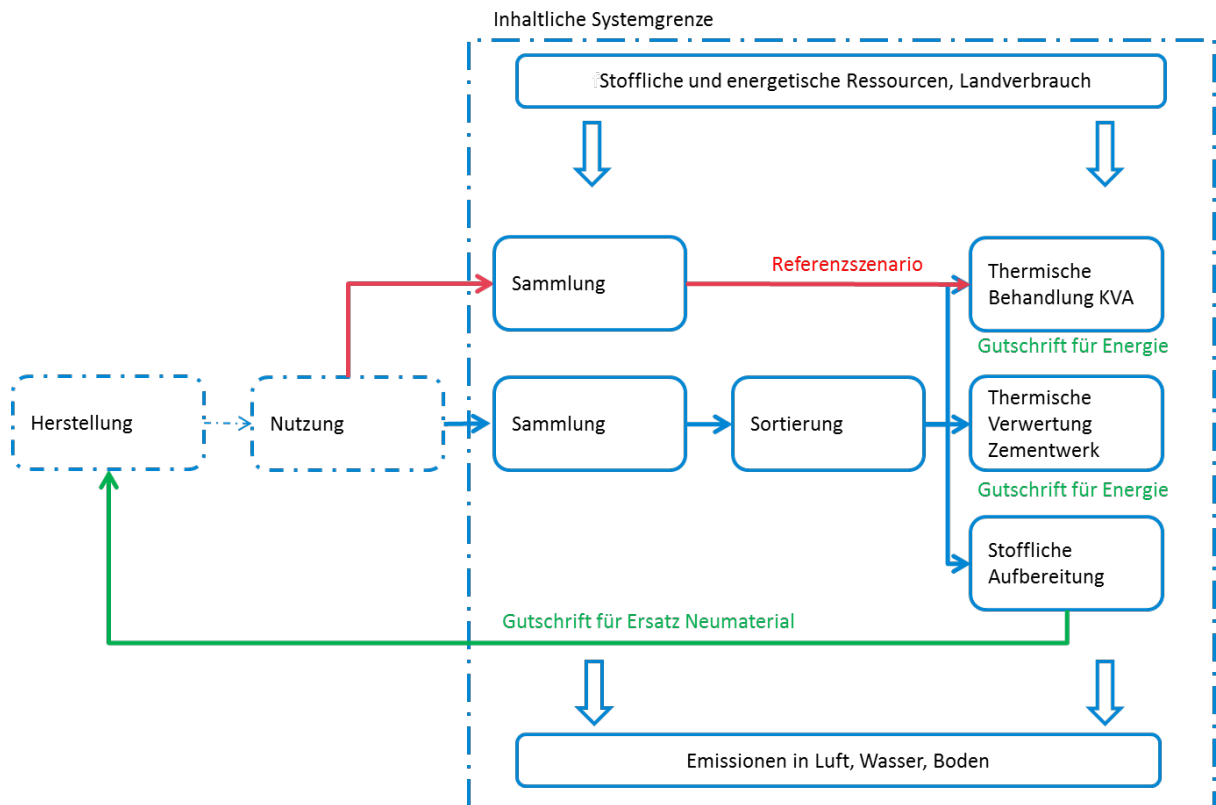


Abbildung 2: Systemgrenze (grosses, blaues Quadrat) des Kunststoffsammlersystems und Verwertung. Transporte sind als Pfeile dargestellt.

Betrachtete Szenarien

Die betrachteten Szenarien, welche in diese Studie analysiert werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Als Referenzszenario dient das heutige System, also die thermische Verwertung in der KVA Basel. Um den Einfluss auf den ökologischen Nutzen sowohl der thermischen Verwertung (KVA oder ZW) als auch der Transport-Logistik zu analysieren, wurden die unterschiedlichen Kombinationen in Szenarien abgebildet. Den Einfluss der Transport-Logistik «Post-Abholung» wird nur separat berechnet, falls in den ersten vier Szenarien erkannt wird, dass die Transport-Logistik einen signifikanten Einfluss hat.

Tabelle 1: Übersicht über die definierten Szenarien

Szenario	Beschreibung
Referenzszenario (heutige Lösung): KVA Basel	Der gesammelte Kunststoff wird in der KVA Basel energetisch verwertet. Die KVA hat einen Stromnutzungsgrad von 7% und einen Wärmenutzungsgrad von 65%.
Szenario Vogt, ZW, mit Sammelfahrt	Kunststoffsammelsack wird bei Vogt Plastics sortiert. Reststoffe werden in einem Zementwerk verwertet. Die Sammlung des Sacks erfolgt mittels Sammelfahrt, organisiert durch die Gemeinde.
Szenario Vogt, KVA Basel, mit Sammelfahrt	Kunststoffsammelsack wird bei Vogt Plastics sortiert. Reststoffe werden in der KVA Basel verwertet. Die Sammlung des Sacks erfolgt mittels Sammelfahrt, organisiert durch die Gemeinde.
Szenario Vogt, ZW, mit Bring-Sammlung	Kunststoffsammelsack wird bei Vogt Plastics sortiert. Reststoffe werden in einem Zementwerk verwertet. Jeder Bewohner:in der Gemeinde bringt den Muttenzer Sack an eine zentrale Sammelstelle.
Szenario Vogt, KVA Basel, mit Bring-Sammlung	Kunststoffsammelsack wird bei Vogt Plastics sortiert. Reststoffe werden in der KVA Basel verwertet. Jeder Bewohner:in der Gemeinde bringt Muttenzer Sack an eine zentrale Sammelstelle.
Szenario Vogt, ZW, mit Post-Abholung	Alternativ falls Sammelsystem hohen Einfluss
Szenario Vogt, KVA Basel, mit Post-Abholung	Alternativ falls Sammelsystem hohen Einfluss

Grenze der Studie

Die Studie konzentriert sich auf das ausgewählte Sammelsystem und deren Varianten. Nicht berücksichtigt wurden:

- Andere denkbare Sammelkombinationen (z. B. Gemischtsammlung von PET-Flaschen und KS zusammen)
- Eine allfällige Beeinflussung der einzelnen Kunststoffsammelsysteme, des Verschmutzungsgrades oder der Qualität anderer Sammelsysteme
- Eine allfällige Quersubventionierung des Kunststoffsackes durch den Kehrichtsack
- Allfällige Investitionskosten

3.1.2 Sachbilanz - Materialflussanalyse

Materialflussanalysen (MFA) dienen zur systematischen Erfassung, Darstellung und Interpretation von Güter- und Stoffströmen in einem zeitlich und geografisch definierten System. Sie zeigen die relevanten Massenströme auf und dienen als Grundlage zur ökobilanziellen Bewertung des betrachteten Systems. Der Fokus der Materialflussanalyse lag bei der Kunststoffzusammensetzung der von der Gemeinde Muttenz durchgeführten Kunststoffsammlung. Die Materialflüsse der gesammelten Kunststofffraktionen wurden in Anlehnung an die passenden Szenarios aus der KuRVE-Studie durchgeführt (Dinkel et al., 2017). Anpassungen wurden bei der Verwertung bei Vogt Plastic gemacht, da neue Erkenntnisse gezeigt haben, dass die Qualitäten der Regranulate höher sind als damals bei der KuRVE-Studie.

In der Materialflussanalyse schliessen die Mengenangaben des Inputmaterials auch Fehlwürfe, Restinhalte und Feuchtigkeit mit ein. Der Fokus der Materialflussanalysen lag auf dem finalen Verbleib der Kunststoffe, da dieser massgeblich die Ökobilanz eines Kunststoffsammelsystems bestimmt. Es wurde daher stark auf die Qualität des im Recycling entstehenden Kunststoffgranulats und dessen Wiederverwendungszweck (z. B. Flaschen, Kunststoffrohre, Europalette etc.) geachtet. Dies ist entscheidend, da sich ein Nutzen durch das stoffliche Recycling dann ergibt, wenn mit dem Rezyklat neuer Kunststoff ersetzt werden kann. Dies ist z. B. bei

PET-Getränkeflaschen der Fall, bei denen ein Anteil aus recykliertem PET besteht. Im Falle einer gemischten Kunststoffsammlung können die Regranulate jedoch nicht wieder im Lebensmittelbereich eingesetzt werden, sondern gehen in andere Anwendungen, wie z.B. Kanalisationsrohre, Verpackungen ohne Lebensmittelkontakt oder Paletten. Der ökologische Nutzen ergibt sich entsprechend aus der Differenz der Umweltbelastung der Herstellung des Neumaterials und der Umweltbelastung der Herstellung des Recyclingmaterials. Bei diesem sogenannten Substitutionsprinzip ist die Qualität des Sekundärmaterials entscheidend. Je nach Qualität des Sekundärmaterials wurde mit unterschiedlichen Ersatzfaktoren gerechnet. Bei der thermischen Verwertung in einer KVA wurde davon ausgegangen, dass der dabei verkaufte Strom einen Grenzstrommix ersetzt (angenähert mit dem Europäischen Strommix). Die von der KVA verkaufte Wärme ersetzt einen Wärmemix aus Öl und Gas. Bei der thermischen Verwertung in einem Zementwerk wurde davon ausgegangen, dass heutzutage Steinkohle als Energieträger ersetzt wird.

Angaben zu den gesammelten Kunststofffraktionen, der Sortiereffizienz und der Industrierückführungsquote stammen aus der Materialflussanalyse. Daten zu den Transporten sowie Daten zu Sortier- und Recyclingaufwände wurden übernommen aus aktuellen sowie neu erhobenen Ökoinventaren (Kägi et al., 2017). Als Hintergrunddaten zur Energiebereitstellung, Herstellung der Kunststoffe etc wurden Ökoinventare aus ecoinvent v3.8 verwendet.

3.1.3 Wirkbilanz und Bewertung

Für die Bewertung der Umweltwirkungen wurde die Methode der ökologischen Knappheit verwendet (Frischknecht R. & Büsser Knöpfel S., 2013). Da die neuste Version der Methode (Methode der ökologischen Knappheit 2021) erst vor wenigen Wochen publiziert wurde, wurden die Resultate jeweils mit beiden Versionen gerechnet – MöK 2013 und MöK 2021 (Frischknecht et al., 2021). Diese Methode der ökologischen Knappheit wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen (u. a. CO₂-Emissionen, weitere Luftemissionen, Versauerungs-Emissionen, Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen, Emissionen ins Wasser und Boden etc.) zu einer einzigen Kenngrösse (Umweltbelastungspunkte [UBP]) zusammenzufassen. Es handelt sich um eine ökologische Bewertungsmethode, bei der neben den bereits bestehenden Belastungen die umweltpolitischen Ziele der Schweiz berücksichtigt werden. Je grösser die Umweltbelastung eines Produktes ist, desto mehr Umweltbelastungspunkte erzeugt seine Bewertung.

3.2 Kostenanalyse

In einem weiteren Modellierungsschritt wurden die Systemkosten der Recyclingsysteme bestimmt. Dabei wurden die gesamten Aufwände (Sackgebühr, Sammelkosten, Sortierkosten) berücksichtigt und der Erlös durch den Kunststoffsack-Verkauf abgezogen (Nettokosten). Somit werden dieselben Systemgrenzen wie bei der ökologischen Analyse verwendet. Dies ist wesentlich für die Ökoeffizienz Analyse.

Die Daten zu den Kosten der Verbrennung von Kunststoffen in der KVA Basel wurden aus der KuRVE-Studie (Dinkel et al., 2017) übernommen und auf Plausibilität geprüft. Die Kosten des analysierten Kunststoffsammel-systems bzw. dessen Varianten wurden ebenfalls auf Plausibilität geprüft, indem sie verglichen wurden mit anderen Kunststoffsammel- und Verwertungssystemen in der Schweiz.

3.3 Ökoeffizienz

Kurz und bündig wird Effizienz grundsätzlich beschrieben als: „Doing more with less“. Der Indikator Ökoeffizienz wurde vom WBCSD³ im Jahre 1991 definiert. Er zeigt auf, wie hoch der Umweltnutzen bei einem bestimmten ökonomischen Aufwand ist. D. h. er misst, ob die finanziellen Mittel aus ökologischer Sicht gut eingesetzt sind. Berechnet wird die ökologische Effizienz wie folgt:

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

Dieser Indikator wird verwendet um den spezifischen Ökonutzenindikator (Specific-Eco-Benefit-Indicator SEBI) wie folgt zu definieren:

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

Um die ökologische Effizienz zu ermitteln, wird folglich ein „Alternativszenario“ mit einem „Referenzszenario“ verglichen (Abbildung 2). Das Alternativszenario ist ein zum Referenzszenario alternativer Entsorgungsweg, z. B. das Recycling (stoffliche Nutzung) von Haushaltskunststoffen anstelle der thermischen Behandlung in der KVA (unser Referenzszenario).

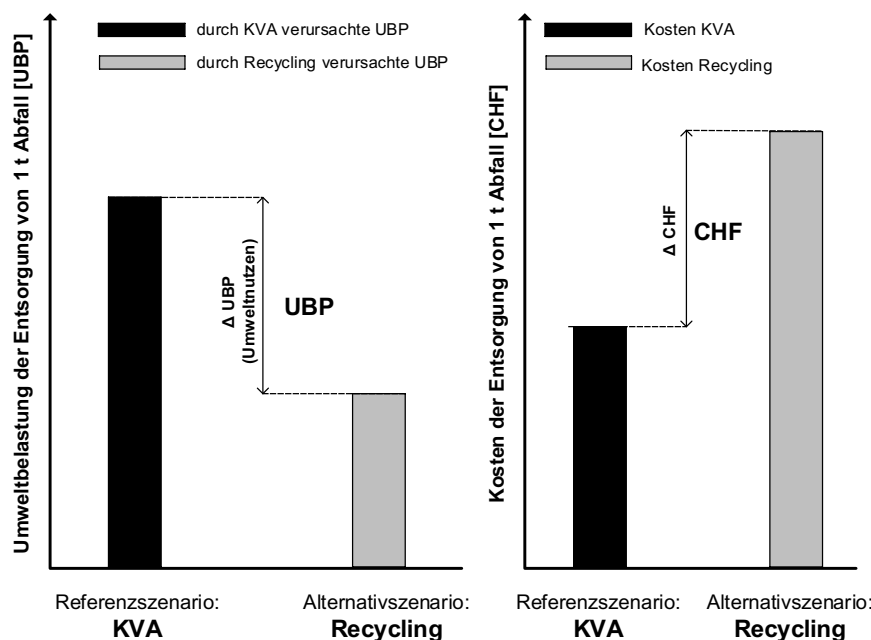


Abbildung 3: Referenzszenario Kehrlichtverbrennung KVA vs. Alternativszenario Recycling. Links: Quantifizierung des Umweltnutzens mittels Umweltbelastungspunkten führt zu ΔUBP. Rechts: Analog dazu werden die gegenüber einem Referenzszenario zusätzlich anfallenden Nettokosten (ΔCHF) bestimmt. Diese beiden Differenzen (ΔUBP und ΔCHF) werden zur Bestimmung des SEBI* dividiert: SEBI* = ΔUBP / ΔCHF = eUBP / CHF (eUBP steht für eingesparte UBP). Es handelt sich hier um ein fiktives Beispiel. Die Werte stammen nicht aus der vorliegenden Untersuchung.

³ WBCSD: World Business Council for Sustainable Development

4 Resultate

4.1 Auswertung Kunststoffsammlung

Die Gemeinde Muttenz hat selbständig die Kunststoffsammlung organisiert und durchgeführt. Die Zusammensetzung von 150 Kunststoff sammelsäcken wurden bei drei Sammlungen analysiert und ausgewertet (Tabelle 2). Die Kunststoffsammlung wurde in 23 verschiedene Kunststofffraktionen eingeteilt. Bei Fraktion 1 bis 17 handelt es sich um Zielfraktionen der Gemeinde Muttenz und bei den Fraktionen 18 bis 23 handelt es sich dementsprechend um Nicht-Zielfraktionen. Es ist zu sehen, dass nur 1.5% der Kunststoffmenge nicht in den Zielfraktionen landeten. Dabei handelt es sich um sogenannte Fehlwürfe, welche von den Bewohner:innen der Gemeinde aus Versehen in die Kunststoffsammlung gegeben wurden.

Die Fraktionen 11 bis 17 machen rund 60% der gesammelten Kunststoffmenge aus. Für die Berechnung des ökologischen Nutzes mussten für diese Fraktionen Annahmen getroffen werden. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Kunststofffraktion «diverse»: 30% PP, 30% PE, 20% PVC, 20% PS
- Folien «diverse»: 70% LDPE, 30% PET-Folie
- Flaschen «ohne Kennzeichnung»: 50% PE und 50% PP
- Zusätzlich wurde bei den Fraktionen 14 bis 17 mit zwei Szenarien gerechnet, da unsicher ist, ob alles stofflich verwertet werden kann:
 - Worst-Case: alles KVA/ZW
 - Best-Case: Recycling 20% PP, 20% PE, 20% PS, Rest KVA/ZW

Tabelle 2: Auswertung der Analyse von 150 Kunststoff sammelsäcke

Fraktionen	Beschreibung Fraktionen	Kunststoffart	Total [kg]	Anteil [%]
1	Flaschen	HDPE / LDPE	15.5	7.0%
2		PET	9.8	4.4%
3		PP	1.6	0.7%
4		übrige ohne Kennzeichnung	3.0	1.4%
5	Formstabile KS	PET	13.2	6.0%
6		PS	9.5	4.3%
7		HDPE / LDPE	0.2	0.1%
8		PP	15.5	7.0%
9		PVC	0.1	0.0%
10		übrige ohne Kennzeichnung	16.2	7.3%
11	Nicht-Formstabile KS	diverse	14.7	6.7%
12	Folien	diverse	28.3	12.8%
13		diverse	35.0	15.8%
14		Spielwaren	diverse	4.8
15	Büromaterial	diverse	1.5	0.7%
16	übrige KS-Produkte	diverse	36.4	16.5%
17	Kleinmaterial	diverse	12.3	5.6%

18	PET-Flaschen	PET	1.2	0.6%	
19	GK	Getränkekartons	0.9	0.4%	
20	Übrige KS-Produkte	diverse	0.0	0.0%	1.5%
21	Metalle	Metalle	0.5	0.2%	
22	Papier und Karton	Papier & Karton	0.7	0.3%	
23	Kleinmaterial	diverse	0.0	0.0%	
Total			221.1	100.0%	

4.2 Ökologischer Nutzen

Falls kein Recycling der Kunststoffabfälle in Muttenz gemacht wird, gelangt der Kunststoff in die KVA Basel und wird dort energetisch genutzt. Entsprechend ergibt sich der Nutzen des Recyclings aus der Differenz zwischen der stofflichen Nutzung, Ersatz von Neukunststoff und Vermeidung der Belastungen durch die Entsorgung, und der energetischen Nutzung der KVA. Abbildung 4 zeigt, dass sich bei allen Szenarien ein ökologischer Nutzen durch die Kunststoffsammlung und Verwertung bei Vogt Plastic ergibt. Weiter zeigt es sich, dass die beiden Szenarien, bei welchen die nicht verwertbaren Kunststoffabfälle in einem Zementwerk energetisch genutzt werden, den grössten ökologischen Nutzen ergeben. Die genaue Aufteilung der nicht verwertbaren Kunststoffabfälle zwischen Zementwerk und KVA bei Vogt Plastic ist nicht bekannt. Im Durchschnitt werden in der Schweiz Kunststoffe, zu 75% in Zementwerken und zu 25% in KVA's energetisch verwertet (Sofies-Emac AG, 2021). Wird diese Verteilung auf die Szenarios angewendet, entsteht ein ökologischer Nutzen von rund 1.35 Mio. UBP pro Tonne gesammelten Kunststoff. Bei diesen zwei Szenarien liegen die Unterschiede zwischen Best und Worst-Case-Szenario innerhalb einer Unsicherheit von $\pm 20\%$. Die beiden Szenarien, bei welchem der Kunststoff in der KVA thermisch verwertet wird, führen zu klar geringerem ökologischem Nutzen als die Verbrennung im Zementwerk. Dies hat die folgenden Gründe:

- Zement im Zementwerk wird unabhängig davon hergestellt, ob Ersatzbrennstoff in Form von Kunststoff vorhanden ist oder nicht. Entsprechend werden nur die Unterschiede der Emissionen angerechnet, während bei der KVA alle Emissionen der Entsorgung berücksichtigt werden müssen. Dies hat einen negativen Einfluss auf den ökologischen Nutzen, welcher bei einer Verbrennung in der KVA entsteht.
- Kunststoffe verursachen bei der Verbrennung geringere CO₂-Emissionen als Kohle pro Energieeinheit.
- Durch die Verwendung von Kunststoffen als Ersatzbrennstoff entfallen die Bereitstellung, Förderung, Aufbereitung und der Transporte der Kohle.

Die Vorteile, welche durch die unterschiedliche Transport-Logistik entstehen, betragen nur wenige Prozentpunkte. Daher wurde das Szenario Postabholung nicht separat berechnet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Umweltnutzen hauptsächlich von folgenden Aspekten beeinflusst wird:

- Qualität des Rezyklats und der damit verbundenen Möglichkeit neues Material zu ersetzen.
- Ein Umweltnutzen ergibt sich auch dann, wenn minderwertige Kunststoff-Fractionen statt stofflich recycelt in einem Zementwerk energetisch genutzt werden.

Die oben getätigten Aussagen treffen für beide Bewertungsmethoden – MöK 2021 und MöK 2013 – zu. Was sich ändert, sind die absoluten Werte der einzelnen Umweltnutzen. Der Umweltnutzen wird generell mit der Methode der ökologischen Knappheit 2021 höher bewertet. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass CO₂-

Emissionen in der neuen Version stärker bewertet werden. Ein kg CO₂-Äquivalent wurde nach MÖK 2013 mit 460 UBP bestraft, nach MÖK 2021 mit knapp 1'000 UBP, was mehr als einer Verdopplung entspricht.

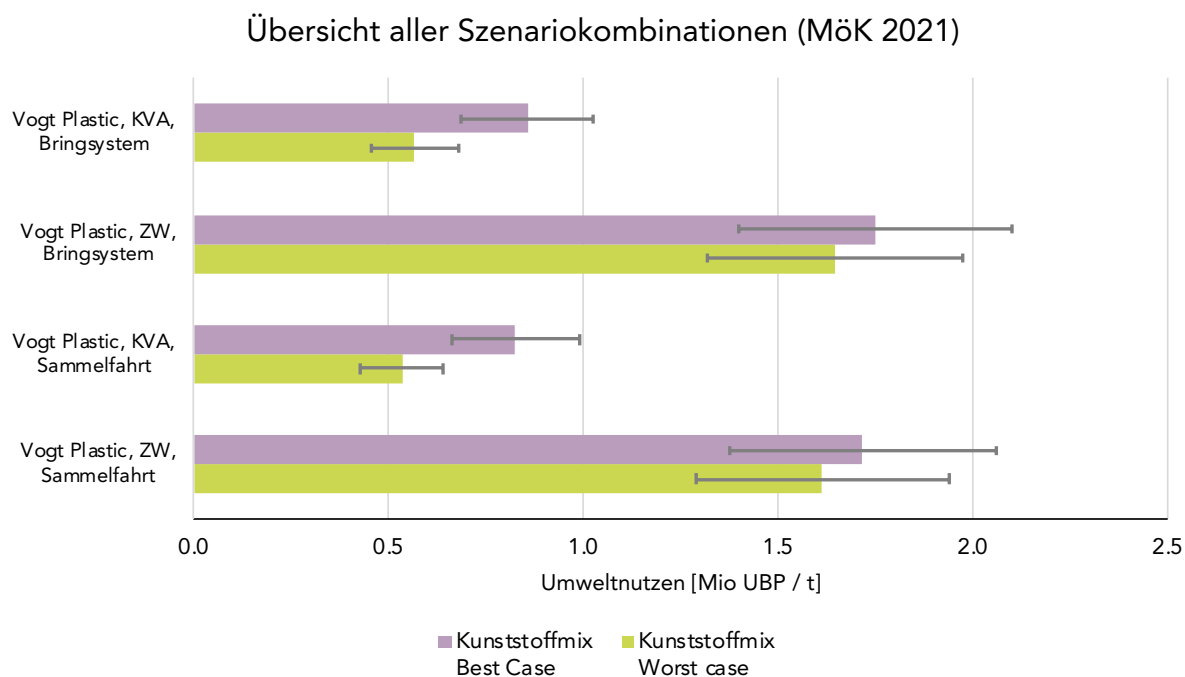


Abbildung 4: Übersicht über den Umweltnutzen aller betrachteten Szenarien, MÖK 2021

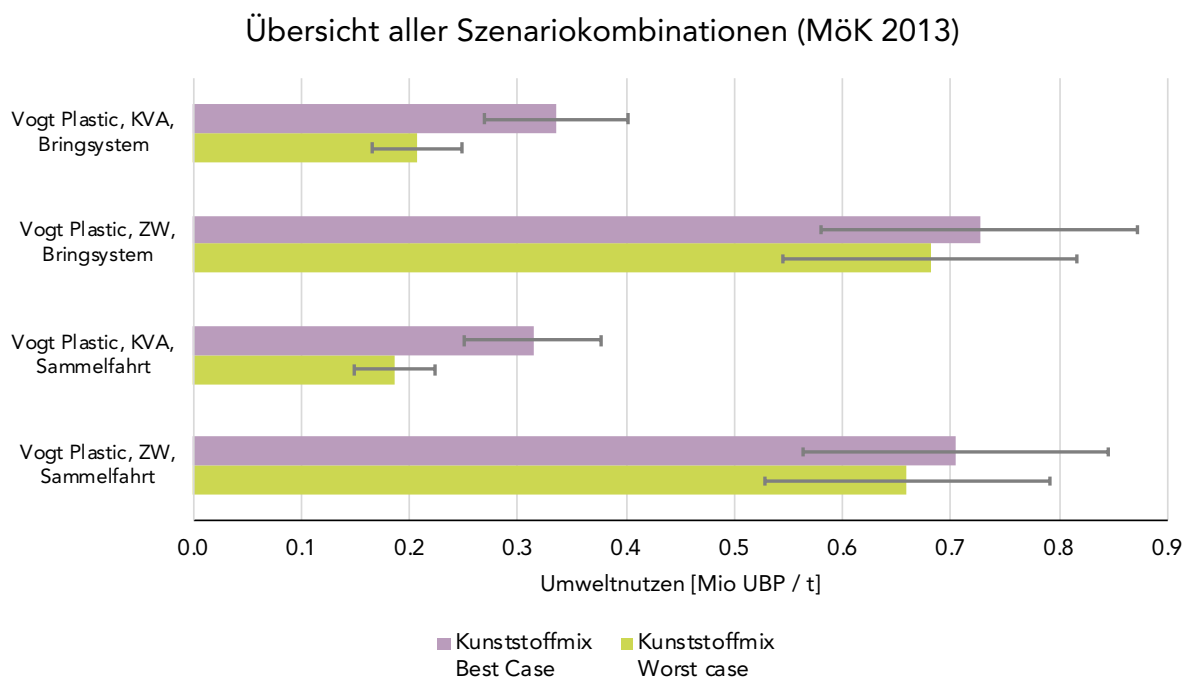


Abbildung 5: Übersicht über den Umweltnutzen aller betrachteten Szenarien, MÖK 2013

4.3 Ergänzende Szenarien basierend auf KuRVe-Studie

In einem ersten Schritt (Kapitel 4.2) wurden verschiedene Szenarien eines Recycling-Unternehmens mit Angaben aus der KuRVe-Studie verglichen. Die Frage stellte sich anschliessend, welchen Umweltnutzen würde die gesammelte Kunststoff-Zusammensetzung aus der Gemeinde Muttenz in einem anderen Recycling-Unternehmen entstehen.

Dafür wurden weitere Kunststoff-Unternehmen basierend auf Angaben aus der KuRVe-Studie analysiert. Für die Berechnung des Umweltnutzens wurde bezüglich der Kunststoffzusammensetzung jeweils nur das Worst-Case-Szenario berechnet. Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, dass die einzelnen Unternehmen keinen signifikant unterschiedlichen Umweltnutzen generieren. Bei allen Szenarien ist ersichtlich, dass die thermische Verwertung in einem Zementwerk einen höheren ökologischen Nutzen generiert als die thermische Verwertung in einer Kehrichtverbrennungsanlage.

Bewertet man die die einzelnen Resultate der Szenarien mit MöK 2021 (Abbildung 6) und MöK 2013 (Abbildung 7) ist ersichtlich, dass der Umweltnutzen bei MöK 2021 höher ist. Dies hat wiederum damit zu tun, dass bei der neuen Methode der ökologischen Knappheit 2021 die CO₂-Emissionen höher gewichtet werden.

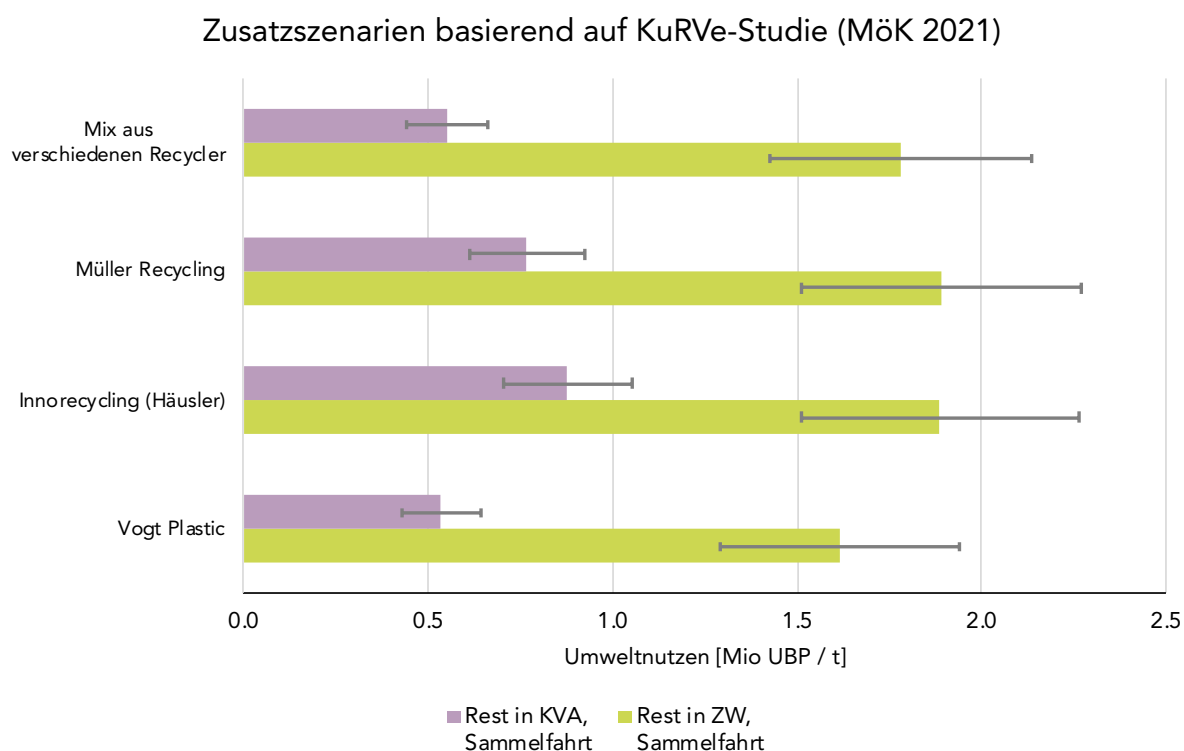


Abbildung 6: Umweltnutzen weiterer Szenarien basierend auf der KuRVe-Studie, MöK 2021

Zusatzszenarien basierend auf KuRve-Studie (MöK 2013)

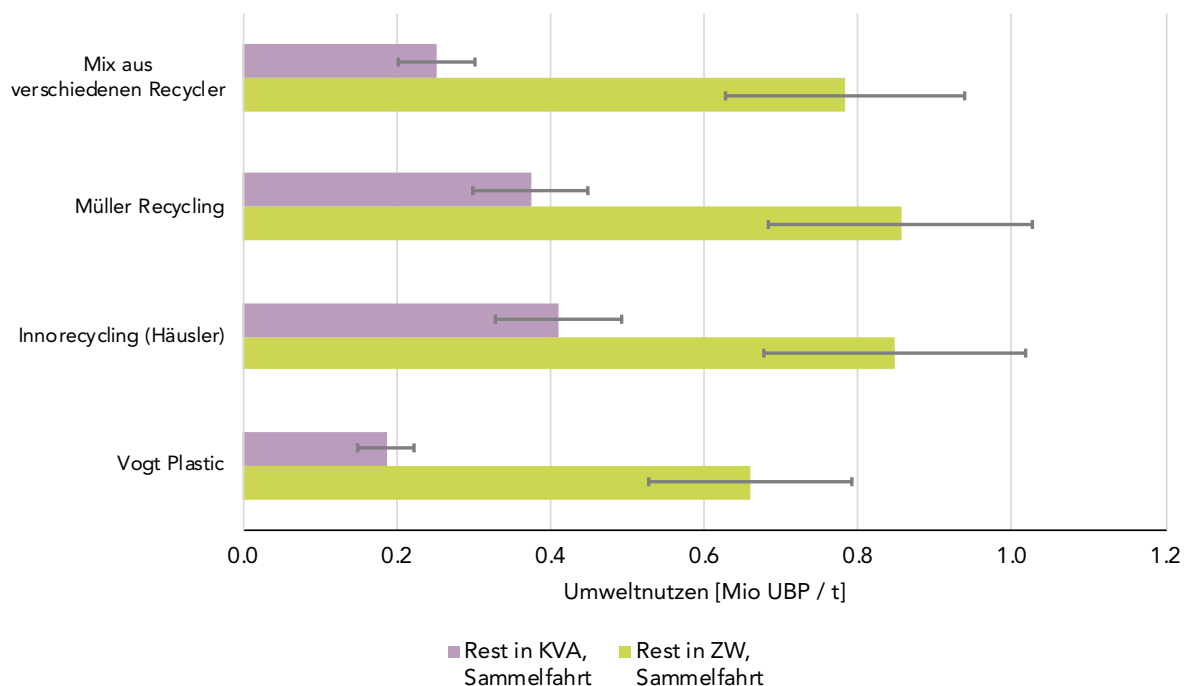


Abbildung 7: Umweltnutzen weiterer Szenarien basierend auf der KuRve Studie, MöK 2021

4.4 Kostenanalyse

Damit die Ökoeffizienz berechnet werden kann, muss zuerst eine Kostenanalyse durchgeführt werden (Tabelle 3). Die Kosten der Ist-Situation betragen rund 1'220 CHF pro gesammelte Tonne Kunststoff. Der Transport verursacht dabei höhere Kosten als die Weiterverarbeitung des Kunststoffes. Durch die Sackgebühren können weniger als die Hälfte der Kosten gedeckt werden. Die Einnahmen pro Sack betragen CHF 0.82. Mit dem durchschnittlichen Sackgewicht von 1.5 kg werden für eine Tonne Kunststoff 666 Säcke benötigt und entsprechend CHF 546.00 durch die Sackgebühren eingenommen. Daraus entstehen Nettokosten für die Gemeinde Muttenz von rund CHF 670.

Tabelle 3: Kostenanalyse der Ist-Situation [CHF / t]

	Ist-Situation
Transport	913.30
Weiterverarbeitung	304.00
Sackgebühren	-546.00
Nettokosten	671.30

4.5 Ökoeffizienz SEBI

Die Ökoeffizienz (Kennzahl «SEBI») beschreibt, wie viel Umweltnutzen (gemessen in UBP) pro eingesetzten Schweizer Franken generiert werden kann. Ein hoher SEBI ist als positiv zu betrachten und wird höher, je mehr Umweltnutzen aus einem Szenario generiert werden kann oder je tiefer die Kosten eines Szenarios sind.

Die Kosten der «Ist-Situation» wurden aus der Kostenanalyse übernommen (Kapitel 4.4). Die Kosten des Referenzszenarios (Verbrennung in der KVA) der Gemeinde Muttenz betragen aktuell rund 210 CHF / t. Es ist zudem ersichtlich, dass die thermische Verwertung der Reststoffe in einem Zementwerk eine höhere Ökoeffizienz aufweist, als die thermische Verwertung der Reststoffe in einer KVA.

Wiederum ist die berechnete Ökoeffizienz nach MöK 2021 der einzelnen Szenarien höher als nach MöK 2013. Dies hat wiederum mit dem höheren Umweltnutzen der neuen Methode zu tun.

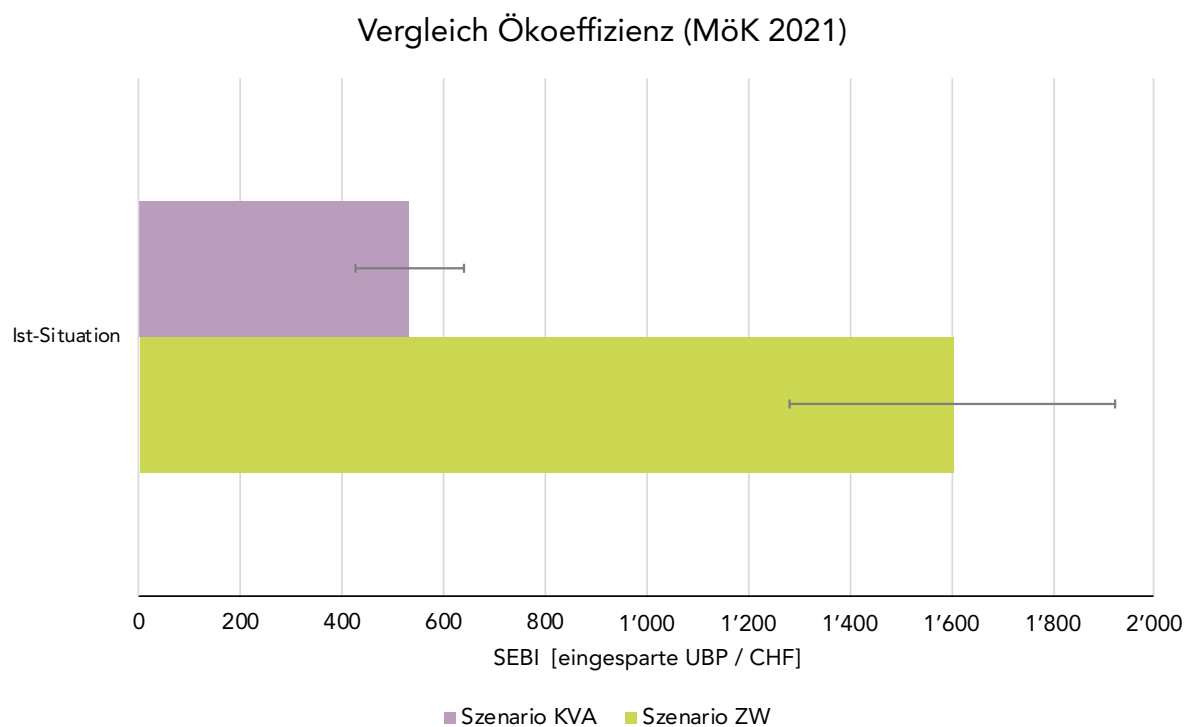


Abbildung 8: Vergleich Ökoeffizienz der Ist-Situation, MöK 2021

Vergleich Ökoeffizienz (MöK 2013)

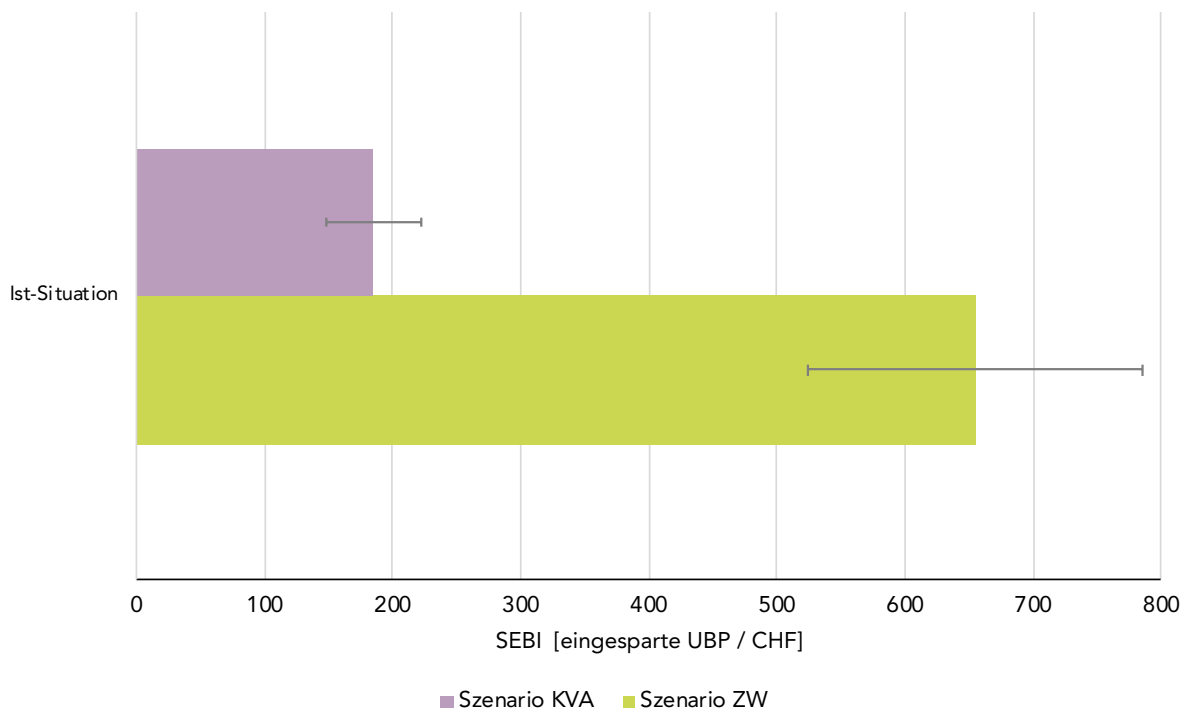


Abbildung 9: Vergleich Ökoeffizienz der Ist-Situation, MöK 2013

4.6 Diskussion der Resultate

Der ökologische Nutzen und die Ökoeffizienz der Ist-Situation (Vogt Plastic, Sammelfahrt) sind mit den Szenarien, welche in der KurVe-Studie analysiert wurden, vergleichbar. Die Resultate des ökologischen Nutzens befinden sich am oberen Rand des Resultate-Spektrums, was bedeutet, dass die Kunststoffsammlung zu den besseren Szenarien gehört. Beim Vergleich der Ökoeffizienz mit der KurVe-Studie befinden sich die Resultate am unteren Rand des Resultate-Spektrums. Dies hat mit den relativ hohen Kosten zu tun.

Die Resultate des ökologischen Nutzens sind in Umweltbelastungspunkten angegeben. Dabei handelt es sich um eine abstrakte Einheit und es stellt sich die Frage, was bedeuten diese Zahlen? Um die Grössenordnung zu veranschaulichen eignen sich z.B. Vergleiche mit alltäglichen Tätigkeiten, wie Ernährung oder Mobilität, siehe dazu z.B. auch «Die Bedeutung von 1000 UBP⁴».

Angenommen, eine vierköpfige Familie würde pro Monat 1.5 kg Kunststoffe sammeln, dies entspricht einem Kunststoffsammlersack, resultiert pro Jahr der gleiche Nutzen, wie wenn die Familie pro Jahr auf folgende Nahrungsmittel bzw. Transporte verzichten würde:

- 220 g Rindfleisch
- 6 kg Brot
- 50 km Autofahrt

Wie in Abbildung 10 ersichtlich ist, liegt die Ökoeffizienz von Kunststoff-Recyclingsystemen am unteren Rand des Effizienzspektrums anderer Schweizer Recyclingmassnahmen. Im Lebensmittelbereich verfügt das Recyceln von PET-Flaschen und von Aluminium-Verpackungen über eine signifikant höhere Ökoeffizienz als das

⁴ <https://carbotech.ch/projekte/bedeutung-von-1000-ubp-umweltbelastungspunkte/>

Recyclen von gemischten Kunststoffen. Das gleiche trifft für das Recyclen von Elektro⁵- und Elektronikgeräten⁶ zu.

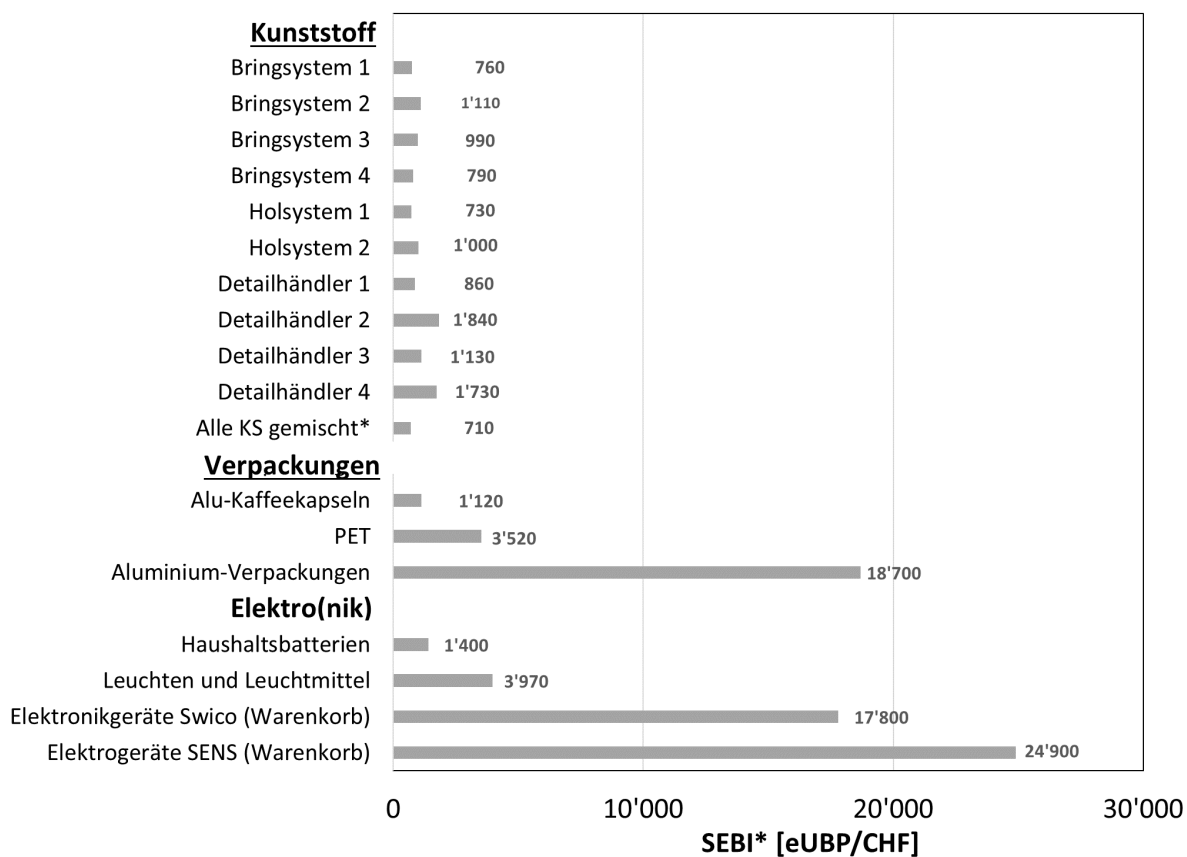


Abbildung 10: SEBI der Kunststoffsammelsysteme aus der KurVe-Studie aufgetragen im Effizienzspektrum anderer Schweizer Recyclingmassnahmen. Die Grafik wurde mit MöK 2013 gerechnet und darf nur mit dem SEBI-Werten mit MöK 2013 verglichen werden.

⁵ Elektrogeräte: Waschmaschinen, Wäschetrockner, Backöfen usw.

⁶ Elektronikgeräte: IT- und Kommunikationsgeräte

5 Schlussfolgerungen

Die Auswertung der Kunststoffsammlung der Gemeinde Muttenz hat gezeigt, dass pro Tonne gesammelten Kunststoff, nur rund 1.5% nicht in einer Zielfraktion landet. Dies bedeutet, dass die Bewohner:innen der Gemeinde Muttenz eine hohe Sammelmoral an den Tag legen und es nur wenige Fehlwürfe gibt. Jedoch landen knapp 70% der Kunststoffmenge in den Fraktionen 10 bis 17. Bei diesen Fraktionen ist die Art des Kunststoffes nicht definiert. Vor allem bei den Fraktionen 14 bis 17 handelt es sich um Kunststoffe, welche nicht von Lebensmittelverpackungen stammen und daher problematische Additive enthalten können, wie z.B. Weichmacher, Brandschutzmittel oder Stabilisatoren (Wiesinger et al., 2021). Es ist daher fraglich, ob es mit den heutigen Recyclingtechnologien sinnvoll ist diese Fraktionen zu sammeln. Wir würden eher empfehlen diese Fraktionen von der Sammlung auszuschliessen. Dasselbe gilt für die Fraktion «Sperrgut», welche z.B. Gartenmöbel beinhaltet und aktuell von der Sammlung ausgeschlossen ist. Auch bei dieser Fraktion besteht ein erhöhtes Risiko, problematische Additive zu beinhalten. Daher wird auch für diese Fraktion empfohlen, sie von der Sammlung auszuschliessen.

Die Ökobilanzen der analysierten Szenarien haben Folgendes gezeigt:

- Die Kunststoffsammlung und Verwertung haben einen ökologischen Nutzen. Dieser ist jedoch relativ klein im Vergleich zu anderen Möglichkeiten den persönlichen Fussabdruck zu reduzieren. Der Nutzen des untersuchten Kunststoffrecyclings entspricht pro vierköpfige Familie und Jahr in etwa einer vermiedenen Autofahrt von 50 km oder dem Verzicht auf 220 g Rindfleisch.
- Im Vergleich zu anderen Recyclingsystemen, wie dem Recycling von PET-Flaschen, Aludosen oder Elektrogeräten ist die Öko-Effizienz tief, d.h. es entstehen relativ hohe Kosten pro eingesparte Umweltbelastung.
- Die thermische Verwertung der Reststoffe, welche nicht stofflich recycelt werden können, erfolgt besser in einem Zementwerk als in einer KVA.
- Die Art der Sammellogistik hat keinen signifikanten Einfluss auf den entstehenden Umweltnutzen.
- Bei dem Vergleich der heutigen Situation (Sortierung und Verwertung bei Vogt Plastic) mit anderen möglichen Recycling Unternehmen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Ein Wechsel zu einem anderen Recycling Unternehmen ist aus Umweltsicht nicht angezeigt.

Diese Erkenntnisse decken sich mit anderen Studien zum Recycling von gemischten Kunststoffabfällen aus Haushaltungen, wie z.B. der KuRVE Studie.

6 Glossar

Abkürzungen

KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
LCA	Life cycle assessment, auf Deutsch: Ökobilanz
MFA	Materialflussanalyse
MöK	Methode der ökologischen Knappheit
SEBI	Specific-Eco-Benefit-Indicator
UBP	Umweltbelastungspunkte
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
ZW	Zementwerk

7 Literaturverzeichnis

Dinkel et al. (2017). KuRVe (Kunststoff Recycling und Verwertung) - Ökonomisch-ökologische Analyse von Sammel- und Verwertungssystemen von Kunststoffen aus Haushalten in der Schweiz. Im Auftrag der Kantonalen Umweltämtern, BAFU, OKI, cemsuisse, Swissrecycling und VBSA. Abgerufen am 4.8.2017 von https://carbotech.ch/cms2/wp-content/uploads/KuRVe_Bericht_oeffentlich.pdf

Frischknecht R., & Büsser Knöpfel S. (2013). *Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz* (Umwelt-Wissen No. 1330) (S. 256). Bern: Bundesamt für Umwelt.

Frischknecht et al. (2021). „Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz“. Bern: Bundesamt für Umwelt, 2021.

ISO 14040. (2006). *Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines*. Geneva.

Kägi, T., Zschokke, M., & Stettler, C. (2017). *Life Cycle Inventories for Swiss Recycling Processes - Part Carbotech: Recycling of Cardboard, Glass, PE, PET, Tinplate*. Im Auftrag des BAFU.

Sofies-Emac AG. (2021). Sammelssysteme für gemischte Kunststoffabfälle—Monitoringbericht 2020. Verins Schweizer Plastic Recycler (VSPR).

Wiesinger, H., Wang, Z., & Hellweg, S. (2021). Deep Dive into Plastic Monomers, Additives, and Processing Aids. *Environmental Science & Technology*, 55(13), 9339–9351. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00976>

A1 Flyer Kunststoff-Sammlung Muttenz



Kunststoffsammelsack

Die Gemeinde
informiert



Plastikflaschen,
Plastiktuben,
Kunststoffbehälter



Milchflaschen,
Rahmflaschen,
Joghurtbecher
Plastikbecher



Plastik-Geschirr
Plastik-Verpackungen
Früchte-/Gemüse-
schalen



Plastik-Tragtaschen
Kunststoffsäcke
Schrumpf-Folien
Lebensmittelfolien



Büro-Material
Sichtmappen
Dokumappen



Kanister
Kessel
Wäschekörbe
Plastik-Blumentöpfe



Spielzeuge



Getränkkarton
Tetra-Verpackungen



PET-Getränkeflaschen



Gartenschlauch
Elektrokabel
Kabelkanäle



Saxex, Styropor,
Silosäcken,
(Landwirtschaft)

Wichtig

Sammeln Sie nur leere saubere Kunststoff-
verpackungen. Entfernen Sie Speisereste.
Stark verschmutzte Kunststoffe gehören in
den roten Abfallsack.

Separate Kunststoffsammlung

Die Gemeindeversammlung hat am 17. Oktober 2019 beschlossen, während einer 2-jährigen Pilotphase die separate Kunststoffsammlung zu testen. Die Sammlung ist kostenpflichtig und findet alle 2 Wochen statt. Sammeltag ist jeweils ein Montag.

35 Liter Sammelsack

Der offizielle Kunststoffsammelsack von Muttenz kostet 1.20 Franken. Er wird in Rollen zu 10 Stück für 12 Franken (inkl. MWST) verkauft.

Verkaufsstellen in Muttenz

Claro-Weltladen, Coop-Filialen, Droga Drogerie Dietschi, Drogerie Lutertz, Gemeinde (Schalter Information) und Volg.

Sammeldaten 2020

11. Mai	25. Mai	08. Juni	22. Juni	06. Juli
20. Juli	03. August	17. August	31. August	14. September
28. September	12. Oktober	26. Oktober	09. November	23. November
07. Dezember	21. Dezember			

Bereitstellung

Sammelsack ab 19 Uhr am Vorabend oder bis 7 Uhr am Abfuhrtag bereitstellen. Nicht mit Abfallsäcken vermischen und nicht in Hauskehricht-Container werfen. Bitte immer separat und gut sichtbar bereitstellen.

Hinweise

PET-Getränkeflaschen gehören nicht in den Kunststoffsammelsack. Sie können im Kunststoffsammelsack nicht recycelt werden. Entsorgen Sie alle Getränkeflaschen mit dem PET-Logo kostenlos bei einer PET-Sammelstelle.



Gartenmöbel und andere **grosse Gegenstände**, die nicht in den Sammelsack passen, sind der Sperrgutabfuhr mitzugeben.

Elektronische Geräte gehören nicht in den Kunststoffsammelsack.

Sie können kostenlos als Elektroschrott im Fachhandel zurückgegeben werden.

Weitere Informationen

Abteilung Umwelt unter Tel. 061 466 62 78 oder umwelt@muttenz.bl.ch

A2 Unterschiedene Kunststoff-Fraktionen

Fraktionen	Beschreibung Fraktionen	Kunststoffart
1		HDPE / LDPE
2	Flaschen	PET
3		PP
4		übrige ohne Kennzeichnung
5		PET
6	Formstabile KS	PS
7		HDPE / LDPE
8		PP
9		PVC
10		übrige ohne Kennzeichnung
11	Nicht-Formstabile KS	diverse
12	Folien	diverse
13		diverse
14	Spielwaren	diverse
15	Büromat.	diverse
16	übrige KS-Produkte	diverse
17	Kleinmaterial	diverse
18	PET-Flaschen	PET
19	GK	Getränkekartons
20	Übrige KS-Produkte	diverse
21	Metalle	Metalle
22	Papier und Karton	Papier & Karton
23	Kleinmaterial	diverse

7 8

⁷ Fraktionen 1 bis 17 = Zielfraktionen

⁸ Fraktionen 18 bis 23 = Nicht Zielfraktionen