

# Eine nachhaltige Kunststoffproduktion



## *green plastics*

---

### G r o b k o n z e p t

15. Juli 2014

**VKRS**

Verein Kunststoffrecycling Schweiz

[www.vkrs.ch](http://www.vkrs.ch)

# green plastics

Grobkonzept vom 15. Juli 2014

2. Auflage / 30.10.2014

---

Eine nachhaltige Kunststoffproduktion setzt Kunststoffabfälle ein anstatt fossile Rohstoffe.

Erstellt durch:

VKRS Verein Kunststoffrecycling Schweiz  
Postfach, 9000 St. Gallen

Unter Anregung und Begleitung:



Beat Buchmann



Wieland Hofer



Arnaud De Luca



Markus Tonner



Andreas Tonner

Wissenschaftliche Begleitung:



Prof. Dr. Wolfgang Stölzle  
Dr. Daniel Maucher  
Steffen Wütz

## Management Summary

Das Umweltbewusstsein hat in den letzten Jahren in unserer Gesellschaft sehr stark zugenommen. Eine besonders grosse Rolle spielen dabei der CO<sub>2</sub>-Ausstoss und die damit zusammenhängenden Gefahren resultierend aus der Erderwärmung. Zu den vielfältigen gesellschaftlichen Strömungen, die sich aus diesem verstärkten Umweltbewusstsein ergeben, gehört auch der Wille, die Entstehung von Haushaltsabfällen zu reduzieren. Hier wurden in den letzten Jahren bereits starke Bemühungen bei verschiedenen Abfallkategorien vorgenommen. Eine bisher weitgehend unbeachtete Rolle spielen in der Schweiz allerdings Abfälle aus Kunststoffen, die im täglichen Leben in vielfältiger Natur anfallen, so z.B. bei Verpackungen. Ein kleiner Teil von Kunststoffabfällen wird einer Verwertung zugeführt. Dieser beschränkt sich weitgehend auf PET-Flaschen. Demgegenüber werden die meisten Kunststoffabfälle über den Hausmüll entsorgt. Dies bedeutet im Endergebnis eine Verbrennung wertvoller Energieträger in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA).

Es besteht demnach in der Schweiz ein grosser Handlungsdruck, auch bei Kunststoffabfällen zu einer deutlich höheren Recyclingquote zu kommen. Dies erfordert neben einer Führung der Kunststoffe in Kreisläufen auch vielfältige neue Prozesse wie z.B. im Bereich der Wiederaufbereitung. Damit kann es gelingen, Primärrohstoffe für die Erzeugung von Kunststoffen sparsamer einzusetzen und gleichzeitig die Abfallentstehung zu reduzieren. Dies bezieht sich auch auf die sogenannte thermische Verwertung in KVAs.

Ein solches System der Kreislaufführung verlangt neben innovativen Konzepten auch einen beachtlichen Kraftakt der beteiligten Akteure: Denn es muss ein Netzwerk zwischen den Haushalten, den Betreibern von Sortieranlagen, den Logistikdienstleistern, der verarbeitenden Industrie und den KVAs aufgebaut und betrieben werden. Dazu gehören in Teilen neue Prozessmuster wie beispielsweise die Abfallsammlung (Bring- oder Holprinzip) sowie die eingesetzten Technologien zur Abfallsortierung und zum Recycling. Im Ergebnis gilt es, den Anteil des in Verkehr gebrachten Regranulats signifikant zu erhöhen.

Ein solches Konzept nachhaltiger Kunststoffproduktion namens „green plastics“ verlangt allerdings nicht nur ökologisches Bewusstsein, sondern auch wirtschaftliche Stabilität. Insofern muss ein Finanzierungskonzept aufgebaut werden, das sich ganz weitgehend aus privaten Mitteln speist und eine Finanzierung über Steuern möglichst vermeidet. Darüber hinaus muss das Konzept für alle beteiligten Akteure eine gewisse Attraktivität aufweisen und auch über den Zeitablauf hinweg eine Mindest-Stabilität garantieren. Der Charme eines solchen Systems läge mitunter darin, dass sich die Akteure freiwillig engagieren und nicht nur wegen staatlichem Druck handeln müssen.

Im Ergebnis zielt „green plastics“ auf positive Wirkungen in drei Dimensionen ab. Es sind natürliche Ressourcen auf der Input- und der Output Seite zu schonen, es sollen bei den beteiligten Akteuren positive wirtschaftliche Affekte, z.B. in Gestalt von Kosteneinsparungen, erzielt werden und es gilt darüber hinaus, positive soziale Wirkungen über die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen zu entfachen. Dies erfordert beachtliche Kraftanstrengungen, welche aber der Schweizer Bevölkerung insgesamt auch langfristig viel Potential versprechen. Unterstützen Sie diese Initiative und die jetzt anstehende Ausarbeitung eines Detailkonzepts.

# Index

1	Herausforderung Kunststoffe.....	7
2	Potenziale einer nachhaltigen Kunststoffproduktion .....	10
3	Konzept für eine separate Kunststoffsammlung.....	14
4	Erste Wirkungsabschätzung der separaten Kunststoffsammlung.....	29
5	Fazit und nächste Schritte .....	32
6	Geleitwort der Politischen Gemeinde Amlikon-Bissegg.....	33
	Glossar .....	35
	Literaturverzeichnis.....	36
	Anhang .....	37

## Vision / Vorwort

### Nachhaltige Produktion: Quo Vadis

Der Begriff Nachhaltigkeit wird in unserer Gesellschaft mittlerweile recht inflationär verwendet. Nichtsdestotrotz spielt er bei der Bewertung ökologischer und ökonomischer Systeme eine entscheidende Rolle. Gerade im industriellen Umfeld arbeiten immer mehr Unternehmen daran, Produkte mit einer sogenannten positiven Ökobilanz auf den Markt zu bringen. Sowohl der umweltrelevanten Entnahme von Rohstoffen als auch den Emissionen, die durch Abfälle und deren Entsorgung entstehen, kommt dabei besondere Bedeutung zu.

### Auf dem Weg zu Cleaner Production

Im unternehmerischen Kontext wird die Verbindung ökologischer und ökonomischer Systeme oftmals als „Cleaner Production“ bezeichnet. Diese hat unter anderem das Ziel, mithilfe intelligenter Stoffkreisläufe ressourcenschonend und zugleich produktiv zu wirtschaften sowie Abfälle, Abwasser und Emissionen zu reduzieren. Wichtig sind hier vor allem der Einsatz von Sekundärstoffen und die Recyclingfähigkeit von Produkten und Reststoffen. Wirft man einen Blick in die Praxis, zeigen Vorreiterbranchen wie die Metall-, Elektro- sowie Papierindustrie eindrucksvoll auf, dass nachhaltige Kreislaufwirtschaft funktioniert. Dies gilt sowohl für den gewerblichen als auch für den privaten Bereich des Rohstoff-Recyclings. Es ist demgegenüber für Kunststoffe festzuhalten, dass Stand heute kein umfassendes Gesamtkonzept zur schweizweiten Umsetzung von Stoffstrommanagement existiert – und somit auch nicht für die Bereiche Abfallwirtschaft und Recycling.

### Und was ist mit Kunststoff?

Die Idee, Abfall als Rohstoff in den Produktionskreislauf zurückzuführen, ist in vielen Wirtschaftszweigen gelebter Alltag. Das Anliegen des VKRS ist es, diese Mehrwerte auch im Sinne der nachhaltigen Kunststoffproduktion zu realisieren. Welche Mehrwerte entstehen bei der Rohstoffgewinnung aus Kunststoffabfall?

- Schonung natürlicher Ressourcen
- Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen
- Reduktion des CO<sub>2</sub>-Austosses
- Wirksame Förderung von Cleaner Production-Konzepten und ökologischer Kreislaufwirtschaft
- Preisattraktive Gewinnung von Sekundärrohstoffen für die produzierenden Betriebe
- Innovationsschub durch den Einsatz neuer Recycling-Technologien
- Schaffung neuer Arbeitsplätze
- Schaffung von mehr Lebensqualität durch eine gesündere Umwelt

Trotz dieser wirtschaftlichen, ökologischen und technologischen Potenziale, existieren derzeit nur einzelne Inselkonzepte und Initiativen, die sich auf die Sammlung und Recycling von Kunststoffen konzentrieren – allen voran die PET-Sammlung. Aber ein ganzheitliches Sammelsystem gemischter Kunststoffe zur Gewinnung sortenreiner Rohstoffe ist nicht gegeben. Im Gegenteil: Es existieren derzeit viele Strömungen am Markt, welche der ökologischen Kreislaufwirtschaft in der Kunststoffproduktion entgegenstehen. Und so gelangen in der Schweiz jedes Jahr 780'000 Tonnen Kunststoffabfälle in die Entsorgung – davon werden lediglich rund 10 % recycelt.

Das Ergebnis: Wir verbrennen Rohstoffe, reduzieren weiterhin auf gefährliche Weise die natürlichen Rohstoff-Vorkommen und machen uns abhängig von teuren Importen.

**Das Ende der Wegwerfgesellschaft**

Trotz der bestehenden – und sicher auch weiter vorhandenen – Widerstände ist es unsere Vision als VKRS, eine nachhaltige Kunststoffproduktion in der Schweiz zu schaffen. Zentraler Ansatz dafür ist das Kunststoffrecycling, mit dessen Hilfe wir den Stoffkreislauf gezielt schliessen. Unsere Vision: Ein Kilogramm Rezyklat substituiert ein Kilogramm Neugranulat. In Zahlen bedeutet das bis zu 124 Millionen Liter weniger Erdöl und bis zu 694.000 Tonnen weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoss in der Schweiz. Es ist ganz einfach – und alle können mitmachen. Wir wollen Vorbild sein!

Im Juni 2014

# 1 Herausforderung Kunststoffe

Ein Leben ohne Kunststoffe ist undenkbar. Kunststoff, ein Hightech-Material, das extrem leicht ist und sich beliebig formen lässt, ist allgegenwärtig, und wir handhaben es mit einer Selbstverständlichkeit: Wir tragen Kleider aus Kunststoff und verpacken Lebensmittel damit. Leichte und stabile Bauteile in Fahrzeugen helfen Treibstoff zu sparen und retten Leben. Kunststofffenster, -isolationen und -dämmungen reduzieren erheblich den Energieverbrauch von Gebäuden. Und wo stünde unsere Informationstechnologie ohne Kunststoffanwendungen?

Kunststoffe leisten einen wesentlichen Beitrag zu unserem hohen Lebensstandard. Jedes Jahr werden in der Schweiz eine Million Tonnen Kunststoffe in Verkehr gebracht. Und die Menge wächst weiter.

## Herkömmlicher Kunststoffproduktions-Prozess

Die meisten Kunststoffe werden aus Erdöl hergestellt. Damit aus dem fossilen Rohstoff ein fertiges Kunststoffprodukt wird, ist ein komplizierter und mit Risiken behafteter Produktionsprozess nötig. Abb. 1-1 zeigt die rudimentären Verarbeitungsschritte in der herkömmlichen Kunststoffproduktion.

Abb. 1-1 Herkömmlicher Kunststoffproduktions-Prozess

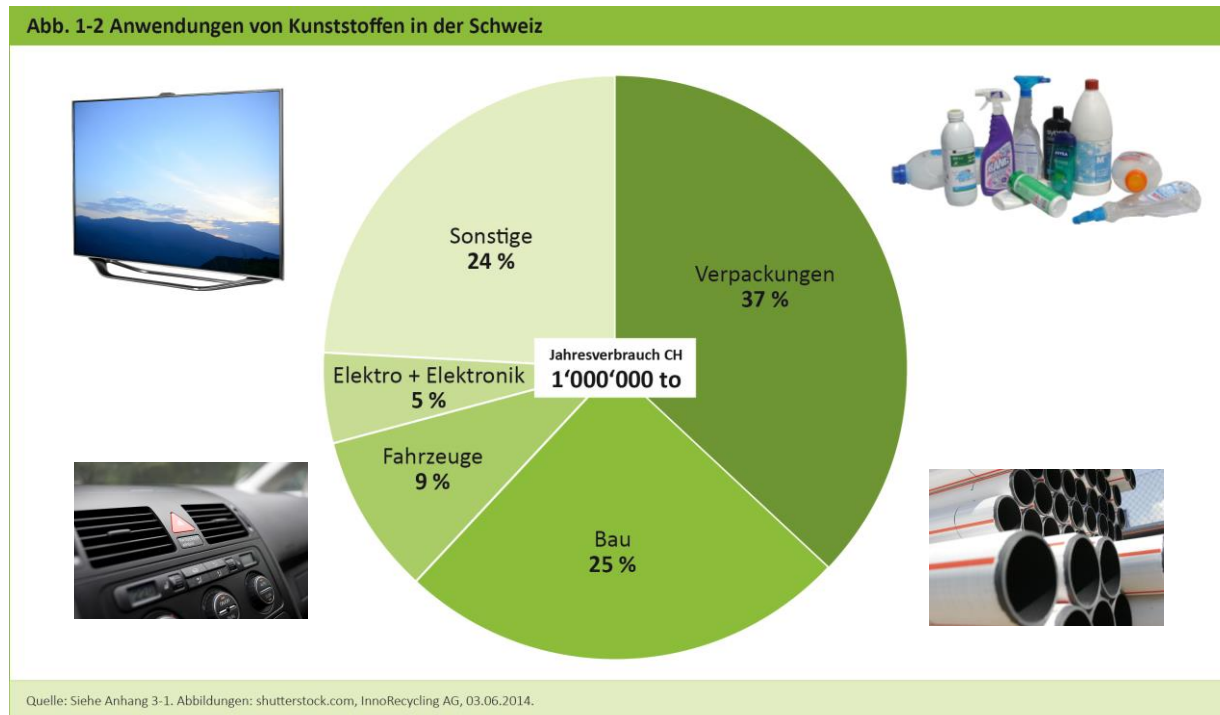


Abbildungen: shutterstock.com, InnoRecycling AG, 03.06.2014.

Die Schweiz verfügt über keine eigenen fossilen Rohstoffe wie Erdöl, Gas oder Kohle. Jedes Kilogramm, das verbraucht wird, muss importiert werden. Raffinieren, Destillieren und Cracken des Rohöls führt

u.a. zu Rohbenzin bzw. Ethylen, Propylen und anderen organischen Grundchemikalien für die Kunststoffherstellung. Durch anschliessende Polymerisation werden Primär-Kunststoffe wie Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP) gewonnen.

Abb. 1-2 zeigt die Anwendungen von Kunststoffen in der Schweiz.



Der grösste Teil der Kunststoffproduktion (37 %) wird für Verpackungen benötigt. Bekannte Anwendungen sind z.B. PET- und Milchflaschen, Joghurtbecher, Käse- oder Fleischfolien, Gemüsefolien, Pflanzentöpfe, Zeitschriftenverpackungen, Tragetaschen oder Schrumpffolien bei Sixpacks. Anwendungen im Bau (25 %) sind z.B. Kabelschutzrohre, Dachfolien, Dämmmaterial und Fenster, oder in Fahrzeugen (9 %) Stossfänger, Armaturenbretter, Sitze und Dämmmatten.

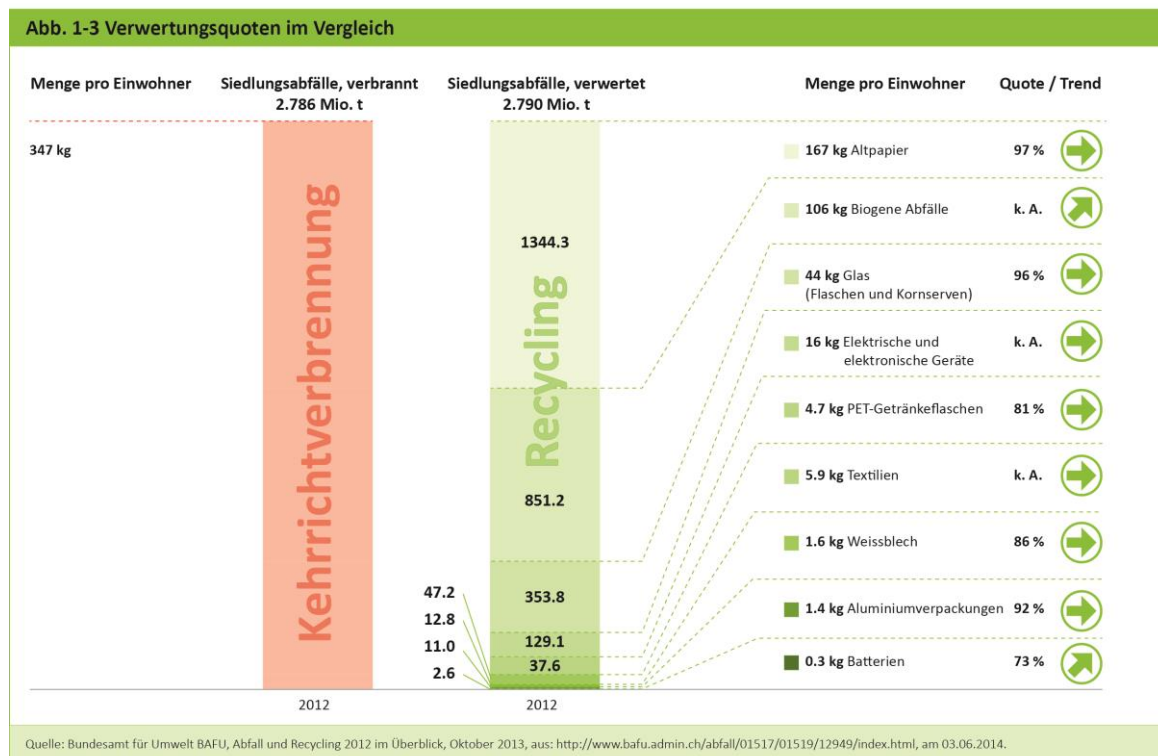
### Kunststoffverwertung in der Schweiz

So vielseitig und wertvoll Kunststoff in seinen Eigenschaften auch sein mag, es gelangen trotzdem pro Jahr 780'000 Tonnen in die Entsorgung – davon werden lediglich rund 10 % recycelt.

Recycling hat in der Schweiz seit je her einen hohen Stellenwert. Etwa die Hälfte aller Siedlungsabfälle werden mit Separatsammlungen erfasst und dem Recycling zugeführt: Papier und Karton, Glas- und PET-Flaschen, Textilien, elektrische und elektronische Geräte, ja sogar Kaffee-Kapseln.



Über 5.5 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle fallen jährlich in der Schweiz an. Abb. 1-3 zeigt, wie die Siedlungsabfälle verwertet werden.



In vielen Bereichen wie Altpapier, Glas oder Dosen erreicht die Schweiz Sammelquoten von über 80 % – nicht aber beim Kunststoff! Dabei wären gerade Kunststoffe prädestiniert für das Recycling. Kunststoffe enthalten viel „graue Energie“<sup>1</sup> und mit Recycling könnte man Energie und Rohstoffe sparen und in der Folge den Treibhauseffekt verringern.

## Schlussfolgerung

Der herkömmliche Kunststoffproduktions-Prozess in der Schweiz bietet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bei höchsten Qualitätsansprüchen, basiert jedoch auf fossilen Rohstoffen. Dies ist mit erheblichen ökologischen und ökonomischen Belastungen, Abhängigkeiten von Rohstoffimporten und hohem Energieverbrauch verbunden.

Unserer Einschätzung zufolge zählt die Schweiz zu den führenden Nationen im Recyclingbereich. Die Recycling-Quoten liegen mitunter deutlich über 80 %.<sup>2</sup> Obwohl Kunststoffabfälle genauso wie Altpapier, Alu- und Weissblechdosen, Glas-oder PET-Flaschen fürs Recycling bestens geeignet wären, beträgt die Recycling-Quote nur rund 10 %.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Anm. d. Verf.: Unter grauer Energie versteht man die Menge an Energie, welche für die Produktion, Logistik, Nutzung und Entsorgung benötigt wird. Siehe auch Anhang 7-1.

<sup>2</sup> Abfall und Recycling 2012 im Überblick, Bundesamt für Umwelt BAFU, Oktober 2013, aus: <http://www.bafu.admin.ch/abfall/01517/01519/12949/index.html>, am 03.06.2014.

<sup>3</sup> Siehe Anhang 3-1. Projekt „Kunststoff-Verwertung-Schweiz“. Bericht Module 1 und 2, Bundesamt für Umwelt BAFU, März 2011, S. 13, aus: <http://www.bafu.admin.ch/abfall/01472/01483/index.html>, am 03.06.2014.

## 2 Potenziale einer nachhaltigen Kunststoffproduktion

Neben dem herkömmlichen Kunststoffproduktions-Prozess, basierend auf fossilen Rohstoffen, gibt es auch eine Alternative: Einen nachhaltigen Kunststoffproduktions-Prozess, der anstatt fossiler Rohstoffe Kunststoffabfälle einsetzt. Abb. 2-1 zeigt die einzelnen Prozess-Schritte.

Abb. 2-1 Nachhaltiger Kunststoffproduktions-Prozess



Abbildungen: shutterstock.com, InnoRecycling AG, 03.06.2014.

Der alternative Einsatz von Kunststoffabfällen anstatt fossiler Rohstoffe birgt erhebliches Potential. Mit Recycling könnte man nicht nur den Treibhauseffekt verringern, sondern auch wertvolle Energie sowie Rohstoffe sparen und damit Ressourcen schonen. Studien belegen, dass Kunststoffrecycling sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile hat.<sup>4</sup>

### Optimaler Produkte-Lebenszyklus

Jedes Produkt durchlebt einen Zyklus mit unterschiedlichen Phasen: Produktion – Nutzung – Entsorgung.<sup>5</sup>

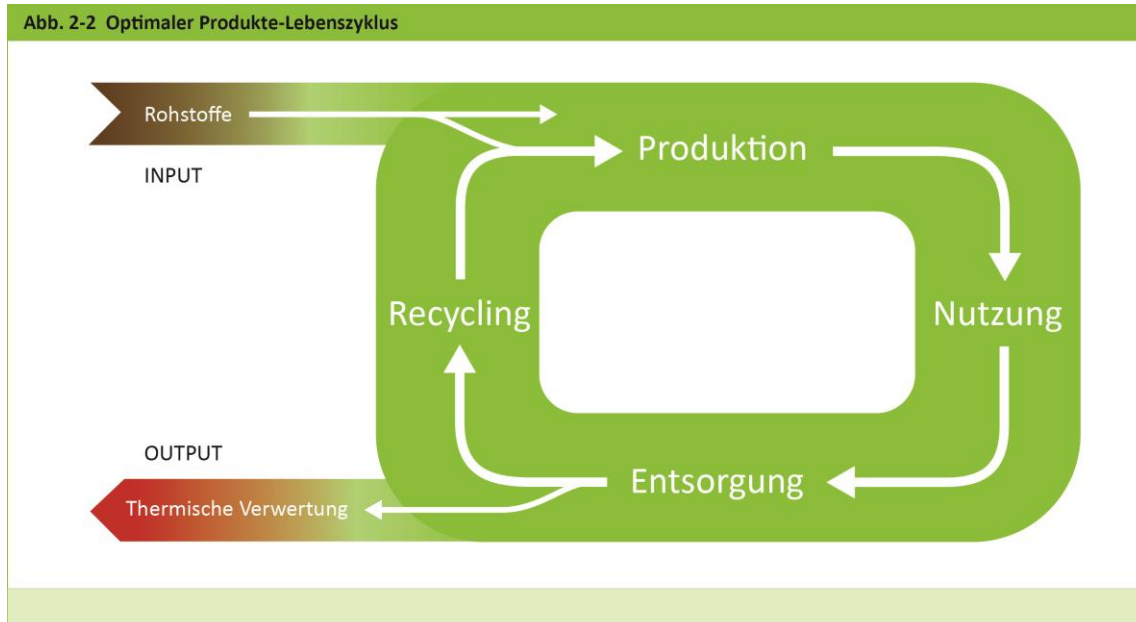
In der Entsorgungsphase wird entschieden, ob ein Produkt recycelt, sprich in einen weiteren Produktionskreislauf zurückgeführt wird. Das Produkt, nach der Nutzung zwar Abfall, dient als Rohstoff

<sup>4</sup> Vgl. Ausschuss Runder Tisch Kunststoffverwertung, Bericht Module 1 und 2, 2011 – Ausschuss Runder Tisch Kunststoffverwertung, Entwurf Schlussbericht Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz, Stand 24.04.2013 – BAFU und InnoPlastics, Bericht Ökologischer Nutzen des PE-Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe), 2012 – GDI Gottfried Duttweiler Institut-Studie, Vom Abfall zum Rohstoff? Die Zukunft des Recyclings, 2012.

<sup>5</sup> Anm. d. Verf.: Unter Entsorgung versteht man im Allgemeinen die Beseitigung von Abfällen, bzw. die Prozesse für das Recycling, Kehrichtverbrennung oder Deponie.

für neue Produkte. Wir gehen davon aus, dass es ressourceneffizient ist, Rohstoffe möglichst lange zu erhalten, bzw. so oft als möglich zu recyceln.

Abb. 2-2 zeigt einen Produkte-Lebenszyklus, der durch Recycling verlängert wird.



Je weniger Abfälle aus dem Kreislauf «herausfallen», desto weniger neue Rohstoffe müssen hinzugefügt werden.

Viele Güter des täglichen Lebens werden bereits heute aus Recycling-Rohstoffen oder sogenannten Sekundärrohstoffen hergestellt. Wirtschaften in Kreisläufen ist in der Schweiz nicht mehr wegzudenken: Die Stahl-, Metall-, Papier-, Karton und Glas-Produktion könnte den Bedarf ohne Sekundärrohstoffe nicht mehr decken. Die Versorgung mit Sekundärrohstoffen erfolgt über Separatsammlungen wie Altpapier, Karton, Altglas, PET-Flaschen, Elektronikschrott oder Dosen.

### Entstehung der Kunststoffabfälle

Jährlich gelangen 780'000 Tonnen Kunststoffe in die Entsorgung. In diesem Warenstrom enthalten sind 50'000 Tonnen, die als Ersatzbrennstoff (EBS) in die qualifizierte thermische Verwertung, und 90'000 Tonnen, die ins Recycling gehen. Die Recyclingmenge besteht aus rund 40'000 Tonnen PET-Getränke- und PE-Milchflaschen sowie 50'000 Tonnen Produktionsausschüssen und Kunststoffabfällen aus Industrie und Gewerbe. Jedoch mehr als 80 %, nämlich 650'000 Tonnen, gelangen in die Kehrichtverbrennung!<sup>6</sup> Diese Menge stammt etwa zu gleichen Teilen aus Industrie und Gewerbe bzw. aus den Haushalten.

<sup>6</sup> Ausschuss Runder Tisch Kunststoffverwertung, Projekt Kunststoffverwertung Modul 1 + 2, 2011, erstellt durch Redillo.

## Potential von Kunststoffabfällen

Die Versorgung mit Rohstoffen im nachhaltigen Kunststoffproduktions-Prozess basiert auf Kunststoffabfällen. Diese müssen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, werden in der Schweiz aber heute grösstenteils als Kehrfraktion verbrannt. Es müssen deshalb heute Kunststoffabfälle importiert werden, um die Nachfrage der Schweizer Kunststoffproduzenten zu decken.

Systeme für die Erfassung von Kunststoffabfällen bei Industrie und Gewerbe existieren zwar, doch sie müssen weiter ausgebaut werden. Das grösste Potential liegt jedoch bei den Haushalten. Neben den PET-Flaschen gibt es nur vereinzelte Möglichkeiten, die Kunststoffabfälle dem Recycling zuzuführen, z.B. Milchflaschen.

Um die nachhaltige Produktion von Kunststoffen auszubauen, müssen mehr Kunststoffabfälle separat erfasst werden. Am besten geeignet wären dazu die Haushaltskunststoffe, vor allem die Verpackungskunststoffe. Sie machen einerseits das grösste Mengenaufkommen aus, bestehen andererseits aus hochwertigem Material und waren nur kurz im Umlauf, sind also praktisch neuwertig. Weitere Kunststoffabfälle aus Bau-, Auto-, Elektronik- und anderen Anwendungen treten in viel kleineren Mengen auf und sind qualitativ schlechter.

Abb. 2-3 zeigt eine Übersicht der häufigsten Anwendungen von Haushaltskunststoffen mit der Zuordnung von Materialgruppen im Recycling.

**Abb. 2-3 Anwendungen von Haushaltskunststoffen**

Entsorgungsgut	Materialgruppe im Recycling
Tragetaschen, Zeitschriftenfolien, Sixpackfolien, Kassensäckli	PE-Folien
PET-Getränkeflaschen	PET-Flaschen
Becher, Schalen, Folien, Trays, Flaschen	PET-Nichtgetränkeflaschen
Milch-, Spülmittel-, Putzmittel-, Weichspülerflaschen etc.	PE-Hohlkörper
Joghurtbecher, Glacebecher und -verpackungen	PS-Hohlkörper
Tetrapacks, Fruchtsaft- und Milchverpackungen	Getränkeverbundkartons
Verbundmaterial, Mehrschichtfolien, Aufschnitt- und Käseverpackungen	Mischkunststoffe

Kunststoffverpackungen bestehen im Wesentlichen aus den Hauptsorten Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) Polyethylenterephthalat (PET) und Polystyrol (PS).

Doch wie können Haushaltskunststoffe dem Recycling zugeführt werden? Bereits bestehende Recyclingkonzepte erfassen das Material direkt an der Quelle, also dort, wo es entsteht. Anstatt es zusammen mit dem Kehrfraktion entsorgen, sollte es separat erfasst werden (siehe PET, Glas oder Altpapier). Analog könnten auch die Haushaltskunststoffe mit einer Separatsammlung erfasst werden.

## Mengengerüst

Jährlich fallen in der Schweiz 365'000 Tonnen Haushaltskunststoffe zur Entsorgung an.<sup>7</sup> Etwa 40'000 Tonnen (PET- und Milchflaschen) werden bereits mit Separatsammlungen dem Recycling zugeführt. Die restliche Menge (325'000 Tonnen) gelangt vermischt mit dem Kehrfraktion in die Verbrennung.

<sup>7</sup> Ausschuss Runder Tisch Kunststoffverwertung, Entwurf Schlussbericht Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz, Stand 24.04.13, Seite 24.

Hochrechnungen des VKRS zufolge liegt eine jährliche mögliche Sammelmenge für die Schweiz bei 200'000 bis 300'000 Tonnen, bzw. 25 bis 37 kg pro Kopf und Jahr, abhängig davon, welche Materialgruppen berücksichtigt werden. Eine durchschnittliche Menge von 31 kg pro Person und Jahr scheint realistisch.

Als Referenz sind zwei Systeme interessant: Das Land Vorarlberg (Österreich) mit einer Sammelmenge von 27.4 kg<sup>8</sup> und der Kanton Zug mit 35.5 kg<sup>9</sup> pro Kopf und Jahr. Die durchschnittliche Sammelmenge beider Systeme liegt bei 31 kg.

Ein Pro-Kopf-Aufkommen von 31 kg bei 8 Mio. Einwohnern ergibt eine Sammelmenge von 248'000 Tonnen Haushaltskunststoffe pro Jahr. Nicht berücksichtigt sind dabei das zukünftige Bevölkerungswachstum und der steigende Kunststoffverbrauch.



Abb. 2-4 Haushaltskunststoffe, aus InnoRecycling AG

## Schlussfolgerungen

Eine nachhaltige Kunststoffproduktion sollte keine primären fossilen Rohstoffe sondern Kunststoffabfälle verwenden. Bereits heute werden in der Schweiz nachhaltige Kunststoffe produziert. Aus Erfahrung des VKRS stehen zu wenig sortierte Kunststoffabfälle zur Verfügung, weshalb aus dem Ausland importiert werden muss.

Es könnten hingegen neue Quellen erschlossen werden: Kunststoffverpackungen aus Haushalten wären bestens geeignet und in grossen Mengen verfügbar.

Eine Separatsammlung für Haushaltskunststoffe könnte die Versorgung einer nachhaltigen Kunststoffproduktion sicherstellen.

<sup>8</sup> Leistungsreport 2012, Nachhaltigkeitsbericht, ARA Altstoffrecycling Austria, Seite 48.

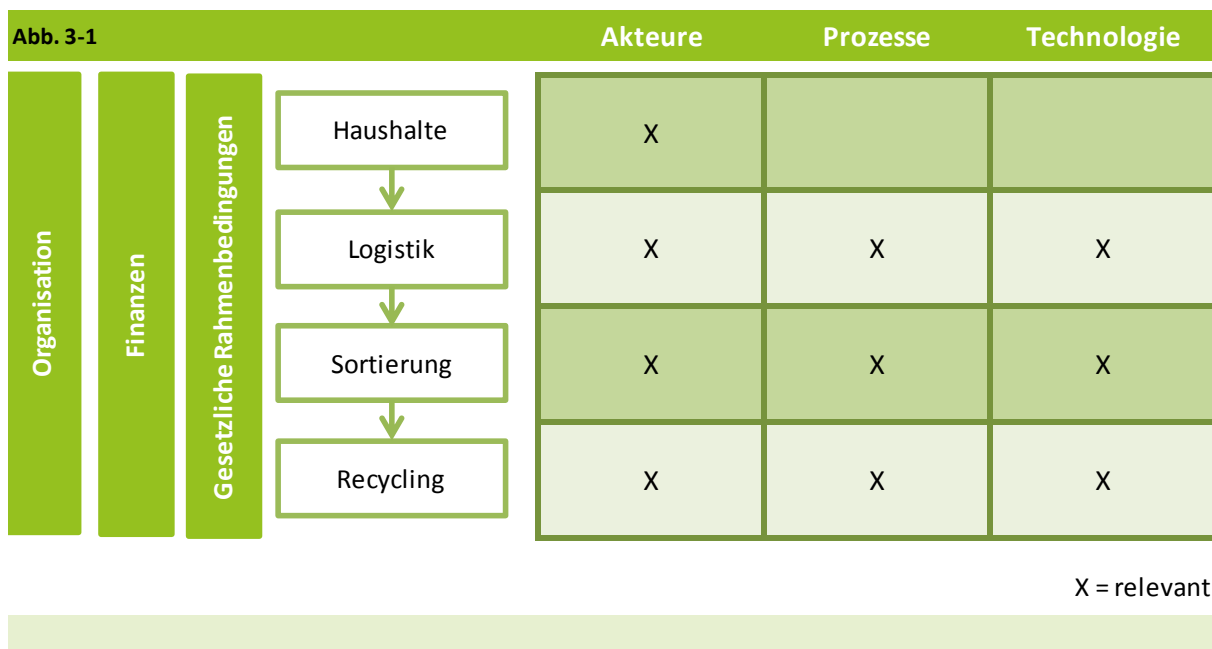
<sup>9</sup> Kunststoffverwertung im Kanton Zug, ZEBA Juni 2004, Seite 8.

### 3 Konzept für eine separate Kunststoffsammlung

Das vorliegende Konzept zielt darauf ab, mit einer Separatsammlung von Haushaltskunststoffen die Versorgung mit Rohstoffen einer nachhaltigen Kunststoffproduktion sicherzustellen. Separate Kunststoffsammlungen sind nicht etwa ein Novum, sondern werden im angrenzenden Ausland, wie in Österreich, Deutschland und Italien schon seit Jahren betrieben.

Das Schliessen von Stoffkreisläufen bei Kunststoffen ist für die Schweiz ein Paradigmawechsel und bedingt massive Eingriffe in bestehende Strukturen und Prozesse. Nachfolgend wird ein Konzept für eine separate Kunststoffsammlung für die Schweiz skizziert.

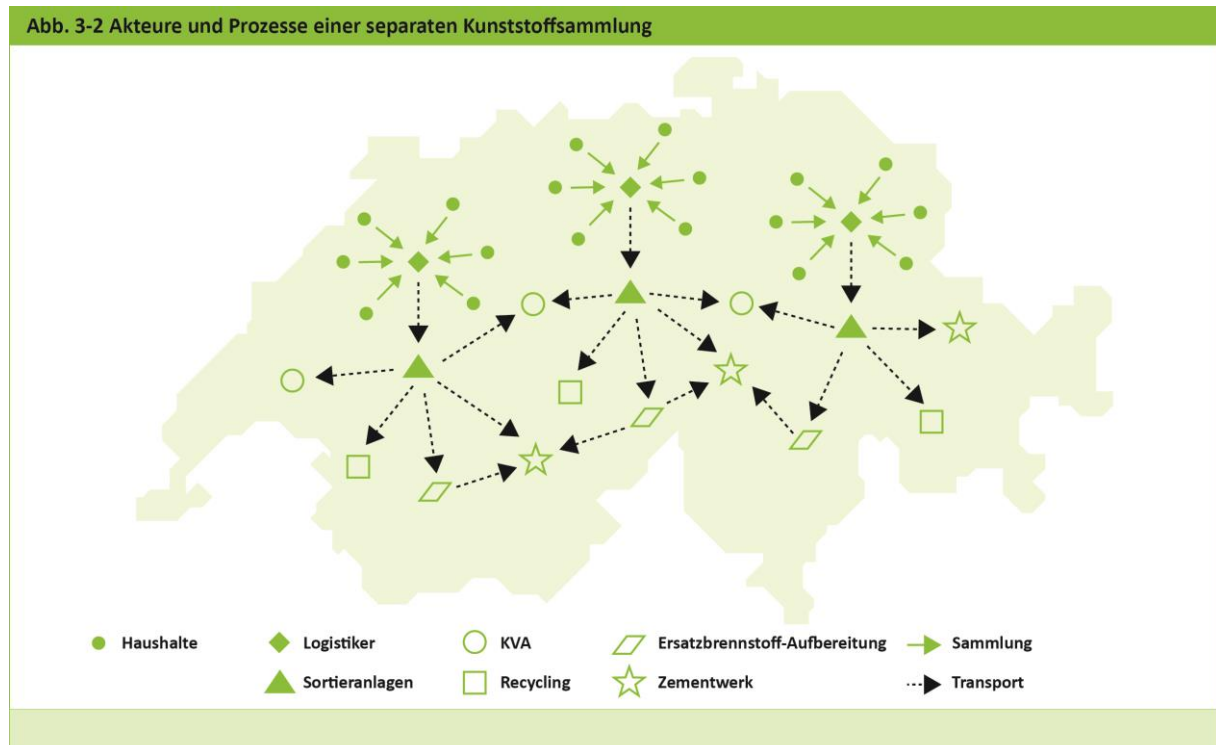
Das Konzept definiert die Qualität der Haushaltskunststoffe und deren Mengenaufkommen, zeigt die einzelnen Prozessschritte und erläutert die prozessübergreifenden Querschnittsfunktionen wie Organisation, Finanzierung und Rechtsgrundlagen (siehe Abb. 3-1).



Doch wie können Haushaltskunststoffe einem nachhaltigen Produktionsprozess zugeführt werden? Die Haushaltskunststoffe müssten in den Haushalten separat erfasst werden. Analog zu den bestehenden Separatsammelsystemen (PET, Glas oder Papier) könnte eine Separatsammlung für Haushaltskunststoffe eingeführt werden.

## Akteure und Prozesse einer separaten Kunststoffsammlung

Abb. 3-2 zeigt das Zusammenspiel der Akteure (Haushalte, Logistiker, Sortieranlagen und Recycler) bei einer separaten Sammlung von Haushaltskunststoffen. Auf den folgenden Seiten wird detailliert auf die Zusammenhänge eingegangen.



### Haushalte

Eine zentrale Bedeutung haben die Haushalte, denn hier fallen die Haushaltskunststoffe an. Wir gehen davon aus, dass eine separate Kunststoffsammlung den Haushalten nebst ökologischen auch finanzielle Vorteile bringen soll. Das Entsorgungskonzept müsste einfach zu handhaben sein und ähnlich wie bereits bestehende Separatsammlungen funktionieren.

Nebst den Sammelgebinden für die bestehenden Separatsammlungen (PET, Glas, Dosen usw.) müssten die Haushalte ein neues Sammelgebilde für die Haushaltskunststoffe einführen, z.B. Müllgrossbehälter (MGB), Container oder Sammelsäcke wie beim Kehrrecht. Am einfachsten zu handhaben wäre ein Sammelsack. Er ist in verschiedenen Größen erhältlich und so dem Mengenaufkommen anpassbar. Durchsichtige Säcke reduzieren Fehlwürfe (soziale Kontrolle). Auch bewährte Systeme in Deutschland oder Österreich setzen auf Sammelsäcke.

Bei der Erfassung ist zu beachten, dass die Haushaltskunststoffe sauber oder nur leicht verschmutzt sowie die Behälter restentleert sind. Ein Ausspülen der Behälter ist nicht nötig. Stark verschmutzte Kunststoffe oder Behälter mit Restinhalten können weiterhin mit dem Kehrrecht entsorgt werden.

Durch die separate Sammlung von Haushaltskunststoffen reduziert sich das Volumen des Restmülls um bis zu 60 %<sup>10</sup> und es könnten kleinere oder weniger Restmüllsäcke eingesetzt werden.

Unter der Annahme, dass ein Haushalt bis anhin einen Kehrichtsack pro Woche verwendet, könnte diese Menge in Zukunft auf einen (halb so grossen) Kehricht- bzw. Kunststoffsack aufgeteilt werden, und zwar bei unverändertem Konsumverhalten. Die Zwischenlagerung der Kunststoff-Sammelsäcke würde analog zu PET, Glas oder Dosen erfolgen. Haushaltskunststoffe verursachen praktisch keine lästigen Geruchsemissionen. Der Kunststoff-Sammelsack wiegt bei gleichem Volumen im Vergleich zum Kehrichtsack etwa dreimal weniger.

Verschiedene Feldversuche mit regionalen Kunststoffsammlungen zeigen unter diesen Voraussetzungen eine hohe Akzeptanz.<sup>11</sup>

### Logistiker

Bei einer Separatsammlung sind grundsätzlich zwei Systeme möglich:

**Holsystem:** Die vollen Kunststoff-Sammelsäcke würden, wie beim Kehricht, vor der Haustür mit einem Sammelfahrzeug und einer separaten Sammeltour erfasst.

**Bringsystem:** Die Haushalte bringen die Haushaltskunststoffe selber zu den Sammelstellen (wie beim PET, Glas oder Dosen).

Eine Kombination der Systeme ist möglich, also ein Holsystem mit ergänzenden Bringmöglichkeiten oder umgekehrt.

Sowohl das Hol- als auch das Bringsystem verursachen Mehrverkehr. Beim Bringsystem erhöht sich der Individualverkehr, und beim Holsystem wären zusätzliche Sammeltouren mit dem Sammelfahrzeug nötig.

Ein Holsystem dürfte auf eine höhere Akzeptanz bei den Haushalten stossen. Der Sammelsack gewährt die Flexibilität sowohl für ein Hol- als auch für ein Bringsystem, und je nach regionalen Gegebenheiten (urban/ländlich) lassen sich die Systeme auch gut kombinieren. Erfahrungen aus Österreich und Deutschland zeigen, dass ein einfaches Sammelsystem mit einer hohen Sammelquoten verbunden ist. Eine Abholung vor Ort ist nicht nur bequem, sondern schränkt auch Individualfahrten ein. Darum basieren die Kunststoffsammlungen grundsätzlich auf Holsystemen, ergänzt durch Bring-Möglichkeiten.

Abholrhythmen für eine Sammeltour sind abhängig von Gebindegrössen, Mengenaufkommen und Lagermöglichkeiten in den Haushalten. Eine kombinierte Lösung wäre auch für die Schweiz denkbar: Holsystem in Verbindung mit Sammelstellen. Eine solche Lösung bietet genügend Handlungsspielraum für die regionalen Gepflogenheiten und deren Ansprüche (Stadt/Land).

Mit sinkendem Restmüllaufkommen, entstünde zusätzliche Kapazität bei den Kehrichtsammelfahrzeugen. Da die Kehrichtsammelfahrzeuge auch für die Kunststoffsammlung geeignet sind, könnte diese neue Kapazität für die Haushaltskunststoff-Sammlung genutzt werden. Die Verschiebung vom Kehricht zum Kunststoff vermag die zu erwartende Sammelmenge jedoch nicht vollständig zu kompensieren, so dass allenfalls zusätzliche Fahrzeuge angeschafft werden müssten. Sammelstellen, wie Werk- und

<sup>10</sup> Kunststoffverwertung im Kanton Zug, ZEBA, 2004, Seite 17.

<sup>11</sup> Anm. d. Verf.: Kehricht Verband AVAG, BE, Gemeinde Amlikon TG, Baldini AG, UR, Transport AG Aarau, AG, InnoRecycling AG, TG, u.a.



Ökihöfe könnten mit zusätzlichen Containern ausgerüstet werden, um so Haushaltskunststoffe im Bringsystem zu übernehmen.

Haushaltskunststoffe sind sehr leicht und wiegen durchschnittlich rund dreimal weniger als Restmüll. Es ist deshalb sinnvoll, Haushaltskunststoffe nur über kurze Distanzen zu transportieren, auf regionalen Umschlagplätzen zu verdichten, anschliessend mit möglichst hohen Transportgewichten weiter zu den Sortieranlagen zu transportieren, um damit leichtgewichtige, aber grossvolumige Fahrten vermeiden zu können.

Unabhängig vom Logistiksystem müssten neue Sammelstellen für Haushaltskunststoffe eingerichtet, bestehende ausgebaut sowie allenfalls zusätzliche Transportmittel angeschafft werden.

### **Sortierung**

Haushaltskunststoffe sind ein Mix aus verschiedensten Kunststoffsorten und müssen aufgrund ihrer unterschiedlichen Beschaffenheit sortiert werden, damit sie für das Recycling geeignet sind. Die Schweiz verfügt momentan noch über keine geeigneten Sortieranlagen für Haushaltskunststoffe. Es müssten also neue Anlagen aufgebaut werden. Grundsätzlich kann manuell (von Hand) oder automatisch (mit Maschinen) sortiert werden. Bei den zu erwartenden Mengen funktioniert nur eine vollautomatische Sortierung mit regionalen Standorten für genügend Kapazität, Durchsatz und kurzen Transportwegen.

Die Sortieranlagenbetreiber übernehmen die gemischten Haushaltskunststoffe, erzielen durch die Sortierung eine Wertschöpfung und übernehmen im eigenen Risiko die Vermarktung des Outputmaterials.

Sortierergebnisse aus aktuellen Feldversuchen geben Aufschluss über die Materialqualität von Schweizer Haushaltskunststoffen. 50 – 60 % sind sortenreine Kunststoffe (PE, PP, PS, PET) also für das Recycling geeignet. Rund 40 % sind vermischte und verunreinigte Kunststoffe sowie Materialverbunde (Mischkunststoffe) und können zur Energieerzeugung in industriellen Anlagen genutzt werden.<sup>12</sup>

Dies ist eine retrospektive und damit konservative Betrachtung. In Zukunft dürfte mit deutlich höheren Recyclingquoten gerechnet werden, da neue Sortiertechnologien zur Verfügung stehen, das Eco-Design bei Verpackungen zunimmt und die Konsumenten sensibilisiert sind, ihr Konsumverhalten anpassen und weniger Fehlwürfe verursachen.

---

<sup>12</sup> Siehe Anhang A 1-1.

Abb. 3-3 zeigt das Ablaufschema einer Sortieranlage für Haushaltskunststoffe.

Abb. 3-3 Ablaufschema einer Sortieranlage

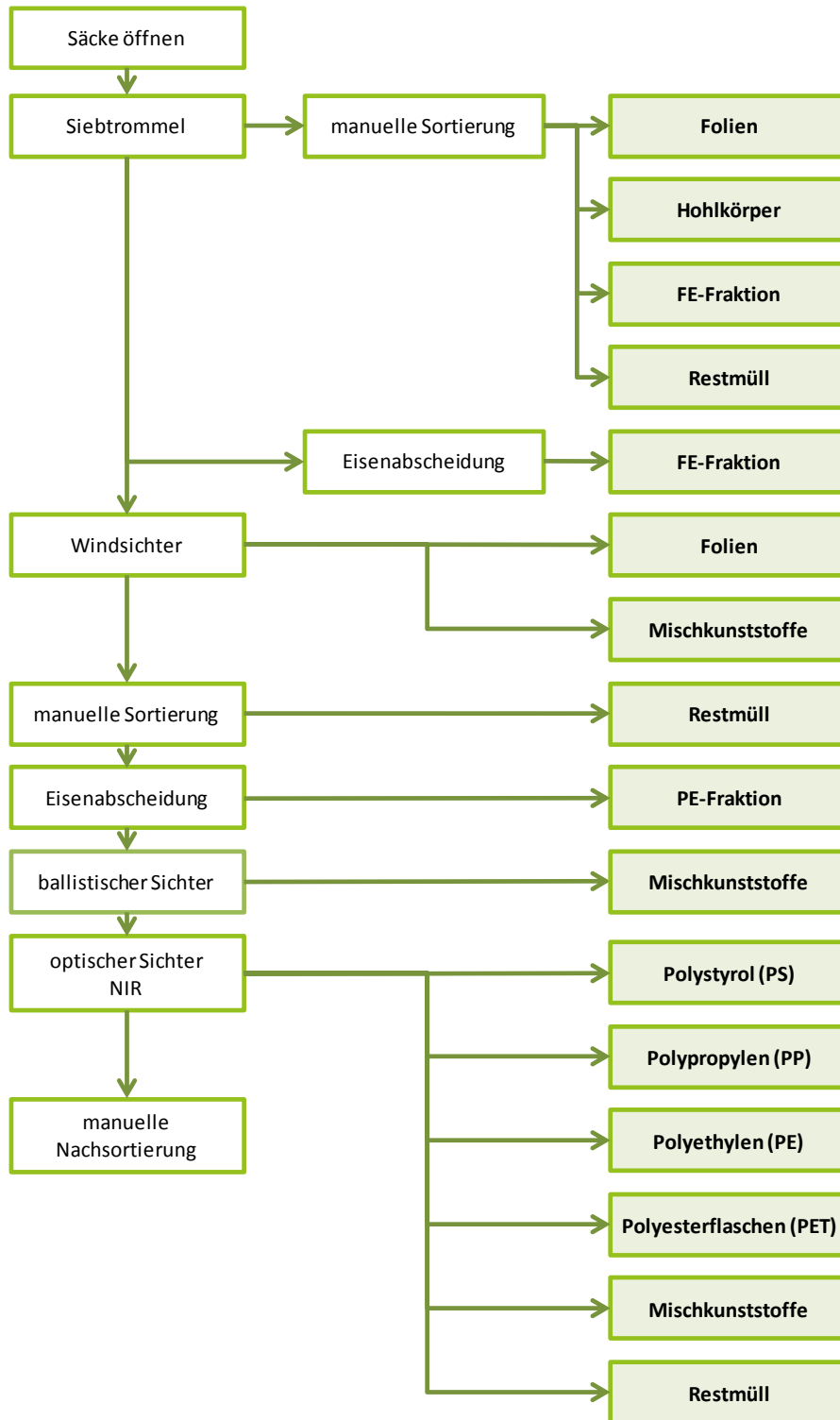


Abb. 3-6 zeigt eine Auswahl der wichtigsten Output-Fractionen einer Sortieranlage, Kunststoffe in Ballen gepresst.



## Recycling

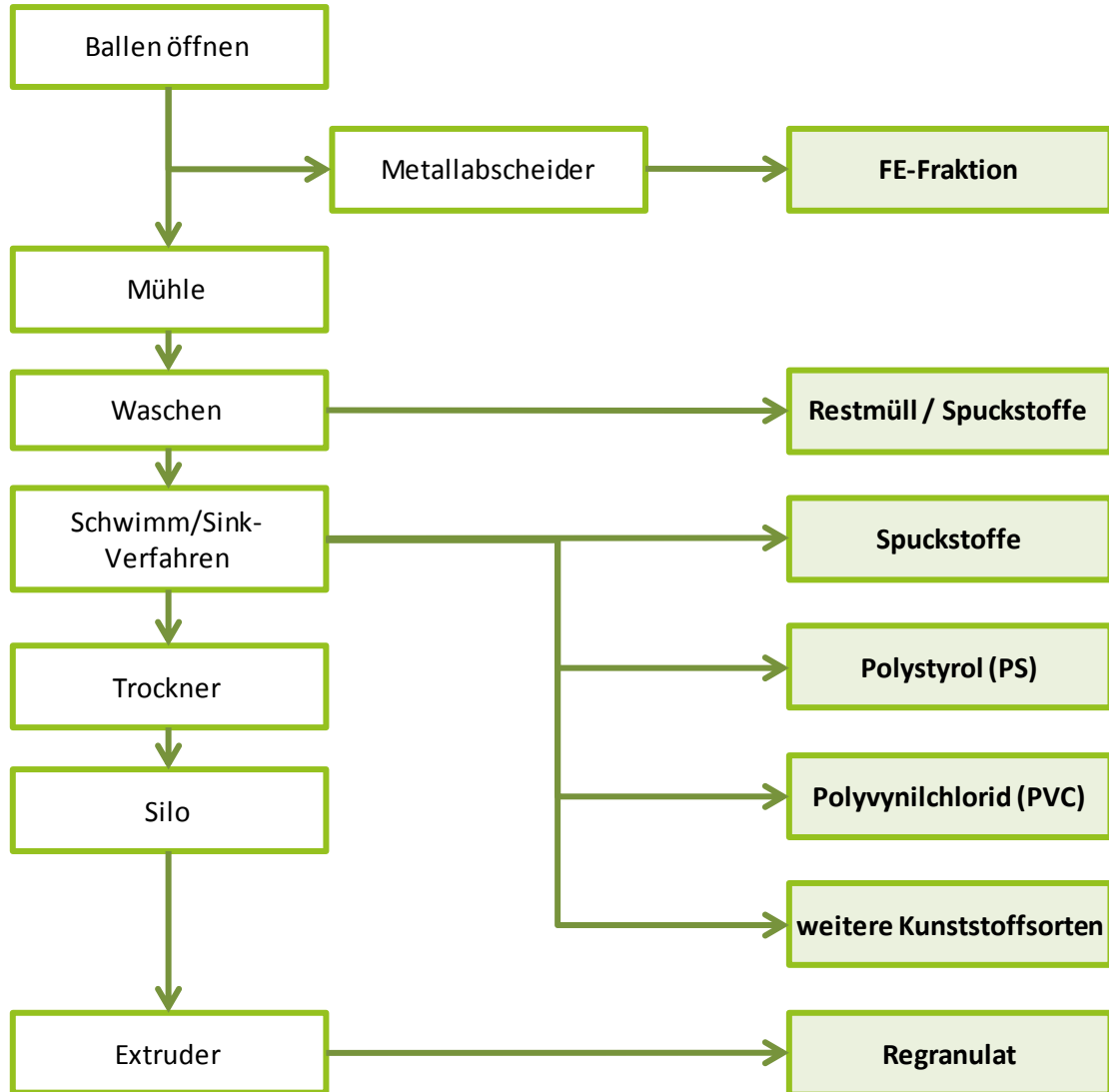
Die Recycler kaufen von den Sortierwerken sortenreine Kunststoffe und verarbeiten diese weiter zu Recycling-Granulat, dem sogenannten Regranulat. Obwohl die einzelnen Ballen sortenrein sind, müssen die Kunststoffe vor der Wiederverwertung vorbehandelt werden. Im Wesentlichen sind dazu folgende Schritte nötig: Kunststoffballen öffnen, Metall abscheiden, Kunststoff zerkleinern und waschen, damit Schmutz und Anhaftungen, wie z.B. Klebeetiketten, entfernt werden. Die anschließende Schwimm-Sink-Abscheidung nutzt das spezifische Gewicht der verschiedenen Kunststoffqualitäten: In einem Bottich schwimmen leichte Qualitäten, schwere Partikel sinken ab und können so getrennt werden. Nach der Trocknung sind die Kunststoffschnitzel völlig sauber und frei von Störstoffen. In dieser Form werden sie extrudiert (geschmolzen) und zu Regranulat (linsenförmige Kunststoffkörner, siehe Abb. 3-8) verarbeitet.

Die nachhaltige Kunststoffproduktion bzw. die Aufbereitung von Recyclingkunststoff benötigt deutlich weniger Energie und verursacht weniger CO<sub>2</sub> als die herkömmliche Kunststoffproduktion.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> LCA von Kunststoffrecycling, Verwertungsvarianten im Vergleich, Thomas Kägi und Dr. Fredy Dinkel, Carbotech AG, Auftraggeberin Inno-Recycling AG, Basel, 17.07.2013.

Abb. 3-7 zeigt das Ablaufschema einer Kunststoffrecyclinganlage in Verbindung mit der Herstellung von Regranulat.

Abb. 3-7 Ablaufschema einer Recyclinganlage



*Regranulat* aus nachhaltiger Produktion (aus Kunststoffabfällen hergestellt), ist qualitativ vergleichbar mit Granulat aus herkömmlicher Kunststoffproduktion (aus primären fossilen Rohstoffen hergestellt) und optisch kaum zu unterscheiden.

Die höchste Ressourceneffizienz wird dann erreicht, wenn ein Kilo Regranulat ein Kilo Neugranulat ersetzt, verbunden mit einem geringeren Energieaufwand.

Abb. 3-8 Regranulat, aus: InnoRecycling AG, 03.06.2014.



Abb. 3-9 Produkte aus Recyclingkunststoff, aus: InnoRecycling AG, 03.06.2014.

*Produktionsbetriebe* kaufen das Regranulat und stellen neue Kunststoffprodukte her. Abb. 3-9 zeigt eine Auswahl von möglichen Applikationen wie Säcke, Tragetaschen und Rohre.

Viele Kunststoffanwendungen liessen sich auch aus (Schweizer) Recycling-Kunststoff produzieren und würden dadurch den Import neuer fossiler Rohstoffe vermeiden oder zumindest vermindern.

Die neuen Mengen Recyclingkunststoff eröffnen neue potenzielle Geschäftsfelder, können aber auch zu Marktverschiebungen auf der Angebots- und der Nachfrageseite führen. Zudem müssten die Verarbeitungskapazitäten ausgebaut werden.

### Ersatzbrennstoff-Aufbereiter

Sortierausschüsse, vermischte und verunreinigte Kunststoffe sowie Materialverbunde (Mischkunststoffe), die nicht zum Regranulieren geeignet sind, aber auch Ausschuss und Spuckstoffe aus dem Regranulierungsprozess werden zur Energieerzeugung in industriellen Anlagen genutzt.

Die Kunststoffe werden zerkleinert (geshreddert) und mit anderen Kunststoffen gemischt. Sie werden typischerweise als Ersatzbrennstoff (EBS) für primäre fossile Brennstoffe, wie z.B. Steinkohle oder Braunkohle, in Zementwerken oder in der Zellstoffindustrie verwendet.



Abb. 3-10 Ersatzbrennstoff aus Kunststoff, aus: Häusle Schweiz AG, 03.06.2014.

### Zementwerke

In der Schweiz setzen Zementwerke bereits EBS ein. Die Substitution von fossilen Energieträgern mit EBS könnte ausgebaut werden. Durch den vermehrten Einsatz von EBS müssten weniger Primärbrennstoffe eingesetzt bzw. importiert werden.



Abb. 3-11 Zementwerk mit Drehofen, aus: shutterstock.com, 03.06.2014.

Die Herstellung von Zement ist sehr energieintensiv. Um aus Kalkstein, Ton und Mergel Zement zu erhalten, sind verschiedene Prozessschritte nötig. Das Kernstück des Prozesses ist ein Drehrohrofen, der mit Flammtemperaturen von 1'800 bis 2'000 °C betrieben wird. Wird EBS bei diesen hohen Temperaturen als Brennstoff eingesetzt, wird das Material vollständig zerstört und gleichzeitig verwertet. Es fallen keine zusätzlichen Emissionen oder Abfälle an, wie Aschen oder Schlacken.

Der vermehrte Einsatz von EBS setzt jedoch den Umbau bestehender Anlagen voraus.

### **Kehrichtverbrennungsanlagen**

Die Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) erhielten unmittelbar weniger Kunststoffe zum Verbrennen, was Einfluss auf den Heizwert des Restmülls und die Planungssicherheit haben würde. Der ursprüngliche Anteil von rund 20 % Kunststoffanteil im Restmüll würde sich durch die separate Kunststoffsammlung auf rund 10 % reduzieren. Die Sortierausschüsse gingen auch weiterhin in die KVA.

Da weniger Kunststoffabfall mit dem Restmüll verbrannt wird, erwarten wir eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und freie Kapazitäten für zukünftig steigende Kehrichtmengen. Somit könnte auf den Bau von neuen Kehrichtverbrennungsanlagen verzichtet werden.



Abb. 3-12 Bunker in KVA, aus: shutterstock.com, 03.06.2014.

### **Organisation**

Die separate Kunststoffsammlung ist ein Zusammenspiel verschiedener Akteure mit unterschiedlichen Interessen. Damit die Prozesse funktionieren, müssen Aufgaben und Kompetenzen verteilt, sprich in eine Organisationsstruktur eingebettet werden.

Um ökologische, ökonomische und soziale Mehrwerte für die Akteure zu gewährleisten, sehen wir einheitliche Standards für die ganze Schweiz als sinnvoll an. Die Einzelheiten müssen noch in einem Detailkonzept erarbeitet werden. Bereiche mit hohem Investitionsbedarf, wie z.B. die Standorte, Kapazitäten und die Materialqualitäten von Sortieranlagen, müssten zentral koordiniert werden, um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Hingegen könnten Bereiche wie Logistiksysteme oder der Verkauf von Sammelsäcken, dezentral, den regionalen Umständen (Stadt/Land) entsprechend, gelöst werden.

### **Dezentrale Strukturen**

Die dezentralen Aufgaben könnten zum Beispiel die bestehenden Kehrichtzweckverbände übernehmen. Die Akteure der separaten Kunststoffsammlung (Haushalte und Logistiker) wären identisch mit der bestehenden Kehrichtentsorgung. Eine solche Lösung brächte Synergien sowohl für die Kehrichtentsorgung als auch für die separate Kunststoffsammlung. Regionale Lösungen beim Vertrieb der Kunststoffsammelesäcke und der Logistik erreichten eine höhere Akzeptanz bei den Akteuren.

### **Zentrale Strukturen**

Aufgaben, die besser zentral gelöst werden, könnte eine Clearingstelle übernehmen. Dieses Gremium müsste neu aufgebaut und mit entsprechenden Befugnissen ausgestattet werden. Hier kann auf Erfahrungen von bestehenden Systemen, wie z.B. PET-Recycling Schweiz, SWICO, Sens, oder von Systemen aus Deutschland und Österreich zurückgegriffen werden. Wichtig ist, dass alle relevanten Akteure in diesem neuen Gremium vertreten sind.

Es muss eine Organisationsstruktur gefunden werden, welche die Aufgaben sowohl zentral als auch dezentral löst. Abb. 3-13 zeigt Vorschläge, wie die Aufgaben in einer Organisation verteilt werden können.

<b>Abb. 3-13 Ausgewählte Aufgaben und mögliche Organisationsstruktur</b>	Dezentral	Zentral
Sicherstellen von ausreichenden Kapazitäten: Logistik, Sortierung, Verwertung		X
Qualität des Sammelguts definieren/Festlegen der Sortierkriterien		X
Finanzen		X
Auftragsvergabe für Dienstleistungen: Verkauf von Säcken, Logistik, Sortierung, Verwertung	X	X
Öffentliche Sammelstellen einrichten und betreiben	X	
Benchmark/Controlling: Prozesse und Finanzen		X
Preisschwankungen Kunststoffmarkt auffangen: Fonds bilden	X	X
Forschung und Entwicklung		X

Die Zuordnung der Aufgaben zu einer zentralen oder dezentralen Organisationsstruktur gehört zur Erarbeitung eines Detailkonzepts.

## Finanzen

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche finanziellen Mittel für die separate Kunststoffsammlung notwendig sind, bzw. wie sie finanziert werden können. Konkret soll aufgezeigt werden, mit welchen Investitionen, Einnahmen und Ausgaben zu rechnen ist, und wie die möglichen Finanzflüsse aussehen. Als Annahme dient ein Sammelvolumen von 248'000 Tonnen pro Jahr.

Zuerst werden die Investitionen aufgezeigt und in der Folge die daraus abgeleiteten Betriebskosten, gegliedert nach Akteuren. Die Berechnungen basieren wo immer möglich auf Erfahrungswerten und konservativen Schätzungen.

Für die nachhaltige Kunststoffproduktion bzw. die separate Kunststoffsammlung müssen zuerst die Infrastruktur erweitert und neue Kapazitäten geschaffen werden, was mit umfangreichen Investitionen verbunden ist.

Abb. 3-14 zeigt eine Übersicht der Akteure und Investoren sowie eine erste Abschätzung des VKRS zu den Investitionen und deren Grössenordnung.

Abb. 3-14 Akteure/Investor	Investitionsbereiche	approx. Investitionsvolumen
Logistik (Sammelfahrzeuge, Umschlagplätze)	50 neue Sammelfahrzeuge à CHF 0.300 Mio. 40 regionale Umschlagplätze/Sammelplätze Kosten für Verdichtungsanlagen und Peripherie ca. CHF 120'000.–	CHF 20 Mio.
Sortieranlagen inkl. EBS-Aufbereitung	8 regionale Anlagen (Kapazität von je 30'000 to) Kosten pro Anlage rund CHF 20 Mio.	CHF 160 Mio.
Nachgelagerte Prozesse (Produktionsbetriebe, Zementwerke und Hochöfen)	Erweiterung bestehender Anlagen für die neugeschaffenen Kapazitäten: - 4 neue Recyclinganlagen à CHF 20 Mio. - 3 Zementöfen-Bypässe, total CHF 20 Mio.	CHF 100 Mio.
<b>Gesamtes Investitionsvolumen</b>		<b>CHF 280 Mio.</b>

Damit die separate Kunststoffsammlung schweizweit durchgeführt werden kann, müssen Investitionen von rund CHF 280 Mio. getätigt werden. Dabei machen die Sortieranlagen mit CHF 160 Mio. den grössten Brocken aus, die Logistik schlägt mit CHF 20 Mio. zu Buche, und für die nachgelagerten Prozesse sind CHF 100 Mio. veranschlagt. Um das Investitionsvolumen zu stemmen, benötigen die Akteure und Investoren sowohl Planungssicherheit als auch Rentabilität.

Die operative Durchführung der separaten Kunststoffsammlung verursacht Systemkosten. Abb. 3-15 zeigt die Akteure und ausgewählte Kostenkategorien.

Abb. 3-15 Akteure	Kostenkategorien	approx. Kosten pro Jahr
Logistik (Sammelfahrzeuge, Umschlagplätze)	- Kosten für Sammlung, Verdichtung, Umlad und Transport zu den Sortieranlagen - Amortisation, Deckungsbeitrag	} Geschätzte Kosten CHF 130 - 140 Mio.
Sortieranlagen inkl. EBS-Aufbereitung	- Kosten für Sortierung und Vermarktung - Amortisation, Deckungsbeitrag	
Nachgelagerte Prozesse (Produktionsbetriebe, Zementwerke, Hochöfen, etc.)	- Verwertung von Sekundärrohstoffen - Verwertung von EBS - Amortisation, Deckungsbeitrag	
Zentrale Koordination	- Overhead - Forschung + Entwicklung - Controlling - Finanzierung Ausgleichsfond für Preisschwankung	

Bei geschätzten Systemkosten von CHF 130 bis 140 Mio. pro Jahr ergeben sich Kosten pro Tonne von ca. CHF 550.–,<sup>14</sup> mit welchen die Kosten für Logistik, Sortierung, den nachgelagerten Prozessen sowie für Administration finanziert würden. Die genaue Kostenermittlung ist Gegenstand eines Detailkonzepts.

In der Schweiz gilt der Grundsatz, Entsorgungskosten nach dem Verursacherprinzip zu regeln. Auch die separate Kunststoffsammlung muss eine verursachergerechte und letztlich selbsttragende Finanzierung aufweisen. Zwei Systeme haben sich etabliert: Die Sackgebühr und die vorgezogene

<sup>14</sup> Vgl.: AWEL (Sammlung und Verwertung von Kunststoffen – Fazit und Empfehlungen des AWEL für Gemeinden, Kosten für Kunststoffseparatsammlung liegen bei CHF 400.– bis 600.– pro Tonne, Stand November 2013).



Recyclinggebühr (VREG). Konsumenten und Haushalte verursachen die Kunststoffabfälle und sind gemäss dem Verursacherprinzip zur Entsorgung verpflichtet.

Die meisten Separatsammlungen (Glas, PET, E-Schrott) können durch eine VREG finanziert werden, wenn das Produkt bzw. Entsorgungsgut klar zu identifizieren ist. Bei der separaten Kunststoffsammlung besteht das Sammelgut aber aus einer Vielzahl von verschiedenen Produkten. In diesem Fall eignet sich die Sackgebühr besser, denn es würde pauschal «postuser» nach Volumen abgerechnet werden, wie beim Kehrichtsack bereits praktiziert.

Die jährlichen Kosten von CHF 130 bis 140 Mio. sollten durch die Haushalte finanziert werden, indem sie eine Sackgebühr auf die Kunststoff-Sammelsäcke entrichten.

### Sackgebühr

Je nach Mengenaufkommen können die Haushalte verschiedene Sackgrössen einsetzen. Im Kehricht hat sich der 35 Liter-Sack erfolgreich etabliert. Es sind jedoch auch andere Grössen wie 17, 60 und 110 Liter denkbar.

Das nachfolgende Kalkulationsbeispiel basiert auf Schweizer Feldversuchen mit 60 Liter-Sammelsäcken.

<i>Betriebskosten pro Tonne</i> .....	CHF 550.–	
<i>Inhalt/Gewicht pro 60-Liter-Sack</i> .....	3 kg	
<i>Kosten pro 60-Liter-Sack</i> .....	CHF 550.– ./ 333	CHF 1.65
<i>Kosten für Fonds und andere zentrale Aufgaben</i> <sup>15</sup> .....		CHF 0.35
<i>Gesamtkosten für Haushalte pro 60-Liter-Sack</i> .....		<u>CHF 2.–</u>

Im Betriebskosten-Vergleich mit anderen Systemen schneidet die separate Kunststoffsammlung gut ab. Hier ein Vergleich der Systeme:

- Kosten der separaten Kunststoffsammlung CHF 550.– pro Tonne Hol- und Bringsystem
- Kosten der PET-Sammlung (PRS) CHF 600.– pro Tonne Bringsystem
- Kosten der Kehrichtentsorgung (ø) CHF 400.– pro Tonne Hol- und Bringsystem

Die Kosten für die separate Kunststoffsammlung sind konservativ gerechnet. Nicht berücksichtigt ist eine sogenannte Lernkurve. Die PET-Sammlung kostete bei ihrer Einführung mehr als doppelt so viel wie heute, und auch die Kostenstruktur für die Kehrichtentsorgung profitiert laufend von Optimierungen. Tendenziell wird die Kehrichtverbrennung sogar teurer, denn in Zukunft ist damit zu rechnen, dass Subventionen (KEV, CO<sub>2</sub>-Befreiung) wegfallen. Mittelfristig darf davon ausgegangen werden, dass sich die Kosten für die separate Kunststoffsammlung bei CHF 350.– pro Tonne einpendeln würden. Diese Beträge haben jedoch für die Haushalte und Konsumenten nur beschränkten Nutzen, denn die Kosten würden nicht nach Gewicht, sondern nach Volumen abgerechnet.

<sup>15</sup> Siehe Punkt „Schwankungsreserven / Ausgleichsfond“, S. 26.

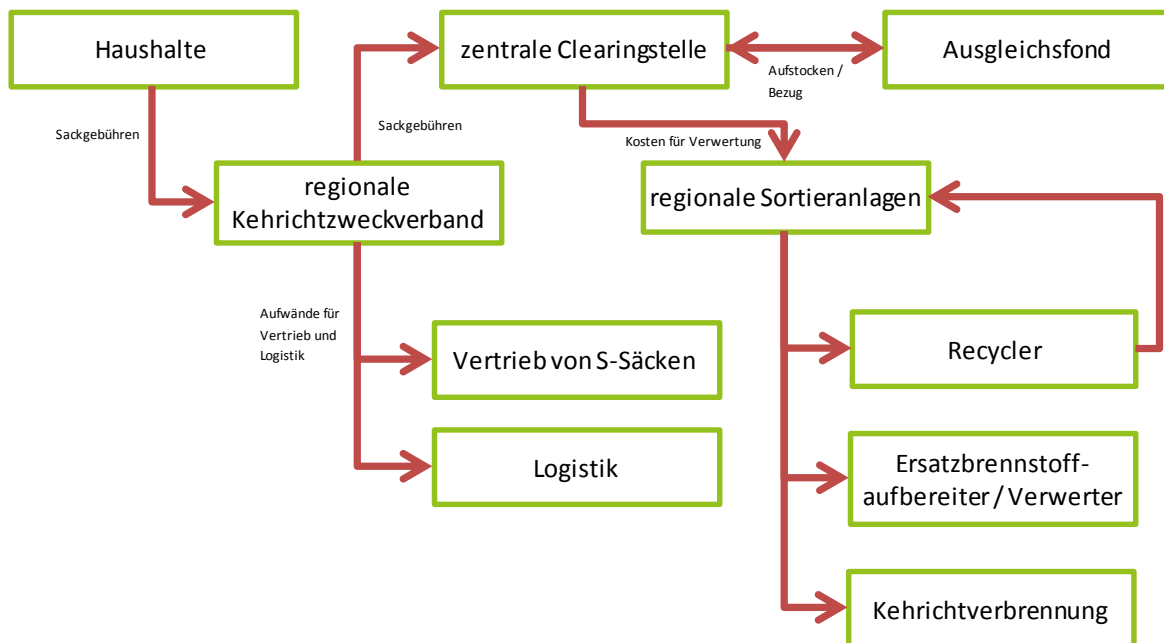
De facto dürften die Sackgebühren für Kunststoff günstiger ausfallen als für Kehrriecht:

- Sackgebühr Kehrriecht 35 Liter-Sack CHF 2.00 (Zweckverband A-Region)
- Sackgebühr Haushaltskunststoffe 35 Liter-Sack CHF 1.16 (VKRS)<sup>16</sup>

Die Kehrriechtverbande würden die Kunststoff-Sammelsäcke an die Haushalte verkaufen. Ein Teil der Einnahmen würde an eine zentrale Clearingstelle weitergeleitet und könnte Aufwände für Vertrieb und Logistik abdecken. Die zentrale Clearingstelle würde mit den Einnahmen einen Ausgleichsfond bilden (siehe folgender Absatz) und Kosten für die Sortieranlagen bzw. Recycler, Ersatzbrennstoffaufbereiter bzw. -Verwerter und die KVA übernehmen.

Abb. 3-16 zeigt eine Prinzipdarstellung zum Geldfluss aus den Sackgebühren.

Abb. 3-16 Prinzipdarstellung zum Geldfluss aus den Sackgebühren



### Schwankungsreserven/Ausgleichsfond

Es erscheint wichtig, dass die Sackgebühren über längere Zeit stabil bleiben. Die Betriebskosten unterliegen jedoch möglichen Preisschwankungen, verursacht durch einen volatilen Kunststoffmarkt, die abgedeckt werden müssen. Deshalb ist es notwendig, dass Rücklagen aufgebaut werden, die kurzfristige Fehlbeträge ausgleichen können. Dazu könnte ein Ausgleichsfond errichtet werden, der über einen Teil der Sackgebühr finanziert wird. Einzelheiten zum Aufbau eines solchen Fonds sind in einem Detailkonzept zu erarbeiten.

<sup>16</sup> Siehe Anhang 6-1.

## Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Kunststoffverwertung geniesst aktuell schweizweit hohe Aufmerksamkeit. Auf Bundesebene häufen sich politische Vorstösse. Teile der Bevölkerung interessieren sich auch immer mehr für Kunststoff-Recycling und Gemeinden bieten Kunststoffsammlungen an. Das BAFU verfasste den «Aktionsplan Grüne Wirtschaft Schweiz» zuhanden des Bundesrates als indirekten Gegenvorschlag zur Initiative der Grünen. Das Schliessen von Stoffkreisläufen, explizit im Kunststoff, wird darin als konkreter Vorschlag genannt. Über die Umsetzung laufen Gespräche mit Wirtschaft, Industrie, Konsumenten und Verbänden.

In der folgenden Abbildung 3-17 sehen wir eine Übersicht über die hängigen Begehren, Ideen, Absichten und Pläne auf Bundesebene.

Abb. 3-17 Politische Aktivitäten					
Jahr	Instrument	Träger	Name	Inhalt	Absicht
2012	Volksinitiative	Grüne Partei Schweiz	Grüne Wirtschaft Schweiz	Reduktion des ökologischen Fussabdrucks von heute drei Erden bis 2050 auf eine Erde	Umwandlung der Konsumwirtschaft in eine Kreislaufwirtschaft
2013	Volksinitiative	Grünliberale Partei	Energiesteuer auf fossile Brennstoffe	Die Mehrwertsteuer abschaffen und stattdessen eine Energiesteuer auf fossile Brennstoffe einführen	Förderung der erneuerbaren Energien
2013	Indirekter Gegenvorschlag zur Volksinitiative	Bundesrat	Aktionsplan Grüne Wirtschaft Schweiz	Rücknahme von Verpackungen durch Grossverteiler  Schliessen von Stoffkreisläufen	Indirekter Gegenvorschlag zur Volksinitiative der Grünen Partei Schweiz
2010/13	Runder Tisch Kunststoffrecycling	BAFU	Kunststoffverwertung Schweiz Module 1 – 3	Kunststoffrecycling ist ökologisch	Studie als Konzeptgrundlage für green plastics

Sollte die Initiative der Grünen oder der indirekte Gegenvorschlag des Bundesrates angenommen werden, würde die Ressourceneffizienz gesetzlich verankert werden. Die separate Kunststoffsammlung, als eine von verschiedenen Massnahmen, würde quasi vom Volk verordnet.

Wenn Haushaltkunststoffe als Rohstoff für eine nachhaltige Kunststoffproduktion separat erfasst werden, tangiert dies verschiedene Rechtsgrundlagen. Zu den wichtigsten gesetzlichen Rahmenbedingungen und Erlassen auf Bundesebene gehören:

- **Umweltschutzgesetz USG**  
Es muss eine klare Abfallhierarchie durchgesetzt werden: Abfälle vermeiden vor verwerten vor verbrennen.
- **Technische Verordnung über Abfälle TVA**  
Verwertungswege für Kunststoffe müssen definiert werden (z.B. Recycling oder Ersatzbrennstoffe).
- **Verpackungsverordnung**  
Eventuell können in einer neuen Verpackungsverordnung minimale Sammelquoten von Haushaltkunststoffen und deren Verwertungsquoten verankert werden.

In der Folge müssten kantonale wie auch kommunale Erlasse angepasst werden.

## Schlussfolgerungen

Eine nachhaltige Kunststoffproduktion auf Basis einer separaten Kunststoffsammlung in der Schweiz erscheint realisierbar. Wichtige Erfahrungen aus dem angrenzenden Ausland und aus Feldversuchen helfen dabei, ein Konzept für die Schweizer Bedürfnisse so auszurichten, dass alle Akteure profitieren können.

Finanziert durch eine Sackgebühr – die geringer ist als für Kehricht – könnte in die Infrastruktur investiert werden: Logistik, Sortierung und Recycling. Eine Organisationsstruktur, die auf bestehenden Kehrichtzweckverbänden aufbaut und eine zentrale Clearingstelle betreibt. Neue Arbeitsplätze würden in einer aufstrebenden Branche geschaffen und umweltschädliche Emissionen verringert.

## 4 Erste Wirkungsabschätzung der separaten Kunststoffsammlung

Jährlich sollen 248'000 Tonnen Haushaltskunststoffe dem Recycling zugeführt werden, bzw. dienen als Rohstoff für eine nachhaltige Kunststoffproduktion. Die separate Kunststoffsammlung erhebt den Anspruch auf ökonomische, ökologische und soziale Mehrwerte. In diesem Kapitel beleuchten wir dazu mögliche Wirkungsabschätzungen für alle beteiligten Akteure. Die Ausführungen basieren auf den Annahmen der vorgehenden Kapitel.

### Akteure

#### Haushalte

Bei gleichem Konsumverhalten bleibt das Abfallvolumen in den Haushalten zwar unverändert, einfach verteilt auf zwei Säcke. Das Volumen des Restmülls kann sich jedoch um 50 bis 60 % reduzieren.<sup>17</sup> Da die Sackgebühr für Haushaltskunststoffe niedriger ist als die Sackgebühr für Restmüll, sinken die Gesamtkosten für die Schweizer Haushalte um rund 20 %.<sup>18</sup>

Falls sowohl ein Hol- als auch ein Bringsystem zur Verfügung stünde, ist die Entsorgung für die Haushalte komfortabel und einfach.

#### Logistiker

Durch die separate Kunststoffsammlung fällt weniger Restmüll an, was zwar weniger, aber schwerere Säcke ergibt. Die Sammlung mit dem Kehrichtfahrzeug würde effizienter, da schneller mehr Ladegewicht erfasst wird. Dies führt aber auch zu Leerzeiten der Fahrzeuge. Diese Leerzeiten dienen als neue freie Kapazität für die Kunststoffsammlung, werden aber nicht ausreichen. Es müssten schweizweit schätzungsweise rund 50 neue Sammelfahrzeuge angeschafft und mit Sammelequipen besetzt werden.

Bestehende öffentliche Sammelstellen müssten für die Annahme von Haushaltskunststoffen ausgebaut werden. Der Ausbau der Logistik und der Neubau von 40 regionalen Umschlagplätzen lösen nicht nur Investitionen von CHF 20 Mio. aus, sondern schaffen auch etwa 250 neue Arbeitsplätze.

#### Sortieranlagen/EBS-Aufbereitung

Nach derzeitigem Kenntnisstand gehen wir davon aus, dass acht Sortieranlagen genügen, um das Volumen von 248'000 Tonnen Haushaltskunststoffe zu sortieren. Bei der Planung der Standorte sind regionale Mengenaufkommen sowie Reservekapazitäten zu berücksichtigen.

Nach VKRS-Schätzungen kostet eine Sortieranlage rund CHF 12 Mio., eine EBS-Aufbereitung ca. CHF 8 Mio. (inkl. kompletter Infrastruktur). Allein die acht Sortieranlagen und die EBS-Aufbereitung lösen einen Investitionsschub von CHF 160 Mio. aus.

<sup>17</sup> ZEBA, Bericht Kunststoffverwertung im Kanton Zug, Juni 2004, S. 17.

<sup>18</sup> Siehe Anhang 6-1.

Erfahrungsgemäss benötigt eine Sortieranlage mit einer Kapazität von 30'000 Tonnen pro Jahr etwa 30 Mitarbeiter. Bei acht Anlagen ergibt das 240 neue Arbeitsplätze. Auch in den nachgelagerten Prozessen, der EBS-Aufbereitung, den Recyclingwerken, Produktionsbetrieben sowie der Forschung und Entwicklung müssen die Kapazitäten erweitert werden. Hier ist die Zahl der neuen Arbeitsplätze schwer abzuschätzen.

Sortieranlagen sind prädestiniert, manuelle Sortiersequenzen mit einfachen Tätigkeitsprofilen anzubieten. Mitarbeiter, die im primären Arbeitsmarkt keinen Arbeitsplatz mehr finden (externe Arbeitslosenprojekte, Sozialprojekte oder Wiedereingliederungsprogramme), haben hier mitunter eine Chance auf neue Beschäftigung.

## Recycler

Bei einem Sammelvolumen von 248'000 Tonnen können gemäss VKRS-Schätzungen 50 – 60 % sortenreine Kunststoffe gewonnen werden. Somit stehen für das Recycling über 124'000 Tonnen PE, PP, PET



Abb. 4-1 Kabelschutzrohre aus Regranulat, aus: InnoRecycling AG, 03.06.2014.

und PS pro Jahr neu zur Verfügung. Für diesen Stoffstrom müssten die Recycler neue Kapazitäten aufbauen, was mit Investitionen in Höhe von rund CHF 80 Mio. verbunden ist. Regranulate ersetzen in der Regel Primärgranulate im Verhältnis 1:1. Das bedeutet, dass 1 kg Sekundärkunststoff 1 kg Primärkunststoff substituiert. Sekundärkunststoffe kosten aber bis zu 50 % weniger als Primärkunststoffe.<sup>19</sup> Somit kann die weiterverarbeitende Industrie (Kunststoff verarbeitende Industrie) durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen (Regranulaten) Kosten einsparen.

Die nachhaltige Produktion von Kunststoffen benötigt keine fossilen Rohstoffe. Pro Kilo Regranulat sparen wir in der Produktion einen Liter Erdöl und 50 % Energie ein.<sup>20</sup> 124'000 Tonnen Kunststoffe aus nachhaltiger Produktion ermöglichen somit den Verzicht auf 124 Mio. Liter Erdöl pro Jahr.

## Zementwerke

Ersatzbrennstoffe (EBS) aus Mischkunststoffen haben den gleichen Heizwert wie Kohle. Würden Zementwerke 100'000 Tonnen EBS einsetzen, substituierten diese 100'000 Tonnen primäre fossile Brennstoffe. Dadurch fiel auch der Import der fossilen Brennstoffe weg, denn EBS wird in der Schweiz gewonnen.

Damit diese Zusatzmenge genutzt werden kann, sind Modifikationen der Ofenanlagen in Höhe von ca. 20 Mio. CHF nötig.

<sup>19</sup> Anm. d. Verf.: KI Kunststoff Information, kiweb.de, RE PE-LD Extrusionsqualitäten schwarz, publizierter Preis für Mai 2014: EUR 735.- pro Tonne; im Vergleich dazu PE-LD Folienqualitäten, publizierter Preis für Mai 2014: EUR 1'485,- pro Tonne.

<sup>20</sup> Bericht Ökologischer Nutzen des PE-Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe) Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt Schweiz (BAFU) in Kooperation mit InnoPlastics Schweiz, Eschlikon, Januar 2012.

### Kehrichtverbrennungsanlagen KVA

In der Schweiz werden aktuell 2.7 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle verbrannt. Durch die separate Sammlung von Haushaltskunststoffen gelangen 248'000 Tonnen weniger Haushaltskunststoffe in die KVA. Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass der Restmüll trotz einer separaten Kunststoffsammlung noch 9 bis 11 % Rest-Kunststoffe aufweist. Schweizer KVA's übernehmen bereits heute solchen von Kunststoff entfrachteten Restmüll vom Ausland. Die Kalorik (Heizwert) beträgt kontinuierliche 12'000 MJ/kg, was in etwa den heutigen, aktuellen Werten von Schweizer Kehricht (inkl. Kunststoff) entspricht.



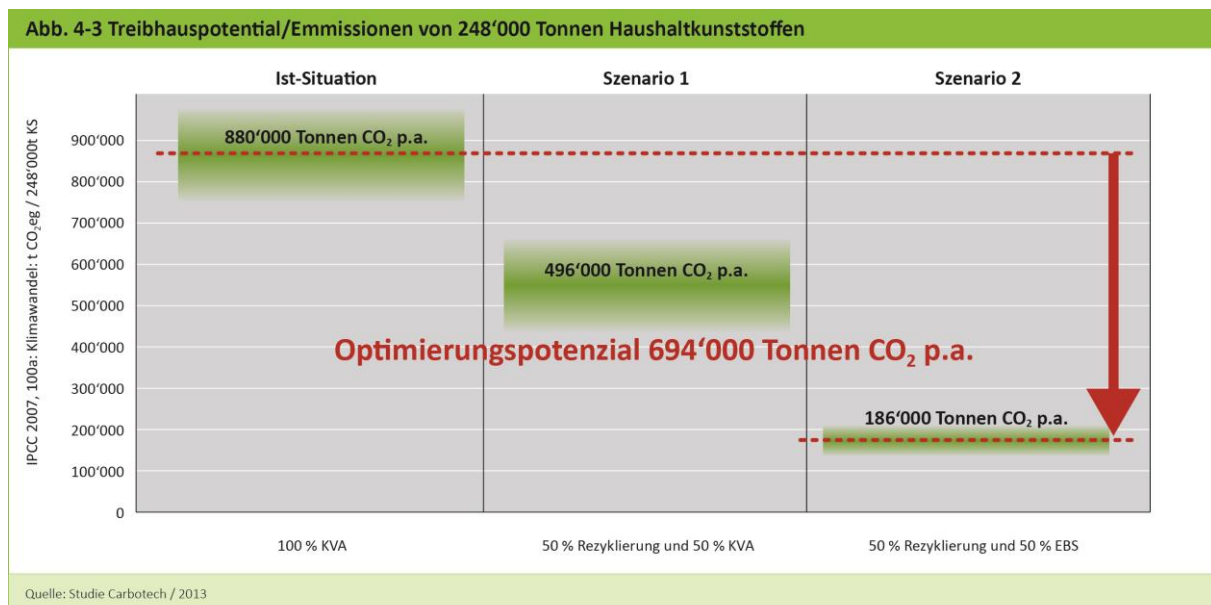
Abb. 4-2 KVA, aus: shutterstock.com, 03.06.2014.

Mit 38'000 bis 46'000 kJ/kg (siehe Anhang 7-1) haben Kunststoffe den 3-fachen Heizwert von Restmüll. KVA's benötigen einen möglichst konstanten Heizwert von maximal 15'000 MJ/kg. Zu hohe Temperaturen schaden den Öfen. Befindet sich zu viel hochkalorisches Material, wie z.B. Kunststoff, im Kehricht, muss der Durchsatz verringert oder mit niederkalorischem Material, z.B. Klärschlamm, gemischt werden. Mit ihrem hohen Heizwert verringern Kunststoffe den Durchsatz in der KVA. Jede Tonne Kunststoff die nicht verbrannt wird, schafft freie Kapazität für 2 bis 3 Tonnen Restmüll.

Die nachhaltige Kunststoffproduktion, also das Recycling von Haushaltskunststoffen, hat einen weiteren entscheidenden Vorteil: Die Reduktion von schädlichen Treibhausgasen.

Abschätzungen einer Studie haben ergeben, dass bei einer Separatsammlung von 248'000 Tonnen Haushaltskunststoffen ein Einsparpotential von 694'000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, im Vergleich zum aktuellen Verwertungsweg via Kehrichtverbrennung möglich wäre.<sup>21</sup>

Abb. 4-3 zeigt das Optimierungspotential von verschiedenen alternativen Verwertungsszenarien.



<sup>21</sup> LCA von Kunststoffrecycling, Verwertungsvarianten im Vergleich, Thomas Kägi und Dr. Fredy Dinkel, Carbotech AG, Auftraggeberin Inno-Recycling AG, Basel, 17.07.2013.

## 5 Fazit und nächste Schritte

Der ökologische, ökonomische und soziale Mehrwert einer nachhaltigen Kunststoffproduktion ist signifikant und von volkswirtschaftlichem Interesse. Die bisherigen Kernergebnisse sind folgende:

- Kunststoffabfälle sind günstige Rohstoffe - da in der Schweiz vorhanden - aber noch nicht erschlossen.
- Die Kehrrechtverbrennungsanlagen erhalten freie Kapazitäten.
- Es werden Investitionen von über CHF 300 Mio. ausgelöst und neue Arbeitsplätze in einem prosperierenden Wirtschaftszweig geschaffen.
- Die Haushalte sparen 20 % Entsorgungskosten.
- Reduktion der Treibhausgas-Emissionen von 694'000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.
- Jedes Kilo Kunststoff aus nachhaltiger Produktion schont die globalen, natürlichen Ressourcen.

Die nachhaltige Kunststoffproduktion schliesst Kreisläufe. Sie hilft zudem auch mit, den wachsenden Abfallberg in der Schweiz zu verkleinern. Basierend auf dieser Grundlage sollten nun Detailkonzepte für die Bereiche Logistik, Finanzierung, Ausgleichsfond und Organisation erarbeitet werden.

Ziel ist „green plastics“ als freiwillige Lösung umzusetzen, um dadurch staatlich angeordnete Massnahmen zu verhindern. Mit der Unterstützung dieses Konzepts steigt die Chance auf eine pragmatische und gut ausbalancierte Schweizer Lösung erheblich!

Im Juni 2014



## 6 Geleitwort der Politischen Gemeinde Amlikon-Bissegg

### Was Menschen zur verantwortungsvollen Entsorgung bewegt – ein bestechendes Abfallkonzept auf kommunaler Ebene

Politik und Wirtschaft sind sich grösstenteils einig, nachhaltige Stoffkreisläufe im schweizerischen Abfallwesen zu schliessen - aber leider nicht um jeden Preis. Ökologie ist heute auch beim Recycling ohne Ökonomie nicht machbar. Welchen finanziellen und ökologischen Nutzen bringt nun die stoffliche Verwertung von Haushaltskunststoffen? Ein im Jahre 2013 umgesetztes Pilotprojekt „Kunststoffsammlung und -verwertung in einer ländlichen Gemeinde“ hat handfeste Erkenntnisse und Kernaussagen dazu geliefert:

- a) Aus den ersten 6 Sammlungen wurden die Durchschnittswerte durch Sortiersversuche ermittelt. In den gesammelten Haushaltskunststoffabfällen befanden sich 59 % reine Kunststoffe (PE, PET, PS, PP), welche sich vollständig recyceln, bzw. stofflich verwerten lassen. Rund ein Drittel sind Mischkunststoffe und 5 % Restmüll, welche nicht stofflich verarbeitet werden können, jedoch als Ersatzbrennstoff (EBS) zur thermischen Verwertung in der Kehrichtverbrennungsanlage oder im Zementwerk dienen und so fossile Primärbrennstoffe substituieren.
- b) Kunststoff gilt als ein sehr edles Material. Für rezyklierte Haushaltskunststoffe (Regranulate) werden heute Marktpreise bis CHF 1'500.- pro Tonne bezahlt. Dieser Marktpreis ist vergleichbar mit Aluminium, welches vergleichsweise sehr viel mehr Ressourcen und Energie für die Herstellung benötigt. Auch bei Kunststoffen bestimmen die Qualität, das Angebot und die Nachfrage über den Marktpreis.
- c) Hauptsächlich Familien-Haushalte (Mehrpersonen-Haushalte ab 3 Personen) profitieren vom Kunststoffrecycling. Unter dem Strich zahlen diese für die gleiche Abfallmenge insgesamt weniger Abfallgebühren. Haushaltskunststoffe sind leicht, beanspruchen aber viel Platz im Kehrichtsack. Nicht das Kehrichtgewicht, sondern das Kehrichtvolumen wird dabei bis um die Hälfte verringert. Die kundenfreundlichste Lösung für Konsumentinnen und Konsumenten ist die Gemischt-Sammlung von Haushaltskunststoffen ab der Haustüre. Das Trennen bzw. Sortieren der unzähligen Kunststoffarten und -formen bereits im Haushalt ist nicht praktikabel und muss dem Fachmann überlassen werden. Rund ein Drittel aller Haushaltungen in der Gemeinde beteiligten sich bereits in der Versuchsphase aktiv am Trennen von Haushaltskunststoffen vom Kehricht. Dies zeugt von einer hohen Akzeptanz und Sammelbereitschaft der Bevölkerung für das umgesetzte Kunststoff-Recycling-Modell.
- d) Die gesamten Kosten für Sammel- und Transportaufwand und die Sortierung für die gesammelten Haushaltskunststoffe wurden bereits in der Versuchsphase (Zeitraum über 6 Monate) aus dem Verkaufserlös der Sammelsäcke vollends gedeckt.
- e) Das umgesetzte Kunststoff-Recycling-Modell ist ein neuer Prozess und stellt eine sinnvolle und verursachergerechte Ergänzung zum bestehenden Sammelangebot von Kunststoffen wie zum Beispiel bei den PET-Faschen dar. Damit profitieren nachweislich auch andere Separatsammlungen von kleineren Fremdstoffmengen und höheren Rücklaufquoten.

Der ökologische Gewinn ist nachgewiesen und für alle nachvollziehbar: Zur Herstellung von rezykliertem Haushaltskunststoff wird kein Erdöl mehr benötigt. Die gesamte graue Energie des Kunststoffes wird genutzt und es fallen die Erdölförderung, der Raffinerieprozess und der Transport komplett weg. Weiter entfällt die für den Kunststoff bzw. das Neugranulat benötigte Erdölmenge. Beim Recycling-Prozess entstehen zudem praktisch keine CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die vorliegende Konzeptstudie „green plastics“ zeigt wichtige Sachverhalte und Zusammenhänge für eine nachhaltige Kunststoffproduktion in der Schweiz auf. Es gilt diese Erkenntnisse zu nutzen, Kontexte entsprechend anzupassen, so dass diese auf die unterschiedlichen Bedürfnisse und Möglichkeiten von Gemeinden, Städten, Regionen und Kantonen übertragbar sind.

Das Recycling von Haushaltskunststoffen ist heute technisch umsetzbar und mit dem richtigen und bedürfniskonformen Abfallkonzept für eine Gemeinde wirtschaftlich tragbar. Kunststoff-Recycling ist Teil einer zukunftsgerichteten und nachhaltigen Abfallpolitik. Für die Bevölkerung ist Kunststoff-Recycling attraktiv, weil das Trennen der Haushaltskunststoffe vom Abfall das Kehrichtvolumen um die Hälfte verringert. Kunststoffe, natürlich auch wiederverwertete Kunststoffe, finden heute grenzenlose Einsatzmöglichkeiten und gehören deshalb nicht mehr in den Kehricht. Unserer Umwelt zuliebe!

Mai 2014, Gemeinderat Amlikon-Bissegg

## Glossar

Begriff	Erklärung
EBS	Ersatzbrennstoff
Entsorgung	Entledigen von Abfällen
EPS	expandiertes Polystyrol (Sagex)
Folie	Flächiges Material, bis 5 mm Stärke
Haushaltskunststoff	Kunststoffe zur Entsorgung die im Haushalt anfallen
Hohlkörper	Flaschen, Kanister, Eimer
Klinker	Zement-Halbfabrikat
Kunststoffe	Werkstoffe aus sehr grossen und sehr langen Molekülen. Sie entstehen durch chemische Umwandlung von fossilen Rohstoffen wie Erdöl oder Gas, oder auch voll-synthetisch.
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
LKW	Lastkraftwagen, Lastwagen
Moloch	Unterirdisches Kehrichtsammelsystem
nachhaltig	Regenerieren, nachwachsen lassen, massvolle Nutzung
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
Primärkunststoff	Kunststoffe hergestellt aus fossilen Rohstoffen
PRS	Verband PET Recycling Schweiz
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
Recycler	Verarbeiter von Sekundärrohstoffen wie Altpapier, Altmetall, etc.
Recycling	Wiederverwertung
Sekundärkunststoff	Rohstoffe aus Abfällen gewonnen
Sortierung	Verschiedene Materialien trennen
stoffliche Verwertung	Abfälle in Sekundärrohstoffe umarbeiten und in neue Produkte
Swico	Schweizerischer Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik
Triage	In Materialgruppen splitten
Verbrennung	Energetische Abfallverwertung in der KVA
Verwertung	Abfälle einem neuen Nutzen zuführen

## Literaturverzeichnis

- Abfall und Recycling 2012 im Überblick, Bundesamt für Umwelt BAFU, Oktober 2013, aus: <http://www.bafu.admin.ch/abfall/01517/01519/12949/index.html>, am 03.06.2014.
- Projekt „Kunststoff-Verwertung-Schweiz“. Bericht Module 1 und 2, Bundesamt für Umwelt BAFU, März 2011, S. 13, aus: <http://www.bafu.admin.ch/abfall/01472/01483/index.html>, am 03.06.2014.
- Leistungsreport 2012, Nachhaltigkeitsbericht, ARA Altstoffrecycling Austria.
- Kunststoffverwertung im Kanton Zug, ZEBA, Juni 2004.
- LCA von Kunststoffrecycling, Verwertungsvarianten im Vergleich, Thomas Kägi und Dr. Fredy Dinkel, Carbotech AG , Auftraggeberin InnoRecycling AG, Basel, 17.07.2013.
- Bericht Ökologischer Nutzen des PE-Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe) Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt Schweiz (BAFU) in Kooperation mit Inno-Plastics Schweiz, Eschlikon, Januar 2012.

# Anhang

## A 1-1 / Sortierergebnisse aus Feldversuchen

### Sortierergebnisse (Sortieranlage Häusle, Lustenau) April/Mai 2013

#### Kunststoffsammlung aus Haushalten Vergleich Vorarlberg zu Schweizer Sammlung

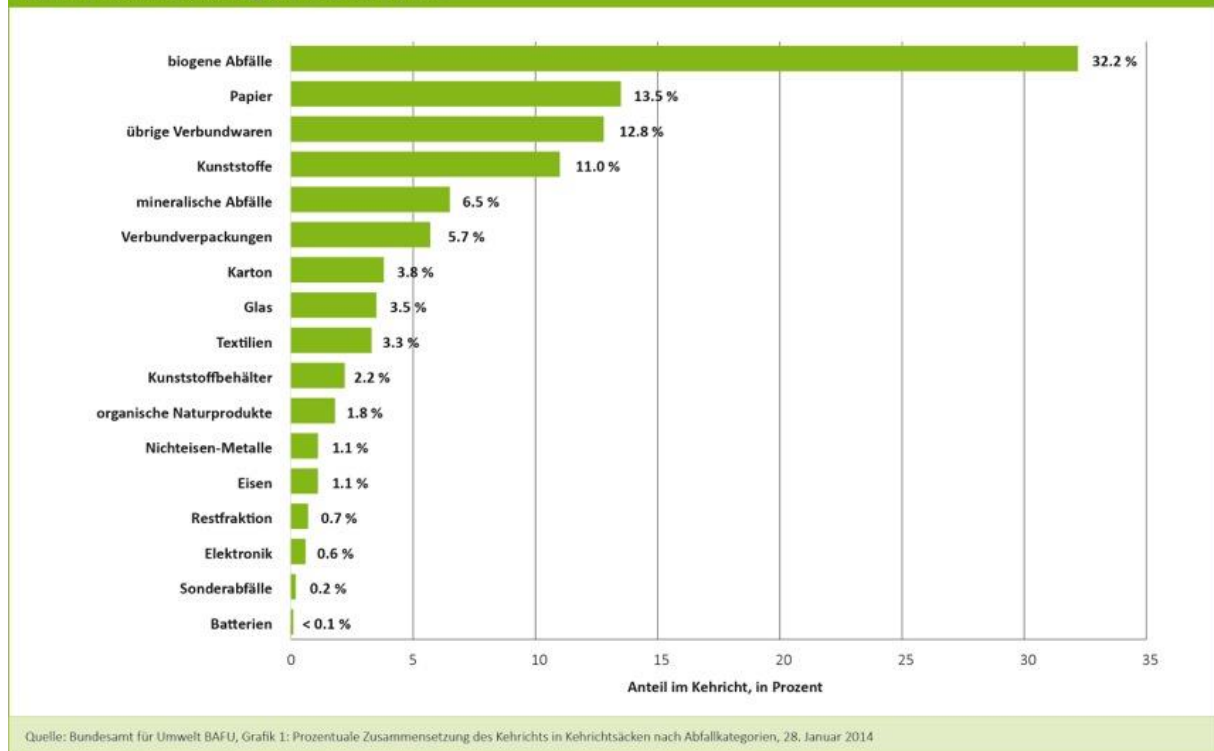
Sortierfraktionen allgemein	Gelber Sack Vorarlberg	Haushaltssammlung Schweiz
PE Folien natur	2,00%	0,79%
PE Folien bunt	12,50%	7,82%
PE Folien gesamt	14,50%	8,61%
PET Getränkeflaschen transparent	6,40%	5,21%
PET Getränkeflaschen blau	2,50%	1,27%
PET Getränkeflaschen grün	1,70%	0,88%
PET Flaschen gemischt	2,40%	2,99%
PET Getränkeflaschen gesamt	13,00%	10,35%
PS/PP Hohlkörper	8,30%	11,04%
PE Hohlkörper	3,50%	11,26%
Sonstige Kunststoffe Hohlkörper	11,80%	22,30%
Getränkeverbundkarton	5,90%	0,61%
Metalle	1,00%	1,75%
Mischkunststofffraktion MKF / NVP	46,00%	48,56%
Restmüll / thermische Entsorgung	7,80%	7,82%
<b>Gesamt-Output</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Quelle: unveröffentlichte Studie von InnoRecycling AG, 2013, Eschlikon

# Anhang

## A 2-1/Kehrichtsackanalyse 2012

Abb. 7 Zusammensetzung des Kehrichts 2012

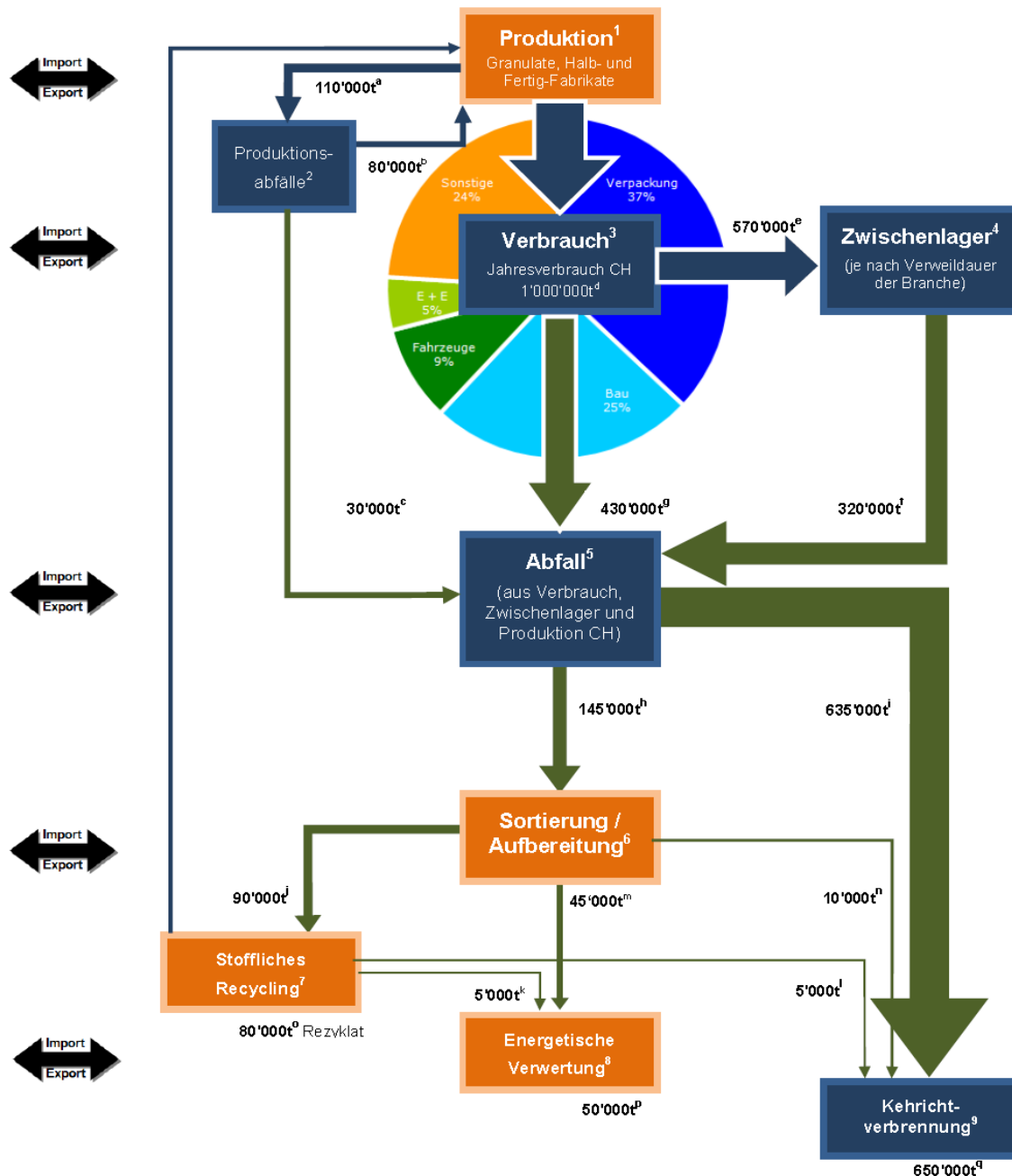


# Anhang

## A 3-1/Kunststoffströme Schweiz 2010 (Quelle BAFU)

Bitte lesen Sie die Erklärungen und Bemerkungen zum Diagramm. Die Zahlen basieren auf Schätzungen und Annahmen für 2010 mit einer Unsicherheit von ca. +/-10%.

Grüne Pfeile: Abfallströme aus Verbrauch in der Schweiz  
 Blaue Pfeile: Produktströme  
 Orange Boxen: Prozesse, die sowohl in der Schweiz als auch im Ausland vorkommen



# Anhang

## A 4-1/Prozesse und Strukturen

Akteure		Prozesse
Haushalte	Organisation Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erfassen Haushaltskunststoffe in einem separaten Sack</li> <li>- Bereitstellung analog Kehricht</li> <li>- Abholung vor Haustür</li> </ul>
Logistiker		<ul style="list-style-type: none"> <li>- sammeln Haushaltskunststoffe mit Kehrichtsammelfahrzeugen, analog Kehrichtsammlung</li> <li>- Transport mit Kehrichtsammelfahrzeug zum Umschlagplatz</li> <li>- Haushaltskunststoffe verdichten</li> <li>- Transport der verdichteten Haushaltskunststoffe zum Sortierwerk</li> </ul>
Sortierwerke		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haushaltskunststoffe sortieren</li> <li>- produzieren sortenreine Kunststoffe: PE, PP, PS</li> <li>- produzieren Mischkunststoffe</li> <li>- Vertrieb von sortenreinen Kunststoffen und Mischkunststoffen</li> </ul>
Recycler		<ul style="list-style-type: none"> <li>- kaufen von Sortierwerk sortenreine Kunststoffe</li> <li>- Produktion von Regranulat</li> <li>- verkaufen Regranulat an Produktionsbetriebe: Rohre, Tragtaschen, Folien usw.</li> </ul>
Ersatzbrennstoff-Aufbereiter		<ul style="list-style-type: none"> <li>- übernehmen von Sortierwerk Mischkunststoffe</li> <li>- produzieren Ersatzbrennstoffe</li> <li>- Vertrieb von Ersatzbrennstoffen an Hochöfen, Zementwerke usw.</li> </ul>
Zementwerke		<ul style="list-style-type: none"> <li>- übernehmen von den EBS-Aufbereitern Ersatzbrennstoffe</li> <li>- Einsatz von EBS anstatt fossiler Brennstoffe (Substitut)</li> </ul>
Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- übernehmen von Sortierwerk Restfraktionen, die weder fürs Recycling noch für EBS geeignet sind</li> <li>- verbrennen Reststoffe, Energiegewinnung</li> </ul>



# Anhang

## A 6-1/Einsparpotential für Haushalte/Kalkulation

<b>Kehrichtentsorgung</b>	
Kosten eines 35-Liter-Kehrichtsacks im Schweizer Durchschnitt/Stück	CHF 2.–
Kosten pro Monat Bei wöchentlich einem Kehrichtsack kostet die Entsorgung pro Monat (CHF 2.– x 4 Wochen)	CHF 8.–
<b>Kunststoffentsorgung</b>	
Kosten eines 35-Liter-Kunststoffsacks nach Berechnungen des VKRS	CHF 1.16
Kosten pro Monat Bei gleichem Abfallverhalten und –volumen ergibt sich folgende Veränderung: anstatt 4 Kehrichtsäcke pro Monat ergibt das neu 2 Kehrichtsäcke plus 2 Kunststoffsäcke:  2 x 35 Liter-Kehrichtsäcke pro Monat à CHF 2.– 2 x 35 Liter-Kunststoffsäcke pro Monat à CHF 1.16	CHF 4.– CHF 2.32
Die Gesamtkosten pro Monat betragen somit	CHF 6.32

**Gegenüber der reinen Kehrichtsammlung spart man mit der Kunststoffsammlung  
CHF 1.68 pro Monat bzw. 20 %!**

# Anhang

## A 7-1/Graue Energie



## Graue Energie inklusive !

Material	Graue Energie MJ/Kg	Energieinhalt MJ/kg
EPS (Styropor)	105	38
PE (LDPE und HDPE)	92	46
PP	83	46
Normalbeton (CEM I 350 kg/m <sup>3</sup> )	1	0
Stahl, neu	28	0
Stahl, rezykliert	14	0