

Plastikrecycling; Herausforderungen und Lösungsansätze



Diplomarbeit

Vorgelegt von

Dominik Wyss

3. November 2024

Dipl. Techniker HF Energie und Umwelt, TEKO Olten

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Management Summary	4
1.2	Lebenslauf	6
1.3	Qualifikationsprofil.....	7
1.4	Organigramm Projektteam	9
1.5	Projektstrukturplan	10
1.6	Ablaufplan.....	11
1.6.1	Soll-Zeit.....	11
1.6.2	Ist-Zeit.....	12
2	Projektinitialisierung	13
2.1	Themeneingabe	13
2.2	Pflichtenheft	16
3	Ausgangslage	21
3.1	Einleitung	21
3.2	Anmerkungen des Autors;.....	21
3.3	SWOT-Analyse	22
3.4	Fazit Swot-Analyse	24
3.5	Kunststoff-Ströme	24
3.6	Arten von Plastik.....	28
3.7	Interview mit dem BAFU	29
3.7.1	Recycling des Kunststoffsammelsack.....	30
4	PET ist ein Ausnahme-Kunststoff	32
4.1	rPet	32
4.2	Kreislauf von rPET	34
4.3	Festverschraubte Deckel	36
4.4	Missbrauch von rPET	37
5	Herausforderungen	39
5.1	Ist eine klimaneutrale Plastiknutzung möglich?	39
5.2	Wie viel CO ₂ wird durch die Plastikrecycling eingespart?	40
5.3	Wieso ist es so schwer auf den Kunststoff zu verzichten?	41
5.4	Wie gelangen Kunststoffe in die Umwelt?	42
5.5	Was steht dem Recycling in der Schweiz in dem Weg?	43

5.6	Werden durch gemischte Kunststoffsammlungen mehr Kunststoffe recycelt?	44
5.7	Wie ökologisch und ökonomisch ist der Kunststoffsammlsack?	45
6	Lösungsansätze	46
6.1	Vorstellung der Varianten.....	46
6.2	Evaluation der geeignetsten Variante.....	50
6.2.1	Präferenzmatrix.....	50
6.2.2	Nutzwertanalyse.....	51
6.2.3	Schlussfolgerung Präferenzmatrix.....	52
6.2.4	Schlussfolgerung Nutzwertanalyse.....	52
7	Ausarbeitung	53
7.1	Besichtigung bei der InnoRecycling	56
7.2	PET Recycling Schweiz	58
7.3	Schlussfazit der Variante	59
8	Projektabschluss	61
8.1	Schlussfolgerung	61
8.2	Lesson Learnt	62
8.3	Verdankungen.....	63
9	Anhang.....	64
9.1	Redlichkeitserklärung.....	64
9.2	Projekt-Statusbericht.....	65
9.3	Literaturverzeichnis.....	69
9.4	Abbildungsverzeichnis	71

1 Einleitung

1.1 Management Summary

Ausgangslage

Die steigende Kunststoffproduktion und -nutzung führen zu erheblichen Umweltproblemen, da ein Grossteil des Kunststoffabfalls thermisch verwertet und nur ein geringer Anteil recycelt wird. Die Schweiz hat im Bereich Kunststoffrecycling trotz hoher Recyclingraten für andere Materialien wie Glas, Aluminium oder Karton deutliche Defizite. Nur etwa 10% des Kunststoffs wird recycelt, während über 80% verbrannt werden. Diese Situation stellt eine Herausforderung für eine nachhaltige Ressourcen- und Abfallwirtschaft dar. Lediglich Polyethylenterephthalat (PET) unterscheidet sich von den anderen Kunststoffen, denn es besitzt ein geschlossenes Kreislaufsystem.

Ziele

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Möglichkeiten zu untersuchen, wie die Schweiz ihren Kunststoffabfall bis 2050 reduzieren und Recyclingquoten verbessern kann. Dafür ist eine Analyse des heutigen Zustands notwendig. Ziel ist es, innovative Ansätze und Konzepte zu identifizieren, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch tragfähig sind. Ein weiteres Ziel ist die Sensibilisierung der Bevölkerung und der politischen Entscheidungsträger für das Thema Kunststoffrecycling.

Vorgehen

Im Rahmen der Arbeit wurde zunächst eine umfassende Analyse des Ist-Zustands durchgeführt, die den aktuellen Stand der Kunststoffströme und der Recyclingquote in der Schweiz beleuchtet. Es folgte eine SWOT-Analyse, um die Vor- und Nachteile des Kunststoffrecyclings klarer darzustellen. Verschiedene Interviews, unter anderem mit dem Bundesamt für Umwelt und Experten wie Patrik Ettlin von InnoRecycling, lieferten wertvolle Einblicke in die praktischen Herausforderungen und Lösungsansätze des Kunststoffrecyclings. Basierend auf einer Präferenz- und Nutzwertanalyse wurden anschliessend drei mögliche Varianten zur Verbesserung der Situation entwickelt und evaluiert. Dabei konzentrierten sich die Varianten auf den verbesserten Umgang mit Plastik im Haushaltsbereich.

Ergebnis

Die Untersuchungen ergaben, dass das Verbrennen von 1 kg Kunststoff, der fast ausschliesslich aus Erdöl besteht, über seine gesamte Lebensdauer hinweg etwa 4,9 kg CO₂ freisetzt. Obwohl der Plastikkonsum eines durchschnittlichen Schweizer Bürgers mit 125 kg im internationalen Vergleich recht hoch ist, stellt er eine vergleichsweise geringe Umweltbelastung dar.

Das thermische Verwerten von Kunststoffen in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) oder Zementwerken bietet Vorteile wie die Energierückgewinnung in Form von Strom oder Wärme und die vollständige Vernichtung verschmutzter Plastikabfälle. Dennoch sollte das

mechanische Recycling weiterhin gefördert werden, da es sowohl energie- als auch CO₂-sparsamer ist als die Herstellung neuen Kunststoffes.

Der Ausbau des PET-Recyclingkreislaufs durch die verstärkte Nutzung von rPET könnte erhebliche Vorteile bringen. Bedauerlicherweise stellte sich heraus, dass viele Kunststoffe zwar technisch, aber nicht regulatorisch auf PET umgestellt werden können. So untersagt das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) eine Ausweitung aufgrund hoher Reinheitsanforderungen und strenger Sicherheitsstandards. Eine signifikante Erweiterung der PET-Produktpalette wäre somit fast unmöglich, da sie zur Verletzung der bestehenden Gesetzgebung und einer Verschlechterung der Lebensmittelkontrolle führen würde.

Auch alternative Massnahmen, wie die Förderung von biobasierten Kunststoffen, könnten zur langfristigen Reduktion der Umweltbelastung beitragen, auch wenn ihr Einsatzgebiet aktuell noch begrenzt ist und ihr Potenzial noch nicht ausgeschöpft wurde.

Die wohl beste Lösung ist der Aufbau eines nationalen Recyclingkreislaufsystems für alle Kunststofftypen, vorausgesetzt, sie bestehen aus homogenen und sortenreinen Kunststoffen. Die Umsetzung eines zentralen Sortier- und Recyclingzentrums für gemischten Kunststoffabfall könnte Transportwege reduzieren, den Arbeitsmarkt stärken und die Recyclingquote nachhaltig erhöhen.

Ausblick

Für die zukünftige Verbesserung der Kunststoffrecyclingquote in der Schweiz sind zusätzliche infrastrukturelle Massnahmen erforderlich, wie etwa das geplante Sortierwerk von InnoRecycling. Langfristig sollen mehr und mehr der jährlich anfallenden 790'000 Tonnen Plastikabfälle recycelt werden. Zusätzlich könnten gesetzliche Regelungen und Anreizsysteme den Kunststoffverbrauch weiter minimieren und die Bevölkerung stärker sensibilisieren. Die Politik richtet jedoch ihren Fokus derzeit auf andere Themen. Obwohl das Verbrennen von Plastik keinen so gravierenden Schaden anrichtet wie ursprünglich angenommen, bleibt die Förderung des Recyclings sinnvoll. Diese Schritte könnten die Schweiz in eine Vorreiterrolle im nachhaltigen Umgang mit Kunststoffen bringen und ihre Position im globalen Abfallmanagement stärken.

1.3 Qualifikationsprofil

Qualifikationsprofil von Dominik Wyss

Dipl. Techniker HF, Energie und Umwelt

<p>A1 Unternehmens- und Führungsprozesse gestalten und verantworten.</p>	<p>Als stellvertretender Lehrlingsausbilder unterstützte ich die Lernenden dabei, ihre fachlichen Kompetenzen kontinuierlich zu erweitern. Täglich gab ich ihnen gezielte Aufgaben und fungierte als direkte Ansprechperson für sämtliche Fragen und Unklarheiten.</p>
<p>A2 Kommunikation situations-angepasst und wirkungsvoll gestalten</p>	<p>Die Ergebnisse meiner Projektarbeiten, die ich während meiner Schulzeit an der TEKO erstellt habe, konnte ich der Klasse durch eine eindrucksvolle und fesselnde Präsentation erfolgreich vermitteln. Ich lege einen hohen Wert auf eine deutliche Ausdrucksweise und eine gute Gestik. Indem ich die Zuhörer aktiv einbezogen habe, verlieh ich der Präsentation einen noch professionelleren Charakter.</p>
<p>A3 Die persönliche Entwicklung reflektieren und vorantreiben</p>	<p>Alle sechs Monate war ich gefordert, meinem Vorgesetzten einen Überblick über meine erbrachten Leistungen zu geben. Dabei legte ich nicht nur dar, was ich in der zurückliegenden Zeit erreicht habe, sondern präsentierte auch eigene Verbesserungsvorschläge und identifizierte Bereiche, in denen ich noch Unterstützung benötige.</p>
<p>B5 Projekte planen, leiten und evaluieren</p>	<p>Für Wartungsaufträge von PV-Anlagen vereinbare ich eigenständig einen Termin mit dem Kunden. Anschliessend führe ich den Wartungsvorgang selbstständig durch, dokumentiere meine Erkenntnisse und archiviere sie. Die Ergebnisse sowie etwaige Verbesserungsvorschläge übermittle ich dem Kunden per E-Mail.</p>
<p>B7 Projektierung von Anlagen beauftragen</p>	<p>Anhand String-pläne, welche die Auslegung und Grösse der PV-Anlage veranschaulichen, verstehe ich wie eine PV-Anlage aufgebaut ist und finde mich in der Orientierung zurecht. Schnell und unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften kann ich Fehlerquellen analysieren und sie anhand des String-plans auf dem Dach ausfindig machen.</p>

<p>B8 Daten erfassen und auswerten</p>	<p>Bei der Isolationsmessung von PV-Stringleitungen gibt es gesetzliche Mindestwerte, die nicht unterschritten werden dürfen. Sollte dies der Fall sein, nehme ich den betroffenen String ausser Betrieb und dokumentiere den Zustand sorgfältig. Fotos der Messergebnisse sowie das Messprotokoll archiviere ich im firmeninternen Speicher, damit sie später wieder abgerufen werden können.</p>
<p>B9 Realisierung von Anlagen planen und begleiten</p>	<p>Nach der Fertigstellung einer neuen Halbleiter-Produktionsanlage für den Dauerbetrieb habe ich die Maschine in Betrieb genommen. Mit Dummy-Wafern habe ich den Betrieb simuliert und die Anlage auf mögliche Störungen überprüft.</p>
<p>B10 Wartung sicherstellen und Verfügbarkeit der Anlagen garantieren</p>	<p>Dank meines umfassenden Wissens über, Pneumatik, Sensorik und Robotik, konnte ich Fehlerquellen von «LAM»-Maschinen anhand Fehlermeldungen bereits eingrenzen. Bei komplizierteren Ausfällen nutzte ich die Aufbauunterlagen der Produktionsanlage (Schemas) und lokalisierte so die Problemzone ein, welches die Integration zurück in den Dauerbetrieb stark beschleunigt.</p>
<p>B11 Prozesse analysieren und optimieren</p>	<p>Als Servicetechniker wird mein Tagesgeschäft vollständig vom Abteilungsleiter koordiniert. Dennoch nutze ich mein vorausschauendes Denken, um regelmässig Verbesserungsvorschläge einzubringen. Dadurch gelingt es uns, Engpässen besser zu bewältigen, Fahrtwege zu optimieren und unnötige Doppeleinsätze zu vermeiden.</p>
<p>B12 Anlagen optimieren</p>	<p>Bei grossen PV-Anlagen führe ich etwa alle drei Jahre eine gründliche Wartung durch, in deren Rahmen der Zustand, die Produktionsleistung, vergangene Fehlermeldungen sowie potenzielle Fehlerquellen überprüft werden. Ich arbeite systematisch nach dem Wartungsprotokoll vor. Bei verschmutzten Modulen bespreche ich persönlich mit dem Kunden die Möglichkeit, eine Reinigung durchzuführen.</p>

1.4 Organigramm Projektteam

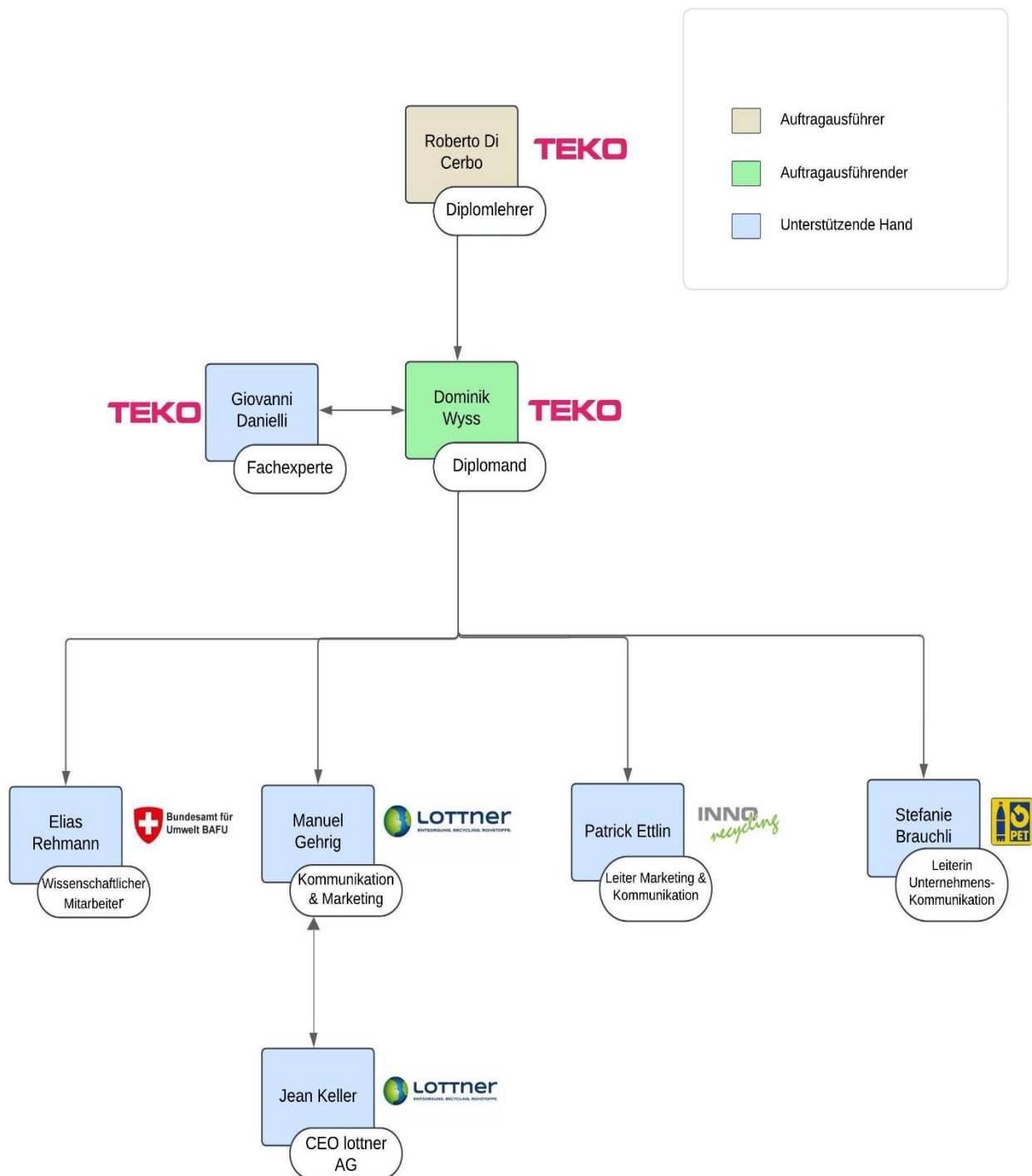


Abbildung 1; Organigramm Projektteam (erstellt in Lucidchart)

1.5 Projektstrukturplan

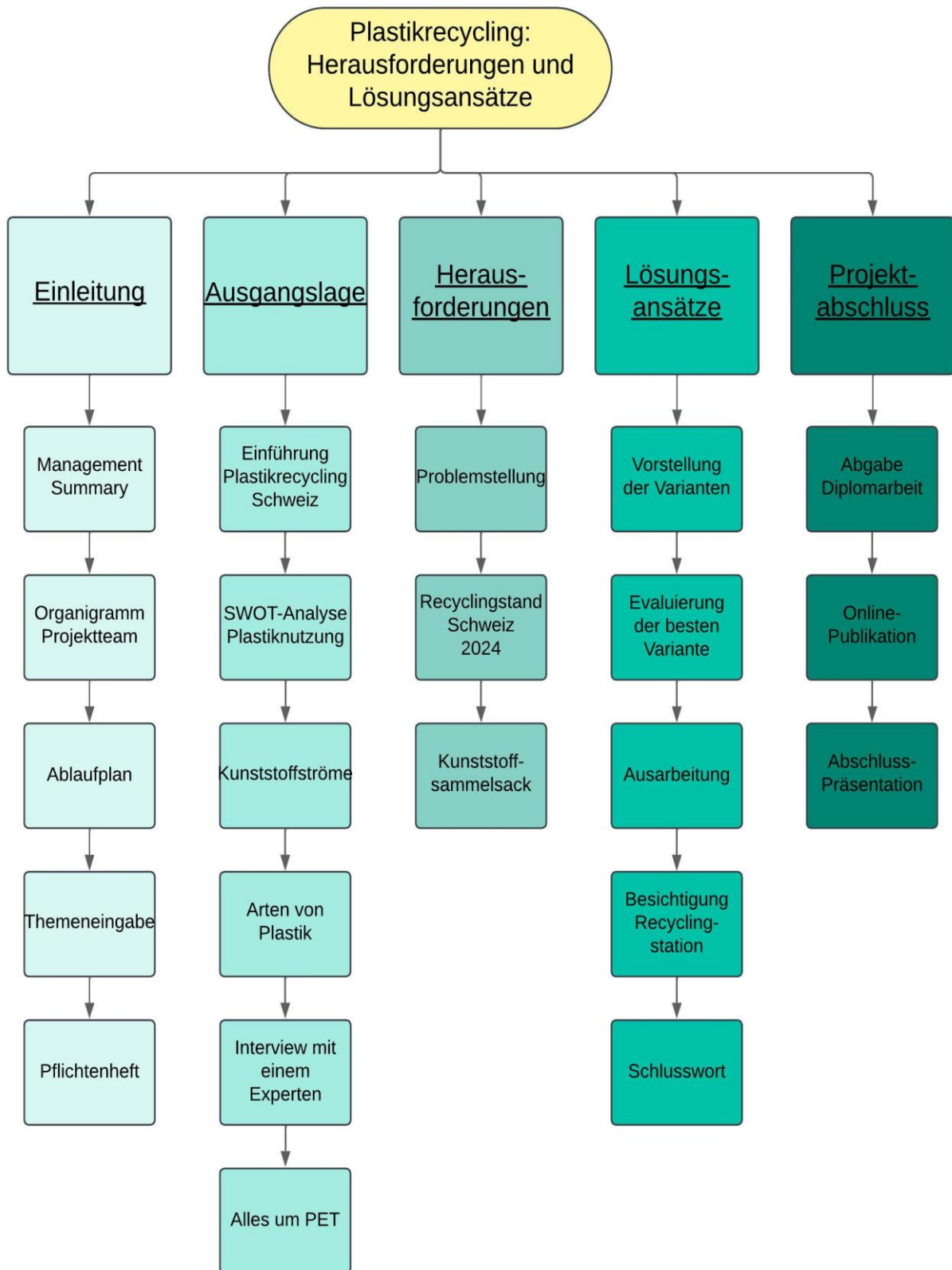


Abbildung 2; Projektstrukturplan (erstellt in Lucidchart)

1.6 Ablaufplan

1.6.1 Soll-Zeit

Arbeitspakete	Zeitaufwand (in h)	Juli					August					September				Oktober				November						
		KW25	KW26	KW27	KW28	KW29	KW30	KW31	KW32	KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45	KW46	KW47	KW48	
Initialisierung																										
Themeneingabe	2	■																								
Qualifikationsprofil	3			■	■																					
Pflichtenheft	5						■	■	■	■																
Projektablaufplan	1.5														■											
Organigramm	1																					■				
Recherche zu Beginn	18													■	■	■	■									
Ausgangslage																										
Einleitung	2													■	■											
Recherche	11													■	■	■	■									
SWOT-Analyse	2.5														■	■	■									
Kunststoff-Ströme der Schweiz	8														■	■	■	■								
Interview	4															■	■	■	■							
PET	7																■	■	■	■	■					
Herausforderungen	9																	■	■	■	■	■				
Lösungsansätze																										
Recherche	2																	■	■	■	■					
Vorstellen 3 Varianten	6																	■	■	■	■	■				
Präferenzmatrix	1.5																		■	■	■					
Nutzwertanalyse	2																			■	■					
Nachforschungen betreiben	7																		■	■	■	■	■			
Ausarbeitung favorisierte Variante	12																			■	■	■	■	■	■	
Besichtigung einer Recycling Station	4																			■	■	■	■			
Abschluss																										
Schlussfolgerung	3																				■	■	■			
Lessons Learnt	2																					■	■			
Management Summary	1																						■			
Sonstiges	8																						■	■	■	■
Dokument überarbeiten	7																						■	■	■	■
Abgabe	1																							■		
Präsentation																										
Online Publikation	2																							■	■	
Vorbereitung	10																								■	■
Präsentation	1																								■	
Zeitaufwand insgesamt	143.5																									

Abbildung 3; Soll-Ablaufplan (erstellt im Excel)

1.6.2 Ist-Zeit

Arbeitspakete	Zeitaufwand (in h)	Juli					August					September				Oktober				November						
		KW25	KW26	KW27	KW28	KW29	KW30	KW31	KW32	KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45	KW46	KW47	KW48	
Initialisierung																										
Themeneingabe	2	■																								
Qualifikationsprofil	3			■	■											■										
Pflichtenheft	5						■	■	■	■	■															
Projektablaufplan	1.5														■						■					
Organigramm	1																					■				
Recherche zu Beginn	24														■	■	■	■	■							
Ausgangslage																										
Einleitung	4														■	■	■									
Recherche	15														■	■	■	■	■							
SWOT-Analyse	1.5														■											
Kunststoff-Ströme der Schweiz	8														■	■	■									
Interview	4																				■					
PET	7																■	■								
Herausforderungen	12																■	■	■							
Lösungsansätze																										
Recherche	2																				■	■				
Vorstellen 3 Varianten	4																				■					
Präferenzmatrix	1.5																				■					
Nutzwertanalyse	2																				■					
Nachforschungen betreiben	14																				■	■	■	■	■	■
Ausarbeitung favorisierte Variante	10																				■	■	■	■	■	■
Besichtigung einer Recycling Station	6																				■	■	■			
Abschluss																										
Schlussfolgerung	3																				■	■				
Lessons Learnt	2																				■	■				
Management Summary	2																				■	■				
Sonstiges	8																				■	■	■	■	■	■
Dokument überarbeiten	9																				■	■	■	■	■	■
Abgabe	1																				■					
Präsentation*																										
Online Publikation	2																									
Vorbereitung	10																									
Präsentation	1																									

Zeitaufwand insgesamt	165.5
------------------------------	--------------

Ist-Stand
 Weniger Zeit benötigt
 Mehr Zeit benötigt
 Soll-Vorgabe

* Ist-Zustand für die Präsentation kann nicht aufgezeigt werden

Abbildung 4; Ist-Ablaufplan (erstellt im Excel)

Anmerkung:

Aus der Tabelle lässt sich schnell erkennen, dass ich den Zeitaufwand für die Recherche etwas unterschätzt habe. Die Nachforschungen für die Ausarbeitung meiner «PET-Offensive» waren sehr zeitintensiv, da ich kaum brauchbare Quellen finden konnte. Ich nahm Kontakt zu mehreren realen Personen auf, entweder per E-Mail oder Telefon, und musste mühsam um Rat bitten. Oft führte dies jedoch in eine Sackgasse oder brachte nicht die erhofften Antworten. Besonders in den letzten Wochen musste ich viel mehr Zeit und Mühe in meine Arbeit investieren als ursprünglich geplant.

2 Projektinitialisierung

2.1 Themeneingabe

Name	Wyss
Vorname	Dominik
Adresse, Ort	Ramsteinerstrasse 16, 4052 Basel
Tel: P, G	0764324616
e-mail	dominik.wyss@edu.teko.ch
Klasse	O-TEU-21-T-a
Abteilung	Dipl. Techniker Umwelt & Energy
<hr/>	
Thema	Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze
Fachgebiet	Umwelt
Firma	-

Vorschlag Diplomarbeit

Thema	<p><i>Beschreibung des Themas. Weshalb mache ich diese Problemstellung zum Thema?</i></p> <p>Um bis 2050 eine bevölkerungsweite Null-Emission durch erneuerbare Energien zu erreichen, sind ambitionierte Ziele gesetzt. Aber wie sähe die Schweiz im Jahr 2050 in einer Gesellschaft ohne Abfall aus?</p> <p>Unsere Konsumgesellschaft produziert eine enorme Menge an Abfall, und dieser Trend ist steigend. Besonders problematisch ist der zunehmende Anteil an Plastikabfällen, die sich in unseren Müllverbrennungsanlagen ansammeln. Littering in Böden und Gewässer nehmen kontinuierlich zu.</p> <p>Bisher fehlt es jedoch an einem effektiven Recycling-System, das diese Herausforderung lösen könnte. Doch auch das Verhaltensmuster individueller Personen muss antrainiert werden sowie die notwendigen Ressourcen müssen bereitgestellt werden.</p>
-------	--

Ziel	<p><i>Welches Ziel will ich erreichen (Richtziel)?</i></p> <p>Ein Konzept wie man in der Schweiz den Plastikabfall bis ins Jahr 2050 auf 0 reduzieren könnte.</p> <p>Einen Weg aufzeigen, wie man ölbasiertes Plastik vermeidet und die daraus resultierenden Problemzonen vermerken.</p> <p>Aufklärung der Bevölkerung zum Thema «Plastik-Recycling».</p>
⇒ Kunde	<p><i>Für wen arbeite ich? Wer ist eigentlich der Abnehmer?</i></p> <p>Teko Olten als Auftraggeber</p> <p>Informationsbeschaffung für den Bürger</p> <p>Politiker und Regierung können bedingterweise diese Diplomarbeit als Vorlage verwenden um Bauten, Vorschriften und Bewilligungen auszuarbeiten.</p>
⇒ Sinn und Zweck	<p><i>Wozu mache ich das? Für was soll dieser Auftrag dienen?</i></p> <p>Die Schweiz soll einen neuen progressiven Schritt einleiten und im Thema Abfallwirtschaft eine führende Rolle einnehmen. Diese Arbeit fördert den Umgang mit nachhaltigen Ressourcen in der Schweiz. Sie zeigt einen Leitfaden für den Bürger sowie den Politikern, wie vorgegangen werden kann, um Abfall sowie Plastikabfälle zu reduzieren.</p>
⇒ Endergebnis	<p><i>Wie soll das Ergebnis der Arbeit konkret aussehen? Was liegt bei Auftragende vor?</i></p> <p>Am 04.11.2024 liegt eine fundierte Auswertung aller gesammelten Daten in Form einer gebundenen Diplomarbeit vor.</p> <p>Die Diplomarbeit gliedert sich anhand der Richtlinie, welche die teko Olten stellt.</p> <p>Diese sind unter „Gliederung der Diplomarbeit“ ersichtlich.</p> <p>Die aktuelle Problem-Situation ist erkennbar und was daran geändert werden soll.</p> <p>Die Arbeit soll alle wichtigen Inhalte aufzeigen und wie diese realisierbar sind.</p> <p>Problemzonen und Risiken sollen klar ersichtlich sein.</p> <p>Eine Präsentation stellt das Thema am 15.11.2024. verständlich mit einer anschaulichen PowerPoint vor.</p>

⇒ Erfolgskriterien	<p><i>Woran messen wir am Ende, ob ich erfolgreich gearbeitet habe?</i></p> <p>Eine übersichtliche und lückenlose Arbeit wird fristgerecht an das Sekretariat sowie dem Diplomlehrer geschickt.</p> <p>Auflistung der bisherigen Massnahmen im Bereich Produktion Plastik und Plastikrecycling.</p> <p>Eine Auflistung aller wichtigen Kernpunkte und Handlungsmöglichkeiten, sowie eine Vorgehensmöglichkeiten zur Erreichung der Ziele ist klar ersichtlich.</p> <p>Weitere Ziele und Meilenstein werden zu Beginn der Arbeit erstellt. Wenn diese zeitgemäss erreicht werden konnte, so war auch die Arbeit erfolgreich.</p>
--------------------	---

2.2 Pflichtenheft

Einleitung

Um was geht es und was ist bereits auf dem Markt vorhanden? Was soll als Grundlage verwendet werden?

Die Schweiz hat im internationalen Vergleich eine relativ hohe Recyclingrate. Papier, Karton, Glas, Aluminium, Alteisen und selbst PET sammeln wir in äusserst beträchtlichen Mengen. Doch bei dem Thema Plastik-Recycling schneiden wir enttäuschend ab. Obwohl wir schon lange von den negativen Konsequenzen der Verwendung von Plastik im Alltag kennen, so tun wir uns als Bevölkerung doch schwer, uns von diesem preiswerten erdölbasierten Material zu verabschieden. Plastik ist schwer zu vermeiden und noch schwieriger ihn zu ersetzen. Aber als umweltorientiertes Land sollten wir unser Plastik-Verschleiss genauer unter die Lupe nehmen.

Studien belegen, dass unsere Recyclingquote für Plastik trotz des sonst so hohen Standards in der Schweiz unterdurchschnittlich ist. Zwar gibt es etliche Kunststoffsammelstellen und auch passend dazu private Kunststoffsammelsäcke. Doch die schweizweite Anwendung von Sammelsäcken für Plastik bleibt im Haushalt sowie Industrie grösstenteils aus. Politik, Industrie und auch nicht die Bevölkerung sieht es als notwendig den aktuellen Zustand zu ändern. Zumindest zieht dieses Thema kaum Interesse auf sich. Diese Arbeit soll in einem ersten Schritt prüfen ob nicht Handlungsbedarf besteht.

Weshalb soll die Arbeit realisiert werden? Inwiefern unterscheidet sich die Arbeit von bereits vorhandenen Produkten.

PET und Kunststoff sind nicht das gleiche. PET ist der einzige Kunststoff, der einen funktionierenden Recyclingkreislauf besitzt. Der Rest von Kunststoffen sehen wir grundsätzlich als Abfall an und verbrennen wir. Zwar kann man in den letzten Jahren feststellen, dass immer mehr Privat-Stellen z.B. Migros, Coop, oder Abfall-Stationen einen sogenannten Kunststoff- Sammelsack anbieten. Diesen kann für eine kleine Gebühr auffüllen mit fast jeglicher Art von Plastik und ihn anschliessend bei einer öffentlichen Station abgeben. Dies fördert zwar die Sammlung von Plastikmaterial. Aber tun wir uns damit wirklich etwas Gutes? Wird durch diese Plastiksäcke wirklich ein Grossteil des angesammelten Plastiks wieder in den Kreislauf zurückgeführt?

Durch die getrennte Sammlung von PET können wir eine beeindruckende Recyclingquote von circa 90% erzielen. PP, PE LDPE, usw. welche diese Separat-Sammlung nicht besitzen liegen die Quoten bei ungefähr 10%. Der Kunststoffsammelsack ist stand heute keine zufriedenstellende Lösung. Doch woran liegt das? Angesichts dieser Unterschiede, welcher nirgends deutlich erläutert wird, ist es wichtig, Wege aufzuzeigen, wie wir den Anteil an recyceltem Plastik insgesamt erhöhen können.

PET besitzt als einzige Kunststoff-Art eine funktionierende Kreislaufwirtschaft. Anwendung von PE, PP, LDPE usw. soll auf ein Minimum reduziert werden und eine Umstellung auf PET erfolgen. Dadurch stärkt sich der PET-Kreislauf und unnötige Kunststoffverbrennung kann verhindert werden. Ob solch ein Vorhaben realistisch und tatsächlich Vorteile mit sich bringt, muss erst noch geprüft werden. Doch diese Fragen sollen sich in dieser Arbeit rauskristallisieren.

Fachexperte

Dozent teko HF

Giovanni Danielli

Lehnfeldstrasse 44

4702 Oensingen

e-mail; giovanni.danielli@bluewin.ch

Tel.: 079 670 90 12

Danielli Giovanni ist die perfekte Ansprechperson für meine Arbeit über Plastikrecycling, da er über umfassende Fachkenntnisse in den Bereichen Umwelttechnik und Umweltprozesse bis ins tiefste Detail versteht. An der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) unterrichtete er das Fach Raumplanung. An der Hochschule unterrichtet Giovanni, welcher nebenbei bemerkt einen Doktor-Abschluss besitzt, seit mehreren Jahren verschiedene Fächer. Mit seiner verständlichen Art, unterrichtete Giovanni mich in den Fächern «Umwelt», «Wasser, Boden und Luft», «Raumplanung» und noch viele weitere. Das Fach «Abfall-Wirtschaft» mit dem Fokus auf Recycling, zeigt wohl am meisten deutlich, dass Giovanni als Fach-Experte bestens geeignet ist.

Inhalt

Was ist in der Diplomarbeit vorhanden?

Die Diplomarbeit umfasst eine detaillierte Analyse des Ist-Zustandes in der Schweiz zum Thema Plastik-Recycling. Es soll aufzeigen woher unser Plastik-Müll stammt und weshalb er als umweltbelastend eingestuft wird. Als kurze und verständliche Einleitung in das Thema soll unser bestehendes Recyclingsystem geschildert werden. Zahlen und Fakten sollen den Grundbaustein für die Diplomarbeit bilden. Mit fundierten Begründungen zeigt die Arbeit wieder, wieso dieses System verbesserungsbedürftig ist.

In einem zweiten Teil soll die Arbeit die bedeutendsten Methoden aufzeigen, wie auf Bevölkerungsebene mehr Plastik gesammelt werden kann und wie das Plastik wieder in ein funktionierenden Plastikkreislauf zurückgeführt werden kann. Ich möchte Methoden aufzeigen, um dem Problem unter die Arme zu helfen. Lösungsansätze wie Bio-abbaubare Produkte oder eine Ausweitung der PET-Produktepalette sollen als Variante detailliert ausgearbeitet werden und anhand von Bewertungskriterien ausgewertet werden.

Um wahrheitsgetreue Aussagen zu treffen, soll die Arbeit sich auf Fachwissen stützen von Recycling-Experten, Zeitschriften, Online-Publikationen und wenn möglich Dozenten, welche das Fach Recycling unterrichten.

Für wen dient diese Arbeit? Inwiefern ist eine Umsetzung notwendig?

Aus den Arbeiten sollen konkrete Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger, Unternehmen und verantwortungsbewusste Bürger in der Schweiz abgeleitet werden. Anhand dessen kann die Bevölkerung von den Folgen des Plastikabfalls geschützt werden und die Schweiz ein besseres Auftreten im Bereich des Abfallmanagement zeigen.

Welches Endergebnis soll vorliegen? Wie sehen die Erfolgskriterien aus?

Endergebnis	Erfolgskriterien
Bestehendes System der Schweizer Plastikwirtschaft ist in der Einleitung erläutert. Wahrheitsgetreue Fakten und Zahlen begleiten den Abschnitt.	Die bestehende Art und Weise wie die Schweiz Plastik entsorgt und recycelt ist vertieft ausgearbeitet und für den Leser verständlich.
Der Unterschied von PET und Kunststoff ist behandelt. Dessen Notwendigkeit in der heutigen Gesellschaft wird zu Beginn erwähnt.	Studien und Statistiken geben Aufschluss auf die Vor- und Nachteile der jeweiligen Produkte.
Eine Zusammenfassung des Besuches bei einem Recycling-Zentrum gibt Aufschluss über die Funktionsweise. Echte Zahlen von dem Recycling-Zentrum werden in die Arbeit eingebettet.	Ein Interview zeigt erster Hand auf, wo die Problemzonen Kunststoff-Recycling liegen. Lösungsansätze des Experten werden ebenfalls in die Arbeit miteinbezogen und anschliessend geprüft.
Ein umfassendes Konzept für die Reduzierung von Plastikabfall und Förderung von Recyceltem Plastik zeigt, wie wir in Zukunft vorgehen sollen.	Das Konzept ist technisch, wirtschaftlich und ökologisch anwendbar.
3 Varianten für zukünftige Lösungsansätze sind kurz vorgestellt. Anhand einer Präferenz- und Nutzwert-Analyse wird die beste noch vertiefter behandelt.	Die Präferenz- und Nutzwertanalyse ist nachvollziehbar und durch Anmerkungen begründet.
Die Diplomarbeit liegt am 04.11.2024 als PDF-Dokument pünktlich dem Diplomehrer und dem Sekretariat der TEKO Olten vor.	Eine vollständige Diplomarbeit, die alle Anforderungen entspricht und fristgerecht verschickt wurde.

Freigabe des Pflichtenheftes

Diplomand

Ort, Datum Basel, 15.08.2024

Dominik Wyss

Dominik Wyss

Fachexperte

Ort, Datum Olten, 28.8.2024

Giovanni Danielli

G. Danielli

Diplomlehrer

Ort, Datum Negiblen, 28.08.2024

Roberto Di Cerbo

R. Di Cerbo

3 Ausgangslage

3.1 Einleitung

In den letzten Jahren sind die Produktion und der Konsum von Kunststoffen stetig gestiegen. Dies ist zurückzuführen auf unseren stetig anwachsenden Wohlstand. Auch unsere wachsende Population führt logischerweise zu einem proportional höheren Plastikverbrauch. In der Schweiz müssen alle Kunststoffe am Ende ihres Lebenszyklus entweder stofflich oder thermisch verwertet werden; eine Deponierung ist seit der Abstimmung 2000 gesetzlich verboten. In einem öffentlichen Bericht des BAFU (Bundesamt für Umwelt) wird heute davon ausgegangen, dass über 80% der 1'000'000 Tonnen Kunststoffabfälle in Kehrverbrennungsanlagen (KVA) thermisch verwertet werden. Weitere 2 Prozent werden in Zementwerken ebenfalls thermisch verwertet. Nur knapp 10 Prozent werden rezykliert. Das ist kein stolzer Wert.

Kunststoffe werden entlang der gesamten Lieferkette eingesetzt, wobei Verpackungen, das Bauwesen sowie Konsum- und Haushaltsgüter, wie Medizin- und Hygieneartikel, zu den grössten Makroplastik-Verbrauchern zählen. Sie sind heutzutage allgegenwärtig vorhanden. Sie erleichtern unseren Alltag deutlich und alternative Produkte sind meist teurer, schwerer, weniger gut haltbar oder haben sonstige Nachteile. Kunststoffe sind in der modernen Welt kaum wegzudenken. Doch sie bringen Nachteile mit sich. Ihre Langlebigkeit und ihre schlechte biologische Abbaubarkeit hinterlassen Spuren auf der gesamten Welt, wenn sie nicht ordnungsgemäss entsorgt werden. Gelangen sie erstmal in die Umwelt, so können sie Jahrhunderte lang überdauern. Nur langsam bauen sie sich zu sogenannten Mikroplastik ab. Aber auch dann sind sie nicht aufgelöst. Sie bleiben in der Natur und werden möglicherweise von Mikroorganismen oder Kleintieren als Nahrung verwechselt. Mikroplastik beeinflusst die Biodiversität auf eine negative Weise.¹

3.2 Anmerkungen des Autors;

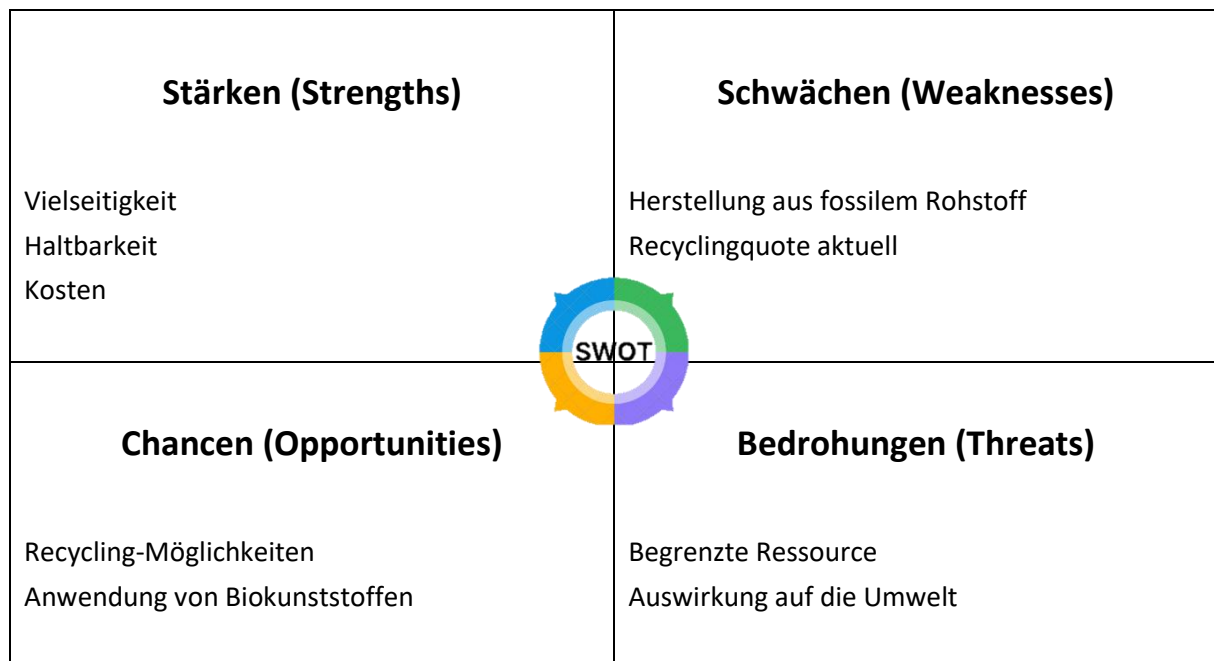
Aufgrund seiner Vielseitigkeit, Langlebigkeit und Kosteneffizienz ist Kunststoff aus einer Vielzahl von Produkten nicht mehr wegzudenken. An sich ist es auch ein tolles Produkt. Aber dass wir 80 Prozent unserer Kunststoffabfälle thermisch verwerten, enttäuscht mich sehr. Ich verstehe, dass es viel Aufwand bedeutet, Kunststoffe in ihre Ausgangsmaterialien (z.B. PE, PP, PVC oder andere Kunststoffe) zu trennen, um sie dann weiterverarbeiten zu können. Doch im direkten Vergleich zu Glas, Aluminium oder auch Karton, die alle zu über 85% recycelt werden, schneidet das Plastikrecycling sehr schlecht ab.

Das ist für mich eine ernüchternde Erkenntnis. Ich möchte den Hintergründen nachgehen, warum Kunststoffrecycling nicht so einfach ist und ob wir in Zukunft nicht einen besseren Weg einschlagen können. Deshalb schreibe ich meine Diplomarbeit zu diesem Thema.

¹ (BAFU, 2017)

3.3 SWOT-Analyse

Um die Vor- und Nachteile von Kunststoffen fundiert zu beleuchten, wird deshalb eine umfassende SWOT-Analyse erstellt. Dieses strategische Instrument ermöglicht es, systematisch die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken im Zusammenhang mit der Anwendung von Kunststoffen zu identifizieren und zu bewerten. Basierend auf den Ergebnissen der SWOT-Analyse können gezielte Massnahmen entwickelt werden, um Risiken zu minimieren und vorhandene Chancen optimal zu nutzen.



Stärken (Strengths)

Vielseitigkeit: Kunststoffe können in unglaublich vielen Bereichen eingesetzt werden. Verpackungen, Automobilkomponenten, Medizin, Textilien usw. Aufgrund ihres geringen Gewichts, ihrer Langlebigkeit, vielseitigen Designmöglichkeiten, Wasserbeständigkeit, Transparenz sowie chemischer und thermischer Widerstandsfähigkeit stellt Kunststoff für zahlreiche Hersteller eine erstklassige Wahl dar.

Haltbarkeit: Sie sind robust und widerstandsfähig, was sie für den Langzeiteinsatz in Produkten ideal macht.

Kosten: Kunststoff ist in der Herstellung äusserst kostengünstig. Kein anderes Material kann in puncto «Kosten» mit Kunststoff konkurrieren.

Schwächen (Weaknesses)

Herstellung aus fossilem Rohstoff: Kunststoffe bestehen aus polymerisierten Kohlenwasserstoffen. Dies wird fast ausschliesslich gewonnen aus Erdöl, welches eine nicht erneuerbare Ressource ist. Das Verbrennen von Erdöl führt zu einem erhöhten CO₂-Ausstoss, der durch den Treibhauseffekt zur Erwärmung der Erde beiträgt.

Recyclingquote aktuell: Viele Kunststoffe sind schwer zu recyceln, insbesondere solche, die aus Verbundmaterialien bestehen. Schweizer Recyclingquote von allen Kunststoffen liegt heutzutage bei ungefähr neun Prozent.

Chancen (Opportunities)

Recycling-Möglichkeiten: Es gibt immer mehr Fortschritte im Bereich des chemischen und mechanischen Recyclings, welche die Kreislaufwirtschaft verbessern können. Würde die Politik mehr das Recyceln fördern, könnten viel bessere Recyclingquoten erzielt, und die Umwelt entlastet werden.

Anwendung von Bio-Kunststoffen: Biobasierte Kunststoffe, welche biologisch abbaubar sind, bieten eine umweltfreundlichere Alternative. Auch wenn sie heute noch selten verwendet werden, könnten Bio-Kunststoffe in Zukunft an Popularität gewinnen.

Bedrohungen (Threats)

Begrenzte Ressource: Erdöl ist ein begrenzter Rohstoff. Das heisst, ist er mal aufgebraucht, so wird das Herstellen von herkömmlichem Kunststoff nicht mehr möglich sein. Etwa die Hälfte aller Vorkommen sind bisher aufgebraucht worden.

Auswirkung auf die Umwelt: Kunststoffe setzen bei ihrer Verbrennung CO₂ frei, das zur globalen Erwärmung beiträgt. Schlimmer noch, werden Kunststoffabfälle nicht verbrannt, sondern auf Deponien abgelagert oder gelangen auf andere Weise in die Natur, dauert es Jahrhunderte, bis sie sich zersetzen. In dieser Zeit verschmutzen Mikroplastik und Feinstaubreste Böden, Gewässer und die Luft. Dies beeinträchtigt die Biodiversität erheblich und stellt eine Gefahr für die Gesundheit von Menschen und Tieren dar.²

² (Danielli, 2024)

3.4 Fazit Swot-Analyse

Die SWOT-Analyse verdeutlicht eindrucksvoll, dass Kunststoffe eine zentrale Rolle in der heutigen modernen Gesellschaft einnehmen. Kunststoffe sind aufgrund ihrer kostengünstigen Herstellung, Langlebigkeit und Vielseitigkeit für eine Vielzahl von Industrien unverzichtbar. Diese Eigenschaften ermöglichen es, Kunststoffe in zahlreichen Anwendungen zu nutzen, von Verpackungen über Automobilteile bis hin zu medizinischen Geräten. Gleichzeitig dürfen jedoch die erheblichen negativen Umweltauswirkungen nicht missachtet werden. Die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und die Herausforderungen bei der Wiederverwertung stellen erhebliche Schwächen dar, welche die nachhaltige Nutzung von Kunststoffen erschweren. Die geringe Recyclingquote stellt nicht eine nachhaltige Nutzung der Ressource dar.

Das grösste Problem entsteht nach der temporären Nutzung von Kunststoff. Als Abfallprodukt wird es grösstenteils verbrannt. Durch das Verbrennen von Plastik wird CO₂ frei, welches durch den Treibhauseffekt zur Erwärmung des Klimas beiträgt. Diese Emissionen widersprechen den Zielen des «Pariser Klimaabkommens», welchem die Schweiz zugestimmt hat und die Reduktion von Treibhausgasen zum Schutz des Klimas fordert. Um diese Verpflichtungen zu erfüllen, muss der CO₂-Ausstoss in allen Bereichen reduziert werden, einschliesslich der Kunststoffindustrie. Somit sind wir aufgefordert, mehr von den Kunststoffen zu recyceln.

3.5 Kunststoff-Ströme

Wahrheitsgetreue Statistiken und Grafiken über den aktuellen Verbrauch von Plastik aufzuzeigen ist sehr schwer. Nicht alle Kunststoffe werden im Bereich Produktion, Verbrauch, Abfall, Sortierung und zuletzt Recycling oder Entsorgung getrackt. Kunststoffe können auch zu jedem Schritt entweder ins Ausland exportiert oder importiert werden. Deshalb beruhen viele Zahlen auch auf Schätzungen. Doch eine Studie, erstellt von der REDILO GmbH im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) erklärt meiner Meinung nach die Zusammenhänge am besten.

Folgende Grafik, welche aus dem Bericht "Kunststoff-Verwertung Schweiz", entnommen wurde, zeigt die Kunststoffströme aus dem Jahr 2010. Obwohl diese zwar schon etwas verjährt ist, so ist sie bis heute die umfangreichste und detaillierteste. Viele Quellen, die ich während meiner Recherchezeit gelesen habe, kamen wieder und wieder auf sehr ähnliche Zahlen wie jene von REDILO GmbH. Deshalb stützt sich meine Arbeit auf dieser Ausgangslage.

Ich gehe davon aus, dass heute im Jahr 2024 die Grafik nicht viel anders aussieht. Wir produzieren etwa immer noch gleiche Mengen an Kunststoff und unser Recycling hat keine wirklich nennenswerten Fortschritte erzielt. Nach wie vor gelangt zirka 80% der nicht mehr verwendeten Kunststoffe in die KVA's.³

³ (Redilo GmbH (Raymond Schelker & Patrik Geisselhardt), 2010)

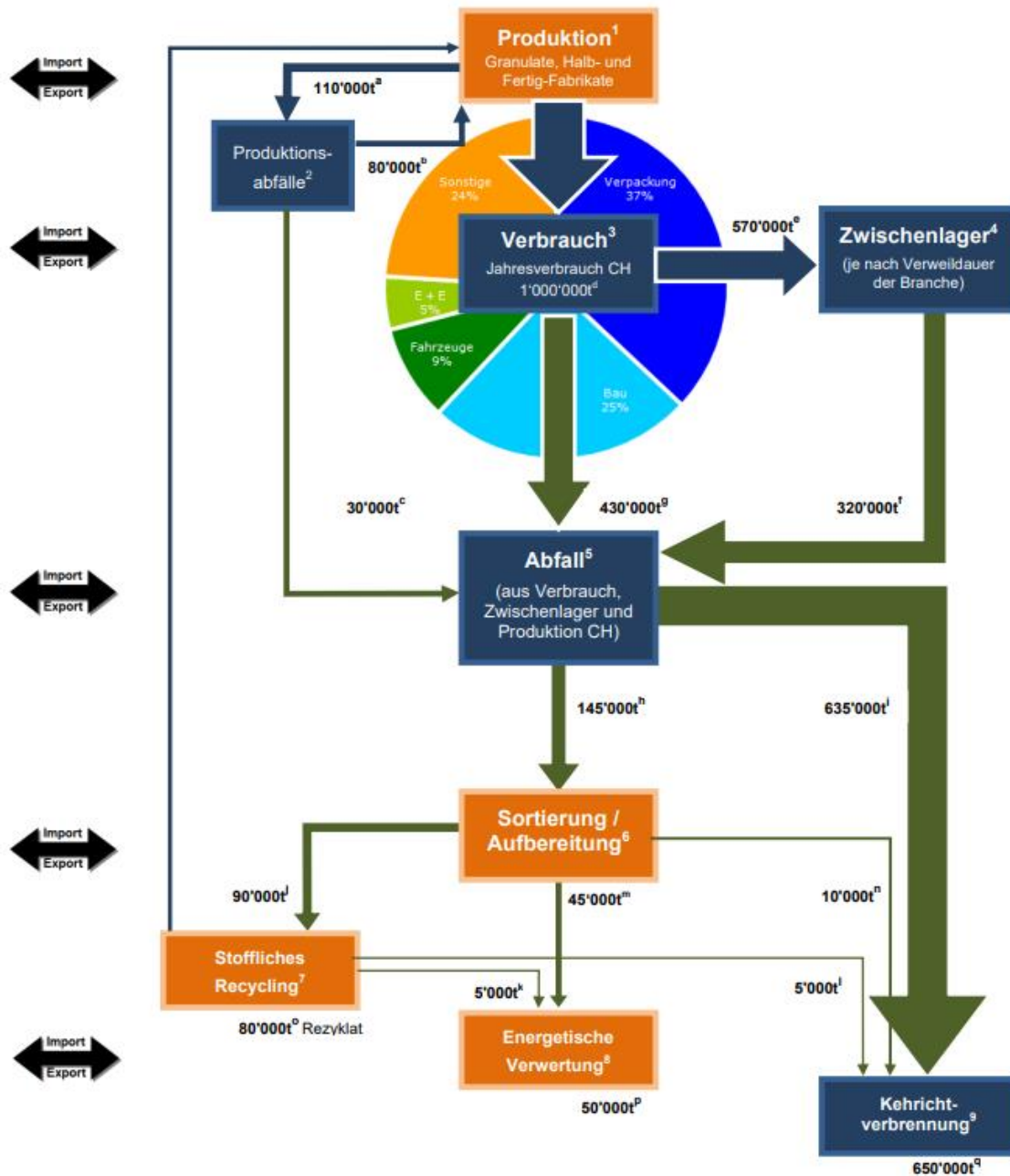


Abbildung 5; Diagramm Kunststoffströme Schweiz 2010

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

Die Grafik zeigt, wie Kunststoffe im Jahr 2010 durch verschiedene Stadien des Produktions- und Entsorgungssystems fliessen, wobei die Ströme in Produktionsabfälle, Konsumabfälle und Recyclingprozesse unterteilt werden. Die wichtigsten Elemente des Berichts sowie der Grafik sind folgende;

- ⇒ Kunststoffe werden grösstenteils im Ausland produziert. Dennoch werden Kunststoffprodukte und Verpackungen auch in der Schweiz hergestellt. Für die Produktion wird überwiegend Neumaterial verwendet, während Rezyklat nur in geringem Umfang zum Einsatz kommt. Rund 60'000 Tonnen Rezyklat aus dem In- und Ausland werden in der Schweiz jährlich verarbeitet.
- ⇒ Von den 780'000 Tonnen Kunststoffabfällen (145'000 Tonnen Aufbereitung + 635'000 Tonnen Kehrichtverbrennung) stammen etwa 55 % aus Verpackungen, die innerhalb eines Jahres entsorgt werden, während etwa 40 % aus älteren Produkten wie Baumaterialien stammen, die aus dem Zwischenlager freigesetzt werden.
- ⇒ Von den 145'000 Tonnen, welche als Kunststoffe in einem Kunststoff sammelsack oder sortenrein gesammelt wurde, gelangen etwa 90.000 Tonnen in den Recyclingprozess, wovon etwa 80.000 Tonnen in Form von Rezyklaten wiederverwertet werden. Das ist eine Recyclingquote von gerade mal 55%.
- ⇒ Die energetische Verwertung in Zementwerken ist mit 50'000 Tonnen gegenüber der KVA sehr klein. Sie wird ausschliesslich mit Kunststoffen betrieben, welche leider der Recycling-Standards nicht einhalten können.

Daraus schliesse ich zwei Problemzonen.

1. 780'000 Tonnen Plastikabfall pro Jahr ist eine enorm hohe Menge und verdeutlicht den massiven Verbrauch von Kunststoffen in der Schweiz. Pro Kopf entspricht das etwa 115 Kilogramm Plastikabfall jährlich, basierend auf einer Bevölkerungszahl von 8.776.000 im Jahr 2024. Damit nimmt die Schweiz im internationalen Vergleich einen Spitzenplatz ein. Ein Grund dafür ist der hohe Wohlstand, der es den Menschen ermöglicht, zahlreiche Plastikprodukte zu erwerben – oft solche, die objektiv betrachtet unnötig sind. Diese Produkte sind häufig von minderer Qualität und haben eine kurze Lebensdauer, wie auch durch entsprechende Grafiken verdeutlicht wird. Sobald sie nicht mehr gebraucht werden, werden sie entsorgt, und der finanzielle Verlust für den Einzelnen ist kaum spürbar. Dieser hohe Plastikverbrauch geht also Hand in Hand mit dem Wohlstand der Bevölkerung.

Das eigentliche Problem liegt jedoch in der Entsorgung des Plastikabfalls. Dank effektiver Vorsorgemassnahmen gelangt nur ein sehr geringer Anteil des Plastikabfalls in die Umwelt, was der Schweiz im internationalen Vergleich ein positives Zeugnis ausstellt. Dennoch werden über 81 % des Plastikabfalls sowie zusätzliche 2 % aus den Sortieranlagen in Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) verbrannt. Auch wenn die⁴

⁴ (Redilo GmbH (Raymond Schelker & Patrik Geisselhardt), 2010)

energetische Verwertung in den KVA einen Nutzen hat und gerechtfertigt ist. So geht dadurch der Kreislaufgedanke verloren. Von allen in der Schweiz hergestellten Kunststoffen bestehen lediglich 8 % aus recyceltem Material – eine Zahl, die auch PET miteinschliesst, welches eine Recyclingquote von über 80 % erreicht.

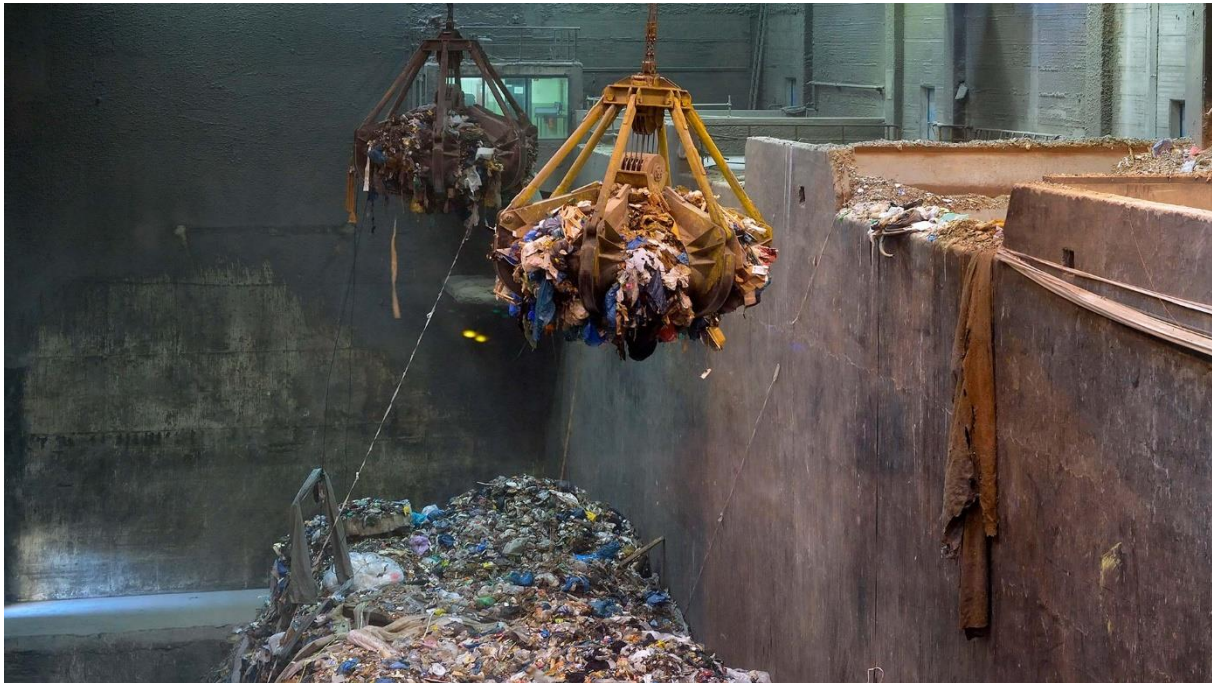


Abbildung 6; Plastikverbrennung in einer KVA

2. Von den jährlich gesammelten 145.000 Tonnen Kunststoff, die über Kunststoffsammelsäcke oder die aus der Industrie mehrheitlich sortenrein gesammelt werden, werden lediglich 55 % tatsächlich recycelt. Diese Zahl ist ernüchternd und verdeutlicht die Herausforderungen im Kunststoffrecycling. Selbst wenn Kunststoffe ordnungsgemäss entsorgt werden, können nicht alle Materialien als hochwertiges Kunststoff-Rezyklat zurückgewonnen werden. Ein beträchtlicher Teil des gesammelten Kunststoffs, erfüllt nicht die Reinheit für die Recyclinganforderungen. Deswegen wird ein wesentlicher Teil des gesammelten Kunststoffs aufgrund mangelnder Qualität, Verschmutzung oder der Beimischung anderer Materialien wie Klebstoffen thermisch verwertet, meistens in Zementwerken. Der Grund dafür liegt in der Zusammensetzung von Kunststoffen. Da sie ursprünglich aus Erdöl hergestellt werden, eignen sie sich gut als Brennstoff in Zementwerken. Diese Methode bietet den Vorteil, dass die Zementwerke ihren Bedarf an Rohöl reduzieren können, da Kunststoffe als Energiequelle dienen. Diese Form der thermischen Verwertung ist zwar gegenüber der Verbrennung in Kehrrichtverwertungsanlagen vorzuziehen, da die in den Kunststoffen enthaltene Energie effizienter genutzt wird. Doch auch in diesem Fall geht der Kreislaufgedanke verloren, da das Material nach der Verbrennung nicht wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden kann.⁵

⁵ (Redilo GmbH (Raymond Schelker & Patrik Geisselhardt), 2010)

3.6 Arten von Plastik

Kunststoffbezeichnung	Abkürzung	Prozentualer Anteil	Einsatzbereiche
Polyethylen (HDPE +LDPE)	PE	26%	Folien, Flaschen, Hygieneartikel, usw.
Polypropylen	PP	16%	Verpackungen, Haushaltswaren, Fahrzeugbau, usw.
Polyvinylchlorid	PVC	15%	Bau Rohre, Fensterprofile, usw
Polyethylen-Terephthalat	PET	7%	Getränkeverpackungen, Vorhänge, Regenjacken, usw
Polyurethane	PUR	6%	Matratzen, Schuhsohlen, Dichtungen, usw
Polystyrol	PS	4%	Verpackungen, Becher, Schalen, Haushaltswaren, usw
Sonstige Kunststoffe	Sonstige	26%	

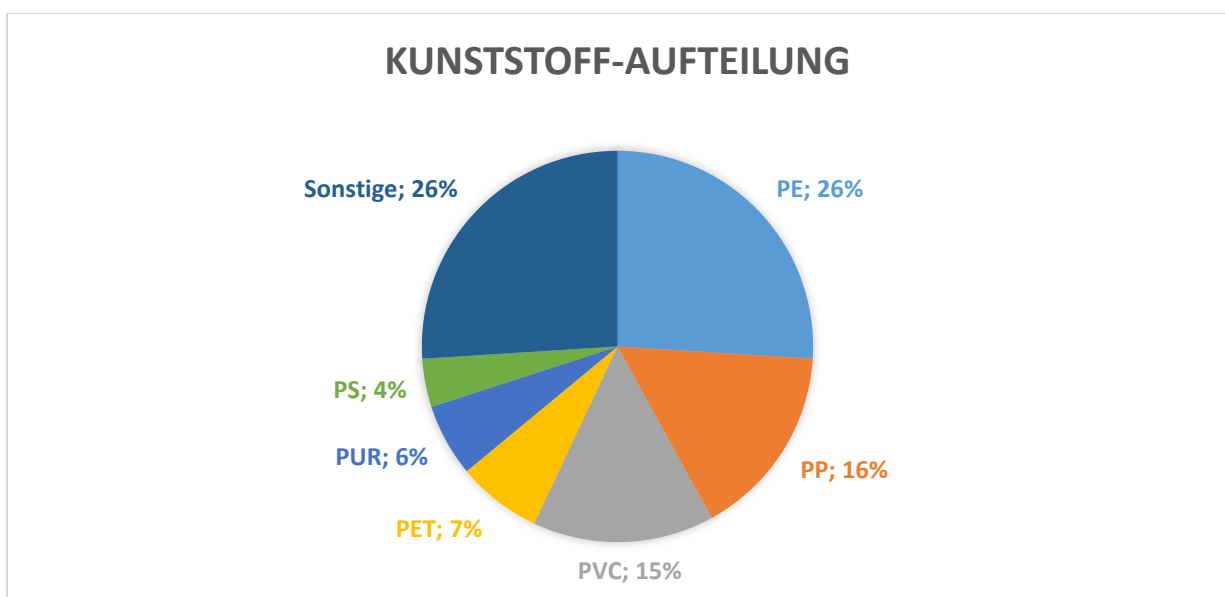


Abbildung 7; Kunststoffaufteilung (erstellt im Excel)

Der grösste Anteil an Kunststoffabfällen in der Schweiz besteht aus PE. Gefolgt von PP. Kein Wunder, sie gelten schliesslich als die billigsten Kunststoffe in der Herstellung. Massenproduktion und einfache Produktion haben dazu geführt, dass diese beiden mehr als 40% aller Kunststoffe ausmachen.

PET macht lediglich ein Anteil von 7% aus. Dieser Anteil ist deutlich kleiner als ich ursprünglich mal gedacht habe. Dies hat wohl damit zu tun, dass PET nicht so ein breit anwendbarer Kunststoff ist, wie erhofft.

Ein Drittel aller Kunststoffabfälle wird aus vielen weniger stark verwendeten Kunststoffen, wie Expandiertes Polystyrol (EPS), Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Polyamide (PA).⁶

⁶ (EBP, 2020)

3.7 Interview mit dem BAFU

Für die Diplomarbeit wollte ich gerne genauer aufzeigen, wo und wie das Recycling in der Schweiz funktioniert. Doch die Recherche dazu waren kompliziert und sehr unübersichtlich. Klarheit herrscht bei kaum einer der Webseiten. Die meisten Webseiten hielten sich mit Aussagen zurück. Kein Wunder, denn selten hat jemand wirklich einen genauen Überblick. Deshalb habe ich dazu das BAFU kontaktiert und wollte von einem Fachspezialisten mich aufklären lassen.

Die Antwort stammt von Elias Rehmann, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter für Kunststoffe und Recycling in der Sektion Siedlungsabfälle beim BAFU. Die Antworten wurden leicht angepasst, so dass sie verständlicher auf einem wirken. Jeweiligen weiterführenden Quellen

An welchen Standorten wird in der Schweiz Plastik recycelt? Es gibt zwar gewisse Sortierzentren und auch das PET kann in der Schweiz recycelt werden. Ich möchte aber wissen, was mit den anderen Kunststoffen geschieht? Ich möchte wissen, was geschieht mit sortenreinem PE, PP oder PS, welche man aus den Kunststoffensammelsäcken aussortieren konnte? Können diese in der Schweiz recycelt werden oder gelangen diese ins Ausland?

Sortierung

Für PET-Getränkeflaschen existieren Sortieranlagen in Grandson (VD) bei der Firma RC-Plast – Cand Landi und in Frauenfeld (TG) bei der Müller Recycling. Es gibt noch weitere unbekannte Anlagen, die jedoch für die Sortierung von Kunststoffen keine nennenswerte Bedeutung haben.

Ansonsten wird in der Schweiz nur wenig Kunststoff sortiert. Es gibt noch keine vollautomatische Sortieranlage für gemischte Kunststoffabfälle, da ist die gesammelten Mengen noch zu klein. Das Meiste geht zu Sortierzentren im grenznahen Ausland, z. B. zu Vogt Plastic (Deutschland) und Loacker (Österreich). Nach dem Sortieren kommt ein Teil fürs Recycling zurück in die Schweiz.

Recycling

Ein grosser Recycler von PE und PP ist die Inno Plastics AG in Eschlikon (TG).

Das Ihnen bekannte Recycling von PET-Getränkeflaschen geschieht bei Poly Recycling von Resilux in Bilten (TG). Ein weiterer, dennoch deutlich kleineren Teil wird bei RecyPET in Frauenfeld (TG) wieder zu Rezyklat aufarbeitet.

Daneben wird auch EPS und XPS recycelt, und zwar bei der swisspor in Boswil (AG).

Für Folien aus der Landwirtschaft gibt es das System ERDE Schweiz - Recycling von Agrarkunststoffen. Wo das Recycling stattfindet, ist dem BAFU jedoch unbekannt.

Möglicherweise gibt es noch weitere kleinere Recycler, das BAFU verfügt aber über keine vollständige Übersicht.⁷

⁷ (Rehmann, 2024)

3.7.1 Recycling des Kunststoffsammlsack

Der Verband Schweizer Plastic Recycler (VSPR) führt eine Übersicht aller Unternehmen, Gemeinden, Städte und Konsument*innen, die sich für umweltbewusste und nachhaltige Konsumverhalten im Bereich des Plastikrecyclings engagieren. Seit der Einführung eines Monitorings vor fünf Jahren ist es dem Verband möglich, die Kunststoffe, die über Kunststoffsammlsäcke gesammelt werden, besser zu verfolgen und die erhobenen Daten zu analysieren. Das nachfolgende Bild zeigt die Abläufe von allen gemischten Kunststoffen, die im Sammlsystem 2023 aufgezeichnet wurden.⁸

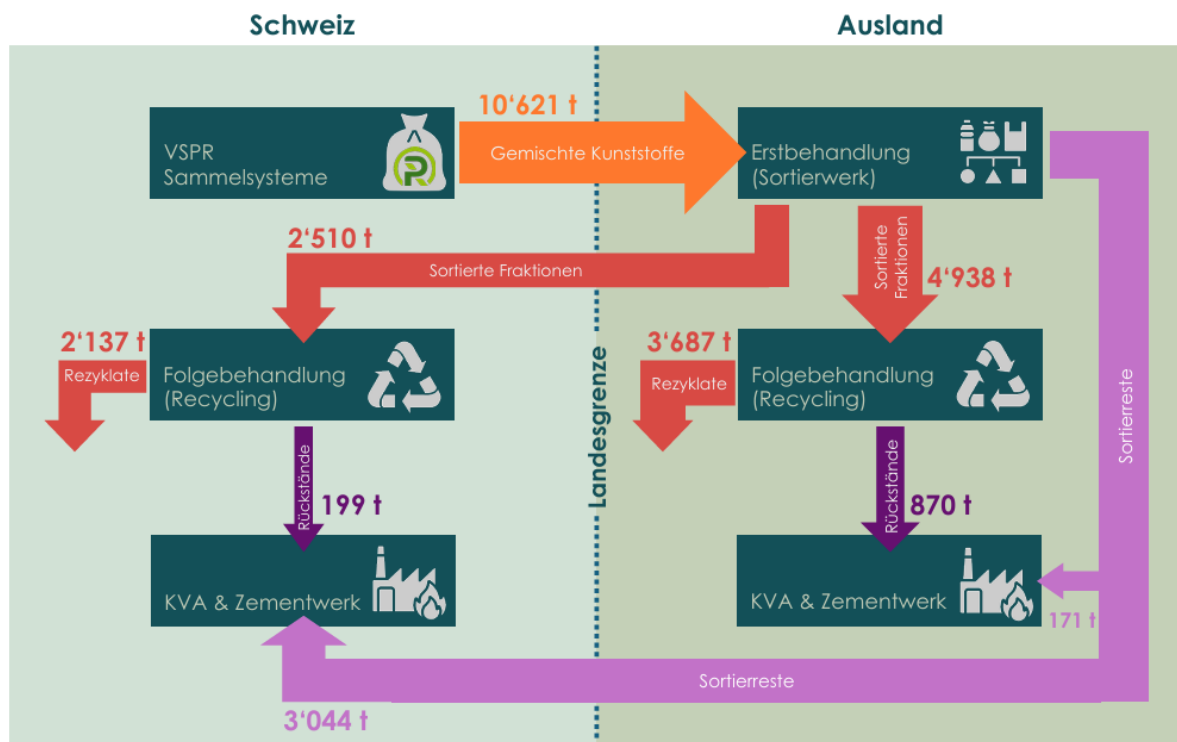


Abbildung 8; Kreislauf der Kunststoffe im Sammlsack

Von den 10.621 Tonnen gesammelten Kunststoffen im Jahr 2023 wird etwa ein Drittel bereits nach der Erstbehandlung aussortiert und letztlich in Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) verbrannt. Meist sogar in Schweizer KVA's. Oft sind diese Kunststoffe mit anderen Materialien verklebt oder so stark verschmutzt, dass sie vom NIR-Sensor (Nahinfrarotsensor) nicht korrekt identifiziert werden und daher als Abfall thermisch verwertet werden muss.

Ebenfalls zeigt die Grafik deutlich, dass die Schweiz derzeit über kein eigenes Sortierzentrum für gemischte Kunststoffe verfügt. Der Grund dafür lieferte mir der CEO von lottner AG, Jean Keller. Denn solche Anlagen rentieren meist erst ab einer Verarbeitungskapazität von über 100.000 Tonnen jährlich. Daher wird der gemischte Kunststoff, der beispielsweise über den von Lottner bereitgestellten Sammlsack für die Stadt Basel, den ich auch selbst nutze, gesammelt wird, ins grenznahe Deutschland transportiert, wo er sortiert und weiterverarbeitet wird. So sind einfach gesagt, die anfallenden Kunststoffabfälle tatsächlich auch heute noch, trotz der vorgestellten Problemstellung dieser Diplomarbeit, immer noch zu gering für die Schweiz.⁹

⁸ (VSPR-Bericht, 2023)

⁹ (Keller, 2024)

Die Firma InnoRecycling verfolgt jedoch bereits seit einigen Jahren Pläne zur Errichtung eines eigenen Sortierwerks in der Schweiz. Dieses soll mit einem Budget von 35 Millionen CHF eine jährliche Sortierkapazität von 20.000 Tonnen gemischtem Kunststoff bieten. Obwohl das Projekt bereits in Verzögerungen geraten ist, so scheint die Planungsphase nun abgeschlossen zu sein und der Startschuss steht kurz bevor. So teilte es Patrik Ettlín, Leiter im Bereich Marketing & Kommunikation, mir mit. Die Anlage könnte theoretisch alle gemischten Kunststoff-Sammelsäcke der Schweiz an einem Standort sortieren und idealerweise auch recyceln. Selbst dann wäre noch Kapazität vorhanden, um jährlich weitere 9.000 Tonnen Kunststoffe aus industriellen Abfällen aufzunehmen. In einer zweiten Phase ist sogar eine Erhöhung der Kapazität auf 50.000 Tonnen geplant.¹⁰

Eine solche Anlage entwickelt sich zu einem bedeutenden Schritt für die Schweiz hin zu einem effizienteren und nachhaltigeren Kunststoffkreislauf. Diese Etablierung würde nicht nur unnötige Transportwege kürzen und damit zusätzliche CO₂-Einsparungen ermöglichen, sondern auch sicherstellen, dass recycelte Kunststoffe vermehrt in der Schweiz verbleiben. Derzeit gehen viele Kunststoffe nach der Sortierung im Ausland verloren. Diese Anlage könnte dazu beitragen, das zu ändern. Ein weiterer Vorteil wäre, dass der Schweizer Kunststoffrecyclingmarkt im Allgemeinen gestärkt wird und der Sammelsack, einschliesslich seiner Wirtschaftlichkeit, weiter gefördert werden kann.¹¹



Abbildung 9; Einwurfsammelstelle und Sammelhalle von Inno Recycling

¹⁰ (Ettlín, 2024)

¹¹ Dieser Absatz wurde mit Unterstützung von ChatGPT erstellt.

4 PET ist ein Ausnahme-Kunststoff

Polyethylenterephthalat, kurz PET, ein Kunststoff aus der Polyestergruppe, wurde 1941 von John Rex Whinfield und J. T. Dickson entwickelt. Ursprünglich wurde es als kostengünstige Alternative zu japanischer Seide und Nylon für Textilfasern konzipiert. Erst 1978 fand PET als Verpackungsmaterial Einzug in die Getränkeindustrie, als Coca-Cola die erste PET-Flasche auf den Markt brachte. Diese Innovation, fand schnell grossen Anklang und ist bis heute weltweit im Einsatz.¹²

Unter den Kunststoffen nimmt PET eine besondere Stellung ein. Obwohl seine chemische Struktur nur geringfügig von Kunststoffen wie PE oder PP abweicht, hat PET eine spezielle Nische erobert: Es wird hauptsächlich für Getränkeflaschen verwendet. Das bemerkenswerte an PET ist sein rPET-Kreislauf, der eine echte Erfolgsstory ist. Kein anderer Kunststoff wird so erfolgreich recycelt und erneut in derselben Anwendung genutzt.



Abbildung 10; PET-Logo

4.1 rPet

PET wird überwiegend aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl oder Erdgas hergestellt, die nicht erneuerbar sind und immer knapper werden. Daher nimmt das Recycling von PET eine zunehmend wichtige Rolle ein, um den Verbrauch dieser endlichen Ressourcen zu senken und gleichzeitig die Umweltbelastung zu reduzieren. In der Schweiz funktioniert dieses Recycling bereits sehr erfolgreich: Über 80 % der PET-Flaschen werden recycelt, was jährlich etwa 1,3 Milliarden Flaschen entspricht.¹³

Das recycelte PET (rPET) wird nicht nur für die Produktion neuer PET-Flaschen verwendet, sondern auch für eine Vielzahl weiterer Produkte. So findet rPET beispielsweise in der Herstellung von Outdoorbekleidung Anwendung, da es strapazierfähig und wasserabweisend ist. In der Möbelindustrie wird es für die Füllung von Sofas und anderen Polstermöbeln genutzt. Etwa gerade mal 54% aller PET-Produkte weltweit sind Getränkeflaschen. In der Schweiz könnte jedoch der Anteil noch ein wenig höher sein. Doch PET-Produkte, welche nicht Getränkeflaschen sind, sind im Grund genommen kein Stück besser als sonstige Kunststoffe. Denn sie können grundsätzlich nur über den Kunststoff-Sammelsack gesammelt werden und dann wiederverwertet werden. Dieser hat jedoch eine deutlich kleinere Kosten-Nutzen-Effizienz. Mehr dazu unter Kapitel 5.7.

PET ist nur dann ein Problem, wenn man es als billigen Wegwerfartikel betrachtet und nicht als die wertvolle Ressource, die es ohne Zweifel ist.

– Dr. Barbara Bricoli, Innovation Manager, Liquid and Filling Technologies bei GEA¹⁴

¹² (Polyethylenterephthalat ist ein Thermoplast und zählt zu den Polyestern., o. J.)

¹³ (PET-Recycling Schweiz, o. J.)

¹⁴ (Dr. Barbara Bricoli - Innovation Manager)



Abbildung 11; Teppich sowie die Füllung bestehen schon heute teilweise aus rPET

Doch die Vorteile von rPET gegenüber neu hergestelltem PET sind gross: Durch die Verwendung von recyceltem PET können die Treibhausgasemissionen um fast 80 % gesenkt werden. Zudem benötigt die Wiederaufbereitung von rPET etwa 60 % weniger Energie im Vergleich zur Produktion von neuem PET. Der Recyclingkreislauf von PET kann bis zu wiederholt durchlaufen werden, ohne dass signifikante Qualitätseinbussen auftreten. Das bedeutet, dass rPET nahezu dieselben Eigenschaften wie neu hergestelltes PET besitzt. Moderne Technologien ermöglichen es, das Material bis zu zehnmals wiederzuverwerten und somit den Kreislaufgedanken optimal zu unterstützen.¹⁵

Die stetige Rückführung von PET in den Materialkreislauf senkt den Bedarf an neuem Kunststoff und trägt so zur Reduzierung fossiler Rohstoffe bei, was PET zu einer besonders zukunftsfähigen Lösung macht

¹⁵ (TOMRA, 2022)

4.2 Kreislauf von rPET

Die Herstellung von rPET beginnt mit der Sammlung von gebrauchten PET-Flaschen. Diese werden meist an den 70'000 Sammelstellen in der Schweiz gesammelt und dann in gepressten Ballen an einer der 40 Sortierzentren in der Schweiz geliefert. Dort werden Fehlwürfe aus metallischem Gegenstand mit einem Magneten über dem Förderband von dem Rest angezogen und aussortiert.



Abbildung 12; Maschine die PET zerkleinert

Sonstige Fehlwürfe wie zum Beispiel Getränke-Aludosen werden über einen Luftstrahl ausgeblasen. Die rein verbliebenen PET-Flaschen werden dann elektronisch über einen Sensor gescannt, welcher Material, Grösse und Farbe erkennt. Wieder mit einem Luftstrahl werden sie hier in ihre unterschiedlichen Arten sortiert. Vor allem die Farbe spielt hier eine wichtige Rolle. Maschinelle Sortierung von Operators korrigieren die missglückte Sortierung der Maschine. Die Reinheit der sortierten Flaschen muss einen Wert von über 99,9% betragen, damit sie den hohen Standards und Vorschriften des Bundesamts für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) gerecht werden. Dann werden sie meist zu schweren Ballen zusammengepresst und extern verschickt an ein Recyclingzentrum für PET, welches das eigentlich rPET herstellt.¹⁶ Diesen Prozess nennt man oft mechanisches Recycling.

Hier werden sie als erstes gereinigt und dann in einem Zerkleinerer in kleine Flocken verarbeitet. Im Schwimm-Sink-Verfahren werden PE-Materialien, die vom Deckel stammen, vom PET-Material getrennt. Während das PE-Material gesammelt und zum PE-Recycling weitergeleitet wird, durchläuft das PET-Material eine Behandlung mit Natronlauge. Die daraus entstandenen Flakes werden in einem Nassbecken dann noch heiss gewaschen und anschliessend wieder getrocknet. Zu guter Letzt werden Sie in einem 250°C warmen Ofen eingeschmolzen und zu Granulat verarbeitet. Das Granulat wird dann kristallisiert und nochmal ein letztes Mal von Unreinheiten befreit.¹⁷

¹⁶ (Arnold, o. J.)

¹⁷ (PET Recycling Schweiz (Youtube), 2019)

Das Ausgangsmaterial mit einem Reinheitsgrad von über 99,9 % ist nun bereit, um erneut zu einer PET-Flasche verarbeitet zu werden. Dazu wird das PET-Granulat aufgeschmolzen, bis es eine zähflüssige, formbare Masse bildet. Abhängig von Farbe und Grösse wird das Material zu verschiedenen PET-Rohlingen, sogenannten Preforms, geformt. Nach dem Abkühlen behält der Kunststoff seine vorgegebene Form. Dieses effiziente, vielfach wiederholbare



Verfahren ist der Standard in der Herstellung von PET-Rohlingen. Die so produzierten Rohlinge können platzsparend und umweltfreundlich zu den Getränkeabfüllern transportiert werden. Dort werden sie auf etwa 100°C erhitzt, um sie erneut formbar zu machen, und anschliessend mittels Druckluft in Aufblasformen in ihre endgültige Gestalt gebracht. Nach dem Abkühlen werden sie abgefüllt, etikettiert und für den Vertrieb vorbereitet.¹⁸

Abbildung 13; PET-Rohlinge

¹⁸ (Arnold, o. J.)

4.3 Festverschraubte Deckel

Ab Juli 2024 ist eine neue EU-Richtlinie in Kraft getreten, welche festlegt, dass Deckel auf PET-Flaschen fest verschraubt sein müssen, um so den Plastikmüll zu reduzieren. Dies verhindert, dass Plastikdeckel nicht fälschlicherweise in den Abfallmüll gelangen, sondern als Ganzes über den PET-Abfallsack zurückgelangen. Anscheinend kamen deutlich weniger Deckel als Flaschen in den PET-Sack zurück. Obwohl eigentlich das Ratio 1 zu 1 sein sollte. Obwohl diese Regelung offiziell nur in der EU gilt, haben Schweizer Unternehmen wie Migros und Nestlé beschlossen, sie ebenfalls einzuführen. Dies stösst bei Konsumenten auf gemischte Reaktionen: Einige sehen die fixierten Deckel als nützlich, während andere sie als störend empfinden. Für die Getränkeindustrie ist die Anpassung kostspielig, da sie ihre Abfüllanlagen umstellen muss. Viele Schweizer Unternehmen und Verkäufer importieren ihre Getränke aus dem Ausland und erhalten somit automatisch die neue Getränke-Version mit festhängendem Deckel. Schweizer Unternehmen wie Rivella oder Ramseier steigen auf die neuen Deckel nicht um. Sie sehen es als unnötig und sparen sich somit die Umstellungskosten. Trotzdem wird erwartet, dass auf lange Frist sich diese Deckel in der Schweiz durchsetzen werden.¹⁹²⁰



Abbildung 14; Festverschraubter DEckel bei PET

Anmerkung:

Schon seit geraumer Zeit sind mir die festverschraubten Deckel an bestimmten Verkaufsstellen aufgefallen. Erst durch die Recherche für die Diplomarbeit wurde ich dann auch auf den Grund aufmerksam. Ich verstehe jeden Gegner, welcher den festverschraubten Deckel als störend empfindet. Etwas unangenehm stufe auch ich den neuen Deckel ein. Ich denke aber auch, dass es eine reine Angewöhnungssache ist. Eine grosse Sache ist es sicherlich nicht. Meiner Einschätzung nach werden diese schon bald schweizweit eingeführt und niemand wird sich wegen so einer Kleinigkeit aufregen.

Jedoch ist es eine beträchtliche Investition, welche die Unternehmen auf sich nehmen müssen und wenn ich ganz ehrlich bin, habe ich das Gefühl, dass es keinen grossen Unterschied macht. Der Deckel gehört sowieso immer auf den Verschluss. Selbst wenn die Flasche leer ist, verschraube ich den Deckel wieder obendrauf und entsorge ihn nicht irgendwie separat oder noch schlimmer, werfe ihn in die Umwelt. Meiner Meinung nach hat die EU zwar keinen schlechten Schritt vorgenommen, hätte aber die Zeit und Energie in wichtigere Projekte stecken können. Sie hatten auch gerade so gut eine Vorschrift veranlassen können, dass nun auch der Deckel auf den PET-Flaschen aus PET bestehen muss. Denn dies würde den Zwischenschritt vom Separieren eliminieren und könnte somit Zeit und Geld einsparen. Doch diesen Schritt fand man wohl in der EU-Regierung als weniger sinnvoll.

¹⁹ (Keller, 2024)

²⁰ (20min)

4.4 Missbrauch von rPET

Die Verwendung von rPET zur Herstellung anderer Produkte, wie zum Beispiel einer Regenjacke, birgt ein grundlegendes Problem. Zwar wird in diesem Fall kein Erdöl zur Produktion des neuen Produkts benötigt, wodurch ein scheinbar ökologischer Vorteil entsteht. Doch gleichzeitig führt dies dazu, dass der PET-Industrie das rPET-Material fehlt, das für die Herstellung neuer PET-Flaschen verwendet werden könnte. Dieses Defizit muss durch die Produktion von PET aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl ausgeglichen werden, was den ökologischen Nutzen wiederum verringert. Ein echter Mehrwert ergibt sich dadurch nicht. Es ist meist eine Greenwashing-Strategie von Konzernen, wenn sie ihre Produkte aus rPET herstellen lassen.



Abbildung 15; Regenjacke aus 100% PET hergestellt

Das eigentliche Dilemma ergibt sich, wenn rPET-Kunststoffe nicht mehr für die Herstellung von PET-Flaschen eingesetzt werden, sondern in andere Produkte überführt werden, die nicht in den bestehenden Recyclingkreislauf zurückgeführt werden können. Ein Beispiel hierfür ist die erwähnte Regenjacke: Sobald diese das Ende ihrer Lebensdauer erreicht, kann sie nicht über eine PET-Sammelstelle entsorgt werden, da sie nicht mehr für die Herstellung von neuem rPET geeignet ist. Aus hygienischen Gründen oder dem Beimischen von sonstigen Materialien der Regenjacke führen zu einem Ausschluss für die Wiederverwertung des Materials. Stattdessen muss sie in einer KVA thermisch verwertet, was bedeutet, dass die Recyclingkette unterbrochen wird und das Material verloren geht.

Da es nie mehr rPET geben wird als die Menge, die für die Produktion von neuem PET nachgefragt wird, ist es äusserst ineffizient und kontraproduktiv, rPET für andere Produkte als PET-Flaschen zu verwenden. Diese Praxis führt zwangsläufig dazu, dass die Effizienz des PET-Recyclingkreislaufs abnimmt und letztlich mehr Erdöl für die Herstellung von neuem PET benötigt wird. Ein optimaler Umgang mit rPET erfordert daher, dass es ausschliesslich zur Herstellung von neuen PET-Produkten eingesetzt wird, um die Kreislaufwirtschaft aufrechtzuerhalten und die Ressourceneffizienz zu maximieren.²¹

Es gibt heute zahlreiche unwissende Unternehmen, die mit der Einführung von rPET-Produkten meinen, ein besonders nachhaltiges Produkt auf den Markt gebracht zu haben. Sie denken damit nachhaltiger zu sein und die Umwelt zu schützen. Doch solchen Unternehmen sollte man besser die Wahrheit aufzeigen.

²¹ (Brauchli, 2024)

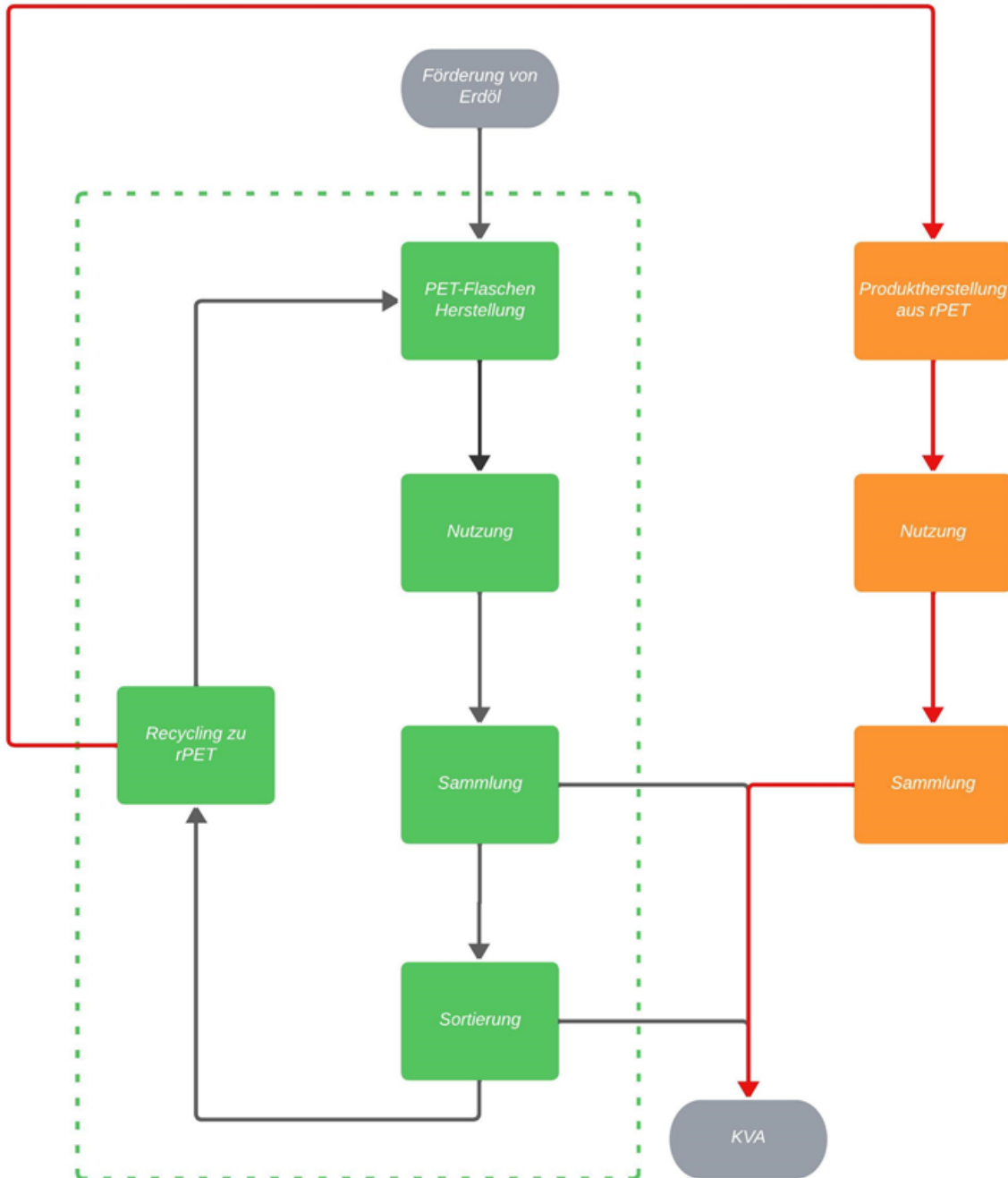


Abbildung 1; rPET-Kreislauf (erstellt in Lucidchart)

Anmerkung:

Die Grafik verdeutlicht, dass der Einsatz von rPET für andere Produkte als PET-Flaschen zwangsläufig dazu führt, dass das Material dem PET-Kreislaufsystem entzogen wird. Dadurch wird der Kreislauf unterbrochen, und das Produkt endet letztlich in der thermischen Verwertung. Daher vertrete ich die klare Auffassung, dass Regenjacken oder Vorhänge aus recyceltem PET keinen wirklichen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten.

5 Herausforderungen

Plastikrecycling ist ein unglaublich komplexes und facettenreiches Thema. Kunststoffe sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken – ihre Nutzung bringt sowohl Vorteile als auch erhebliche Nachteile mit sich. Insbesondere die Auswirkungen auf die Umwelt machen deutlich, dass der Umgang mit Plastik keineswegs unbedenklich ist. Dennoch haben wir diesen Weg der intensiven Plastiknutzung schon vor langer Zeit eingeschlagen. Heute stehen wir vor der Herausforderung, Wege zu finden, um nachhaltiger mit diesen Materialien umzugehen. Doch wie weit sind wir eigentlich? Welche Hindernisse gilt es zu überwinden, und welche Lösungen bieten sich an? Vor meiner Arbeit waren viele dieser Fragen noch ungeklärt. Deshalb habe ich die wichtigsten herausgearbeitet und nach Antworten gesucht. Die Ergebnisse dieser Recherchen sind in den folgenden Abschnitten dargestellt.

5.1 Ist eine klimaneutrale Plastiknutzung möglich?

Aus etwa 1,9 kg Rohöl kann rund 1 kg PET hergestellt werden. Die Moleküle von PET bestehen aus Sauerstoff (O), Wasserstoff (H) und Kohlenstoff (C). Bei der vollständigen Verbrennung dieses Materials entstehen hauptsächlich Wasser (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂). Insbesondere Kohlendioxid wird in den letzten Jahren heiss diskutiert. Den der Ausstoss von CO₂ führt mit seinem Treibhauseffekt massgeblich zur globalen Erwärmung bei. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe hat bereits dazu geführt, dass sich die Erdtemperatur um etwa 1,1 Grad Celsius im Vergleich zur vorindustriellen Zeit erhöht hat. Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, dem die Schweiz 2017 zugestimmt hat, muss die Freisetzung von Treibhausgasen wie CO₂ drastisch reduziert werden. Das Abkommen sieht vor, die Erderwärmung auf maximal 1,5°C zu begrenzen, um die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu verhindern. Daher ist es entscheidend, die Verbrennung von PET und anderen fossilen Materialien zu vermeiden und auf nachhaltige Alternativen zu setzen.

Bio-Kunststoffe finden bereits heute in begrenztem Umfang Anwendung. Dabei werden pflanzliche Rohstoffe wie Melasse – ein Nebenprodukt der Zuckerproduktion – genutzt. Ihr grosser Benefit liegt darin, dass sie sich über die Zeit von selbst abbauen können. Gelangen sie in die Umwelt, so werden sie von Mikroorganismen gefressen und lösen sich komplett in mehreren Monaten auf. Dies würde natürlich die Problemstellung mit dem Mikroplastik in der Umwelt komplett umgehen. Obwohl Bio-Kunststoffe aufgrund ihrer Nachhaltigkeit vielversprechend sind, bleibt ihr Einsatzbereich bisher eingeschränkt. In vielen Anwendungen sind sie nicht robust genug oder degradieren zu schnell. Dennoch bieten sie die Chance, zumindest einen Teil der herkömmlichen Kunststoffe zu ersetzen.

Für den Grossteil der Kunststoffproduktion wird jedoch auch in naher Zukunft weiterhin Erdöl die Hauptressource bleiben. Gerade deshalb ist es umso wichtiger, das Recycling voranzutreiben, auch wenn eine 100%ige Recyclingquote für alle Kunststoffe nie realisierbar sein wird. Parallel dazu müssen alternative Bio-Kunststoffe gefördert werden, um die Abhängigkeit von erdölbasierten Materialien zu verringern. Ohne diese Entwicklungen wird eine klimaneutrale Nutzung von Kunststoffen bis 2050 nicht erreichbar sein.²²

²² (mineralienrechner, o, J)



Abbildung 16; Biologisch abbaubarer Kunststoffsack

5.2 Wie viel CO₂ wird durch die Plastikrecycling eingespart?

Eine Studie der ETH zeigt, dass die Produktion von einem Kilogramm Kunststoff im Laufe seines Lebenszyklus etwa 4,9 Kilogramm CO₂-Äquivalente verursacht. Hochgerechnet auf die Schweizer Bevölkerung ergibt das einen Gesamtausstoss von rund 622 Kilogramm pro Kopf oder 5,4 Millionen Tonnen CO₂ jährlich. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) schätzt, dass ein Schweizer Bürger jährlich etwa 13 Tonnen CO₂ verursacht, was auf die gesamte Bevölkerung bezogen rund 113 Millionen Tonnen CO₂ entspricht. Daraus ergibt sich, dass der Einsatz von Kunststoffen etwa 4,8 % des jährlichen CO₂-Ausstosses der Schweiz ausmacht. Durch den Einsatz von recyceltem Kunststoff und die damit verbundene Energieeinsparung kann der CO₂-Ausstoss über den gesamten Lebenszyklus jedoch erheblich reduziert werden. Anstelle der 4,9 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilogramm Kunststoff sinkt der Wert durch Recycling auf 1,5 Kilogramm CO₂-Äquivalente. Dies bedeutet, dass durch das Recycling von Kunststoff rund zwei Drittel der Emissionen eingespart werden können. In der Schweiz werden derzeit etwa 80.000 Tonnen recycelter Kunststoff eingesetzt, was jedoch nur einen Bruchteil der jährlichen Kunststoffproduktion von 1 Million Tonnen ausmacht. Dadurch lassen sich jährlich rund 270.000 Tonnen CO₂ einsparen, was pro Person einer Reduktion von etwa 31 Kilogramm entspricht.

Diese Einsparung von 31 Kilogramm CO₂ pro Kopf mag im Vergleich zu den 13 Tonnen CO₂, die ein Schweizer durchschnittlich im Jahr verursacht, gering erscheinen. Dennoch entspricht diese Einsparung etwa der CO₂-Menge, die eingespart wird, wenn man 182 Kilometer weniger Auto fährt, basierend auf einem Fahrzeug mit einem Verbrauch von 7,4 Litern pro 100 Kilometer.²³

²³ (swiss recycle, 2024)

5.3 Wieso ist es so schwer auf den Kunststoff zu verzichten?

Kunststoffe sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, da sie in einer Vielzahl von Anwendungen unverzichtbar geworden sind. Während ihrer Gebrauchsdauer tragen sie erheblich zur ökologischen und gesundheitlichen Sicherheit bei. Ein besonders deutliches Beispiel ist ihre Rolle in der Verpackung von Lebensmitteln. Durch den Einsatz von Kunststoffen können Lebensmittel länger haltbar gemacht werden, was nicht nur die Frische bewahrt, sondern auch die Menge an Food Waste signifikant reduziert. Diese Verlängerung der Haltbarkeit ist ein wichtiger Beitrag zur Schonung von Ressourcen und zur Verringerung der Lebensmittelverschwendung, die sonst erhebliche ökologische und wirtschaftliche Folgen nach sich ziehen könnte.

Darüber hinaus bieten Kunststoffe entscheidende Vorteile in Bereichen wie Hygiene und Gesundheitsschutz. Verpackungen aus Kunststoff können beispielsweise dazu beitragen, Kontaminationen zu verhindern, indem sie Lebensmittel und andere empfindliche Produkte vor schädlichen Keimen und Bakterien schützen. Ein Verzicht auf Plastik in diesen Bereichen führt zwangsläufig zu einer erhöhten Verderblichkeit von Lebensmitteln, was eine grosse



Abbildung 17; Plastik Verpackung im Lebensmittelbereich

Ressourcenverschwendung darstellt. Das wäre äusserst kontraproduktiv. Dies ist ebenfalls in der Medizintechnik von grosser Bedeutung, wo Kunststoffe zur Herstellung steriler Verpackungen und Geräte verwendet werden, die den strengen Hygieneanforderungen entsprechen müssen.

Ein weiterer Aspekt, welcher viele Lebensmittel- oder Produkt-Hersteller zu der Verwendung von Plastikverpackungen führt, ist folgender; Plastik an sich ist extrem billig. Kaum ein Material ist so billig wie Kunststoff. Ein fertiges Produkt am Schluss noch mit dem einfach anwendbaren und flexiblen Plastik zu verpacken, nimmt kaum Einfluss auf die Produktionskosten. Zudem schützt man das Produkt vor Verdreckung während des Transports und gibt dem Kunde ein befriedigendes Gefühl, wenn man das frische Produkt auspacken kann. Zwar gibt es Alternativen wie Karton oder Papier, auf welche Grosskonzerne mehr und mehr setzen. Aber ob es das durchsichtige Plastik in der Verpackungsbranche jemals ersetzen wird, ist zu bezweifeln.²⁴²⁵

²⁴ (zurich, 2021)

²⁵ Dieser Absatz wurde mit Unterstützung von ChatGPT erstellt.

5.4 Wie gelangen Kunststoffe in die Umwelt?

Kunststoffe, die in die Umwelt gelangen, können über Jahre hinweg erheblichen Schaden anrichten. Obwohl die Schweiz über ein gut funktionierendes Entsorgungssystem verfügt, das durch eine effektive Siedlungsabfall- und Abwasserwirtschaft einen Grossteil der Kunststoffabfälle hauptsächlich thermisch verwertet, bleiben Herausforderungen bestehen. Dennoch können Probleme nicht vollständig vermieden werden.

Zum einen entstehen unbeabsichtigte Emissionen während der Nutzungsphase von Kunststoffen. Ein typisches Beispiel dafür ist der Abrieb von Reifen, der winzige Kunststoffpartikel in die Umwelt freisetzt. Diese kleinen Kunststoffpartikel setzen sich auf der Strasse nieder und werden bei dem nächsten Regenschauer über die Kanalisationsrohre in die Abwasserkläranlagen gespült. Ebenso tragen synthetische Textilien durch den Faserabrieb beim Waschen in der Waschmaschine zu dieser Problematik bei. Diese mikroskopisch kleinen Kunststoffpartikel, bekannt als Mikroplastik, sind äusserst langlebig und können bis zu Hunderten von Jahren in der Umwelt befinden, bis sie sich abgebaut haben. Doch selbst dann sind sie nicht verschwunden. Sie haben sich lediglich über dem Laufe der



Zeit so klein zersetzt, dass sie nicht mehr für das menschliche Auge sichtbar sind. Doch das Produkt ist immer noch in seiner ganzen Menge als Mikroplastik in der Umwelt vorhanden. Obwohl es nicht mal 1% des gesamten Kunststoffabfalls ausmacht, so gelangen trotzdem 5000 Tonnen Plastik jährlich in der Schweiz in die Umwelt.²⁶

Abbildung 18; Plastik zersetzt sich zu Mikroplastik

Zum anderen stellt die nicht korrekte Entsorgung von Kunststoffen eine erhebliche Umweltgefahr dar. Littering, also das achtlose Wegwerfen von Abfällen, ist ein weit verbreitetes Problem, das zur Verschmutzung von Städten, Landschaften und Gewässern beiträgt. Seit diesem Jahr gibt es nun ein schweizweit geregeltes Gesetz, welches das unachtsame Wegwerfen von Abfällen verbietet. Sünder, welche sich diesem widersetzen, drohen Bussen bis zu 300.- CHF.

Sie finden sich in Böden, in Gewässern und deren Sedimenten, in der Luft und sogar in Lebewesen, einschliesslich der Nahrungskette, was potenzielle gesundheitliche Risiken für Mensch und Tier mit sich bringt.

Die allgegenwärtige Präsenz von Kunststoffpartikeln in der Umwelt unterstreicht die dringende Notwendigkeit, die Kunststoffproduktion und -entsorgung in der Schweiz zu überdenken und nachhaltigere Lösungen zu finden.^{27,28}

²⁶ (SRF, 2019)

²⁷ (at-schweiz, 2024)

²⁸ (BAFU, o. J.)

5.5 Was steht dem Recycling in der Schweiz in dem Weg?

Das Recycling von Kunststoffabfällen muss bestimmte Voraussetzungen erfüllen, um sowohl ökologisch vorteilhaft als auch wirtschaftlich tragbar zu sein. Auch das Recycling erfordert den Einsatz von Ressourcen wie Energie, Wasser und Chemikalien und verursacht Kosten durch die Sammlung, den Transport und den Betrieb der Recyclinganlagen. Daher ist es wichtig, dass Recyclingmassnahmen effizient und gut organisiert sind, um einen positiven ökologischen und ökonomischen Effekt im Vergleich zur Entsorgung in Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) zu erzielen.

Zu den wesentlichen Voraussetzungen für ein ökologisch und ökonomisch sinnvolles Recycling zählen:

- **Reinheit und Homogenität des gesammelten Materials:** Je reiner und homogener das Sammelgut ist, desto leichter und effizienter lässt es sich recyceln.
- **Gut ausgebaute Sammelstellen und eine effiziente Logistik:** Eine flächendeckende Infrastruktur für die Sammlung und den Transport von Kunststoffabfällen ist notwendig, um Recycling wirtschaftlich zu gestalten.
- **Hohe Sammlung von Kunststoffabfällen:** Umso mehr Plastik gesammelt wird, desto mehr kann recycelt werden.
- **Sicherstellung der Finanzierung und Organisation des Recyclingprozesses:** Ohne klare Finanzierung und geregelte Organisation kann ein nachhaltiges Recycling nicht gewährleistet werden.
- **Transparenz in den Sammel-, Transport- und Verwertungssystemen:** Transparente Abläufe und Finanzierung sind entscheidend, um die Effizienz, anfallenden Mengen und den Erfolg von Recyclingmassnahmen sicherzustellen.²⁹³⁰

Auf der anderen Seite sind die Kehrichtverwertungsanlagen in der Schweiz hochmodern und sehr effizient. Sie tragen erheblich zu einem effektiven Abfallmanagement bei, da sie nahezu jede Art von Abfall sicher entsorgen können. Dank fortschrittlicher Filtersysteme werden der CO₂-Ausstoss und die Luftverschmutzung auf ein Minimum reduziert. Ein weiterer Vorteil der KVA ist die Energierückgewinnung, die einen kleinen Teil des Schweizer Strombedarfs decken kann. Zudem versorgen einige Anlagen nahegelegene Industrieunternehmen mit Fernwärme, was die Nutzung der freigesetzten Energie zusätzlich optimiert.

Plastik spielt in den KVA eine besondere Rolle, da es aufgrund seiner hohen Brennwertdichte ein äusserst geeignetes Material zur Verbrennung darstellt. Dies führt jedoch zu einem Konflikt: Die KVA sind auf Plastik in den Abfallmengen angewiesen, was dem Fortschritt des Kunststoffrecyclings in der Schweiz im Weg steht. Solange Plastik in grossen Mengen verbrannt wird, wird die Motivation, das Recycling voranzutreiben und den Kreislaufgedanken umzusetzen, gebremst.³¹

²⁹ (BAFU, o. J.)

³⁰ (Rehmann, 2024)

³¹ (Rehmann, 2024)

5.6 Werden durch gemischte Kunststoffsammlungen mehr Kunststoffe recycelt?



Abbildung 19; Kunststoffsammelsack von InnoRecycling

In der Schweiz bieten verschiedene private Anbieter gemischte Kunststoffsammlungen aus Privathaushalten und Kleingewerben an (z.B. lottner, entsorgBar, RecyclingParadies oder der Kunststoffsammelsack von Migros). Diese Sammlungen erfolgen fast ausschliesslich über einen Sammelsack. Für den Sammelsack bezahlt man eine kleine Gebühr, ungefähr 2,60CHF und dann kann man den Sammelsack mit fast allen Arten von anfallendem Plastik aus dem

eigenen Haushalt füllen und gefüllt wieder an Sammelstellen abgeben.

Allerdings kann bei diesen gemischten Kunststoffsammlungen in der Regel nur etwa die Hälfte der gesammelten Kunststoffe stofflich verwertet, also recycelt werden. Die tatsächliche Recyclingquote kann dabei stark schwanken.

Ein Hauptgrund für diese begrenzte Verwertbarkeit liegt in der grossen Vielfalt der gesammelten Kunststoffe. Unterschiedliche Kunststoffarten sowie eine Vielzahl von Zusatzstoffen machen die Wiederverwertung komplex. Nicht für alle Kunststoffe in der Sammlung existieren derzeit Verfahren, die eine stoffliche Verwertung ermöglichen. Oft ist das Recycling aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht lohnenswert oder es fehlt ein ausreichender Absatzmarkt für das daraus gewonnene Rezyklat.

Ein weiterer Faktor, der die Recyclingrate beeinflusst, ist das Vorhandensein von Fremdstoffen sowie die starke Verschmutzung der gesammelten Kunststoffe. Diese Verunreinigungen können entstehen durch natürliche Lebensmittelverschmutzung oder durch 2 zusammengeklebte Plastiktypen unterschiedlicher Herkunft. Sie verringern die Menge und Qualität des wiederverwertbaren Materials erheblich. Um die gesammelten Kunststoffe dennoch recyceln zu können, ist ein aufwendiger Aufbereitungsprozess notwendig, der einen hohen Einsatz von Energie, Wasser und Chemikalien erfordert. Dies stellt eine erhebliche Herausforderung für die Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit des Kunststoffrecyclings dar.^{32,33}

³² (BAFU, o. J.)

³³ (Rehmann, 2024)

5.7 Wie ökologisch und ökonomisch ist der Kunststoffsammelsack?

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und mehrere kantonale Umweltämter sowie private Organisationen verfasste die Carbotech AG gemeinsam mit der UMTEC den KURVE-Bericht. Der Bericht analysiert die Effizienz und den ökologischen Nutzen der Kunststoffsammelsysteme (ohne PET) mit denen der KVA-Verwertung in der Schweiz. Dabei sind sie auf folgende Ergebnisse gestossen:

In der Schweiz werden jährlich etwa 1 Million Tonnen Kunststoffe verwendet, von denen mehr als die Hälfte in langlebigen Produkten, wie im Bauwesen oder in Fahrzeugen, verwendet wird. Etwa ein Drittel dieser Kunststoffe, rund 302.000 Tonnen, entfällt auf Verpackungen in Haushalten. Viele dieser Kunststoffverpackungen sind stark verschmutzt oder bestehen aus Verbundmaterialien, die ein stoffliches Recycling erschweren. Solche können ebenfalls, stand heute, nicht recycelt werden. Somit ist die tatsächlich mögliche Recyclingquote bei schätzungsweise 20% von allen anfallenden Kunststoffabfällen.

Die Studie hat die beiden Entsorgungssysteme untersucht und eine Kostenaufstellung erstellt. Dabei kamen sie zu folgendem Entschluss. Die Nettokosten der Kunststoffsammelsysteme liegen durchschnittlich bei CHF 750 pro Tonne, während die Kosten für die Entsorgung in einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) bei rund CHF 250 pro Tonne liegen. Es entstehen somit Mehrkosten von rund CHF 500 pro Tonne Kunststoff für das Recycling. Zudem kommt die wissenschaftliche Studie zu dem Ergebnis, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis von separaten Kunststoffsammlungen in der Schweiz nur etwa ein Drittel so effizient ist wie das des PET-Recyclingsystems.

Die Studie zeigt, dass die Kunststoffsammlung weniger gut dasteht. Eine Entsorgung in dem Kunststoffsammelsack, anstelle ihn in einer KVA zu verbrennen, ist 3-mal teurer. Der potenzielle ökologische Nutzen einer Kunststoffsammlung pro Person und Jahr entspricht etwa der Einsparung einer Autofahrt von 30 Kilometern pro Person und Jahr. Dies ist nicht gerade viel. Soweit fahre ich, arbeitsbedingt, jeden Tag mit dem Auto. Der ökologische Nutzen der Kunststoffsammelsysteme ist im Vergleich zu den Kosten relativ gering. Im Vergleich zur Verbrennung in einer KVA bietet das System jedoch einen positiven Umweltnutzen.³⁴

Die Studie zeigt deutlich, dass der Kunststoffsammelsack sich heutzutage oder auch in naher Zukunft nicht selbst finanzieren kann. Wenn man aber trotzdem in der Schweiz den Kunststoffsammelsack mehr fördern möchte, so muss der Bund den Entsorgungs- und Recyclingzentren finanziell unter die Arme helfen. Denn von sich aus, wird ein Ausbauen nur träge voran gehen. Natürlich könnte man auch die Kosten einfach an den Privatkunden abgeben und den Sammelsack teurer machen. Doch wenn das separate Sammeln von Plastik deutlich teurer wird als die Entsorgung über eine KVA, so verstehe ich schlussendlich jede Person, die den Plastiksammelsack ablehnt.

³⁴ (Carbotech AG & UMTEC Rapperswil, 2017)

6 Lösungsansätze

6.1 Vorstellung der Varianten

Die Schweizer Kunststoffwirtschaft benötigt dringend Veränderungen, um zukünftig ein besseres Kunststoff-Management zu erzielen. Es soll sich dabei lediglich um die Kunststoffansammlung im Privathaushalt beziehen. Auf den nachfolgenden Seiten stelle ich drei realistische Varianten vor, durch welche diese Veränderungen herbeigeführt werden könnten. Diese Varianten sind hauptsächlich auf Regierungsebene umzusetzen und beinhalten auch persönlichen Ideen und Gedanken. Damit die Varianten nicht so schnell in Vergessenheit geraten, habe ich ihnen einen einprägsamen Titel verpasst.

Um zu evaluieren, welche davon die Geeignetste ist, habe ich sie einer Präferenzmatrix sowie anschliessend einer Nutzwertanalyse unterzogen. Die Kriterien dafür habe ich mit gutdurchdachten Ideen selbst ausgewählt. Um den Grad an Nachvollziehbarkeit zu erhöhen, habe ich meine Gedankengänge dazu dokumentiert.

Die favorisierte Variante habe ich anschliessen vertieft ausgearbeitet.

Als Referenz zu der Nutzwertanalyse wird auch unser bisheriges System als Variante aufgeführt. Anhand dessen ist zu erkennen, wie das bestehende System im Vergleich abschneiden würde, wenn keine grossen zukünftigen Veränderungen eintreten würden.

Status Quo

Die Variante des «aktuellen Zustands» oder auch «Status Quo» ist wie bereits aufgeführt keine ausgearbeitete Variante. Sie ist lediglich als Referenz für die anderen Varianten zu betrachten. Würde eine der Varianten eine schlechtere Punktzahl als der Status Quo erhalten, so würde das bedeuten, dass durch diese sogar eine Verschlechterung der aktuellen Situation eintreten würde.

Der hohe Lebensstandard der Schweiz spiegelt sich auch im Verbrauch von Verpackungsmaterialien und Kunststoffprodukten wider. Die Schweiz weist einen jährlichen Kunststoffverbrauch von etwa 1 Million Tonnen auf. Diese hohe Verbrauchszahl geht mit einigen Herausforderungen einher, die das Kunststoffabfallmanagement betreffen.

Trotz des hohen Umweltbewusstseins und des Engagements für Nachhaltigkeit in der Schweiz, wird der Grossteil des Kunststoffs nicht recycelt, sondern zur Energiegewinnung genutzt. Insgesamt werden derzeit nur rund 10 % der anfallenden Kunststoffabfälle recycelt. Der Rest wird in Müllverbrennungsanlagen entsorgt, was zwar zur Energieerzeugung beiträgt, jedoch das Prinzip der Kreislaufwirtschaft unterbricht und das Potenzial zur Wiederverwertung wertvoller Rohstoffe ungenutzt lässt. Im Bereich des Kunststoffrecyclings hat die Schweiz im Vergleich zu anderen Materialien wie Glas oder Aluminium folglich noch Nachholbedarf. Eine Ausnahme bildet PET, das mit einer Sammelquote von über 80 % erfolgreich wiederverwertet wird.

Kunststoffsammelsäcke werden zwar auch heutzutage schon von meist privaten Sammelstellen angeboten. Diese sind jedoch nicht weit verbreitet und auch ihre Recyclingrate von gerade mal der Hälfte aller angesammelten Kunststoffen ist ausbaufähig.

Die PET-Offensive

Da das PET-Recycling in der Schweiz bereits gut etabliert ist und effizient funktioniert, könnte eine Variante zur Verbesserung des Kunststoff-Recyclings darin bestehen, vermehrt auf PET als bevorzugtes Verpackungsmaterial zu setzen. Hier eine detaillierte Ausführung dieser Variante:

In der Schweiz liegt die Recyclingquote für PET-Flaschen bei über 80%, und die Infrastruktur für die Rücknahme, Sortierung und das Recycling von PET ist weit fortgeschritten. PET kann mehrfach recycelt werden, ohne dass seine Qualität wesentlich darunter leidet. Das bestehende Rücknahmesystem für PET-Flaschen könnte problemlos auf andere PET-basierte Verpackungen und Konsumgüter ausgeweitet werden. Konsumenten sind bereits daran gewöhnt, PET zu sammeln und zurückzubringen. Eine Ausweitung der PET-Palette wäre für die Bevölkerung keine komplizierte Angelegenheit oder drastische Umstellung. In den nächsten Jahren sollte der PET-Anteil kontinuierlich steigen. Jedes neue PET-Produkt soll deutlich als solches gekennzeichnet werden und in passende Entsorgungsstellen zurückgebracht werden.

Um diese Variante voranzutreiben, muss die Regierung jedoch Anreize setzen. Diese könnte man erzielen, indem man Subventionen oder steuerliche Vorteile für alle Verpackungshersteller einführt, die ihre Verpackungen von Kunststoffen wie Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) oder Polystyrol (PS) auf PET umstellen. Beispielprodukte, welche potenziell für eine solche Umstellung geeignet sind, wären Lebensmittelverpackungen, Reinigungsmittelbehälter oder Kosmetikverpackungen.

Da das Recycling von PET bereits gut funktioniert und lediglich das bereits etablierte Rücknahmesystem ausgeweitet werden müsste, könnte durch diese Variante ein sehr hoher Recycling-Anteil erreicht werden. Bis zu 90% des angesammelten Materials könnte man wieder in den rPET-Kreislauf zurückspeisen, was den Bedarf an Neuproduktion von Kunststoff deutlich reduzieren würde.

Um die Effizienz und die anfallenden Kosten dieser Variante möglichst hochzuhalten, funktioniert die Umsetzung nur mit reinem PET-Material. Mischkunststoffe trotz PET-Anteil oder verschmutzte PET-Materialien würde den Recyclingprozess komplizierter machen. Dies würde zu längeren Durchlaufzeiten und einer schlechteren Ausbeutung in den Recyclingzentren führen. Folglich müsste man viele zusätzliche Sortieranlagen errichten, die schlussendlich nicht mehr finanziell tragbar wären.

Zudem ist der Einsatzbereich von PET durchaus begrenzt. In manchen Fällen, z. B. für hitzebeständige Verpackungen oder dehnbare Produkte, ist eine PET-Umstellung unmöglich. An dieser Stelle müsste weiter geforscht werden, welche Produkte dafür geeignet sind und welche nicht. Eine Ausarbeitung dieser Variante müsste dies genauer untersuchen.

Alles muss in den Sack!

Bereits seit Jahren trifft man immer öfter auf Kunststoffsammelsäcke, bei denen alle möglichen Sorten von Kunststoff gesammelt werden. Das klingt herrlich unkompliziert und für Verbraucher gut umsetzbar. Hier eine detaillierte Ausführung dieser Variante:

Der teilweise noch unbekannte Kunststoffsammelsack soll seine Bekanntheit signifikant steigern. Mit der Einführung eines flächendeckenden Systems zur Sammlung aller Plastikabfälle, nicht nur von PET-Flaschen, sondern auch von Verpackungen, Tüten und allen anderen Kunststoffen, wird die Sammlung in der Schweiz massiv vorangetrieben. Da Plastik so allgegenwärtig ist und wir es fast überall verwenden, soll neben jedem öffentlichen Abfalleimer ein Kunststoff-«Eimer» errichtet werden. Für die Bevölkerung ist dies eine sehr einfache Umstellung.

Zusätzlich zur Einführung von Plastik-Sammelbehältern in jedem Haushalt, kann die Sammelquote somit fast verdoppelt werden. Ähnlich wie es bereits bei Papier, Grüngut oder dem Hausmüll der Fall ist, soll der Entsorgungswagen dann einmal oder zweimal im Monat vorbeikommen und die Kunststoffsäcke einsammeln.

Da der angesammelte Kunststoffanteil um ein Vielfaches gestiegen ist, wäre es auch endlich wirtschaftlich, in der Schweiz eine eigene Sortieranlage zu bauen. Modernste Technologie soll die bisherige Recyclingrate von dem Kunststoffsammelsack von 50% auf bis zu 70% steigen können. Ob dies so tatsächlich möglich ist, kann zu dem Zeitpunkt nicht gesagt werden. Dafür müsste eine Ausarbeitung der Variante erfolgen.

Unklar ist jedoch, ob sich diese Variante rentieren würde. Die Variante könnte ökonomisch gesehen, keinen grossen Schritt machen. Denn es ist schwierig, die verschiedenen Sorten von Kunststoff nach dem Sammeln wieder voneinander zu trennen. Wenn es finanziell nicht selbst tragbar wäre, so müsste man nach eine ausgeklügelten Finanzierungsmethode entwickeln oder bei Sponsoren anfragen.

Der bestehende rPET-Kreislauf funktioniert sehr gut. Ich denke eine Separierung wäre unnötig und für die Bevölkerung mühsam. Deswegen müsste man auch PET in dem Kunststoffsammelsack seinen Platz finden. Doch das ist ein Schritt rückwärts. Denn aufgrund der Verunreinigung und Fehlerquoten der Sortieranlagen mit anderen Kunststoffen, wird eine prozentuale Verschlechterung der rPET-Anteil in den Recyclinganlagen prognostiziert.



Abbildung 20; Das Sammeln von Plastik soll im Grossstil funktionieren

Pfandflaschen und Co.

Die Idee eines Pfandsystems für Plastikverpackungen ähnelt dem bereits etablierten System, das in vielen europäischen Ländern für PET-Flaschen, Aludosen und Glasflaschen existiert. Ein solches System wurde beispielsweise in skandinavischen Ländern sowie in Deutschland erfolgreich umgesetzt. Dort werden beeindruckende Rücklaufquoten von bis zu 98 % für PET-Flaschen erreicht. Diese Zahlen liegen deutlich über den Werten der Schweiz. Die geplante Erweiterung des Pfandsystems soll jedoch alle recycelbaren Kunststoffe umfassen und nicht nur auf Flaschen beschränkt bleiben. Nachfolgend eine detaillierte Beschreibung dieser erweiterten Variante:³⁵

Auf alle Produkte, welche zu einem grossen Teil aus einheitlichen Kunststoffen bestehen und recycelbar sind, wird eine Pfand erhoben. Auf den ursprünglichen Kaufpreis wird dann eine Pfandgebühr von ungefähr 20-40 Rappen pro Kunststoffprodukt addiert. Die leeren Plastikverpackungen können nach dem Gebrauch an speziellen Rücknahmestellen, in Supermärkten oder anderen Geschäften, die das Produkt verkaufen, abgegeben werden. Auch öffentliche Pfandautomaten sollen an oft besuchten Orten wie Bahnhöfen oder Freizeitparks errichtet werden, damit die Rückgabe möglichst einfach und reibungslos erfolgen kann. Dies schafft einen Anreiz zur Rückgabe der Verpackungen und verhindert, dass sie im normalen Abfall landen.

Flaschen aus PET oder anderen Kunststoffen, die für die Aufbewahrung von Wasser, Milch, Saft oder anderen Getränken verwendet werden, können dem Pfandsystem zugehören. Auch Kunststoffverpackungen, die in der Lebensmittelindustrie für das Verpacken von Fleisch, Joghurt, Fertiggerichte oder Ähnlichem genutzt werden, sowie diverse Haushaltsprodukte wie Shampoo-Flaschen oder Kunststoffkinderspielzeuge sollen in das Pfandsystem integriert werden. Alles, was eben rezykliert werden kann.

PET-Flaschen, die zwar in der Schweiz bereits einen hohen Recycling -Anteil (80%) besitzen, könnten ebenfalls in dieses System integriert werden. Durch das Pfandsystem könnte der Anteil an rPET sogar weit über 90% betragen.

Ob es besser ist, alle Kunststoffe gemeinsam zu sammeln oder getrennte Sammelstellen für die verschiedenen Kunststoffarten einzurichten, lässt sich derzeit noch nicht eindeutig beantworten. Eine detaillierte Ausarbeitung dieser Variante müsste diese Frage genauer untersuchen.

Ein Pfand auf Plastik zu erheben, würde sicherlich der Anteil an Plastiksammlung deutlich erhöhen. Doch ob die Variante bei der Schweizer Bevölkerung auf Zustimmung stossen würde, ist schwer abzuschätzen. Die Bevölkerung würde zu einem gewissen Masse gezwungen werden. Denn es bestünde nun ein finanzieller Nachteil für alle Personen, die ihre Kunststoffe nicht ordnungsgemäss entsorgen. Obwohl der Gedanke meiner Meinung nach sehr gut klingt, so glaube ich eher wenig, dass es in Zukunft noch zu einer solchen Umstellung kommen wird.

³⁵ (René, 2020)

6.2.2 Nutzwertanalyse

	Gewichtung	Status Quo		Die PET-Offensive		Alles muss in den Sack!		Pfandflaschen & Co	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Applikation/Anwendungsfreundlich	13%	9	1.13	7	0.88	9	1.13	3	0.38
Gehstehungskosten	25%	7	1.75	7	1.75	3	0.75	8	2.00
Energieverbrauch	6%	5	0.31	7	0.44	6	0.38	7	0.44
Zukunftsaussicht	19%	1	0.19	8	1.50	7	1.31	4	0.75
Sammlung an Kunststoffen	13%	4	0.50	4	0.50	9	1.13	8	1.00
Recyceltes Material	25%	2	0.50	7	1.75	4	1.00	5	1.25
0									
0									
0									
Summe			4.38		6.81		5.69		5.81

6.2.3 Schlussfolgerung Präferenzmatrix

Die Präferenzmatrix verdeutlicht, dass – wie in vielen anderen Bereichen – finanzielle Aspekte eine entscheidende Rolle spielen. Kein Konzept zur Verbesserung des Plastikrecyclings wird sich durchsetzen, wenn es nicht auf irgendeine Weise rentabel ist. Die hohen Gestehungskosten für den Bau von Recyclingstationen sind dabei ein zentraler Faktor. Ohne einen durchdachten Finanzierungsplan kann selbst die vielversprechendste Variante scheitern.

Ebenso wichtig ist, dass das System eine signifikante Menge an Kunststoffen tatsächlich recyceln kann. Hierbei steht nicht die gesammelte Kunststoffmenge im Vordergrund, sondern die Qualität und der Umfang des daraus gewonnenen Rezyklats. Nur ein System, das den Fokus auf hochwertige Rezyklate legt, hat langfristig Aussicht auf Erfolg.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die Benutzerfreundlichkeit für die Kunden. Wenn das Recycling-System nicht praktikabel und einfach umzusetzen ist, wird es auch in Zukunft nur schwer von den Kunden akzeptiert werden. Allerdings kann sich die Akzeptanz eines Systems im Laufe der Zeit verbessern, wenn die Vorteile deutlich werden – oft ist dies eine Frage der Gewöhnung.

Weniger wichtig in der Gewichtung der Kriterien ist der Energieverbrauch der jeweiligen Variante. Zwar spielt der Energiebedarf eine Rolle, doch im Vergleich zu den anderen Faktoren wird er eine geringere Bedeutung bei der Auswahl der besten Recyclinglösung haben.

6.2.4 Schlussfolgerung Nutzwertanalyse

Die Auswertung zeigt, dass alle drei Varianten sowohl Vor- als auch Nachteile aufweisen. Keine der Optionen ist deutlich besser oder schlechter als die andere. Es ist erkennbar, dass alle Varianten ungefähr gleich viele Punkte erzielt haben und das bestehende System signifikant verbessern können. Allerdings konnte keine der drei Varianten mehr als 7 von 10 Punkten erreichen, was zeigt, dass keine eine vollständige Lösung darstellt. Dennoch wirkt die Variante "PET-Offensive" am vielversprechendsten.

Die Variante «Alles muss in den Sack!» punktet besonders im Bereich der Anwenderfreundlichkeit, da sie es ermöglicht, jede Art von Plastik schnell und unkompliziert in einem Sammelsack zu entsorgen. Dies trägt dazu bei, eine grosse Menge unterschiedlicher Kunststoffe zu sammeln. Folglich ist die Recyclingrate dieser Variante nicht besonders vielversprechend, was die hohen Investitionskosten infrage stellt.

Das Pfandflaschensystem wäre eine ausgezeichnete Idee gewesen, um das Kunststoffrecycling zu fördern. Doch leider kommt dieser Ansatz zu spät. Diese Massnahme hätte nach meiner Einschätzung vor der Jahrhundertwende eingeführt werden müssen, um realistisch umsetzbar zu sein. Heutzutage ist das bestehende System zu stark etabliert, und die Bevölkerung würde eine solche Umstellung auf ein Pfandsystem wahrscheinlich nicht unterstützen.

Als Favorit geht die Variante «PET-Offensive» hervor. Sie ist anwenderfreundlich, ökonomisch und ökologisch vorteilhaft. Im Vergleich zu den anderen Varianten macht sie jedoch nur den kleinsten Schritt vorwärts. Sie lässt sich leicht in das bestehende System integrieren, ist jedoch in Bezug auf die Kunststoffe, die tatsächlich umgestellt werden können, limitiert. Welche Herausforderungen hierbei zu erwarten sind und wie eine Implementierung dennoch möglich ist, wird im nächsten und letzten Abschnitt behandelt.

7 Ausarbeitung

Seit der Einführung im Sommer 2023 stellt die Schweizer Milchindustrie ihre Flaschenproduktion schrittweise von Polyethylen (PE) auf PET um. Diese Umstellung schreitet zügig voran, und bereits jetzt sind im COOP viele Produkte wie Emmi Energy Drinks, Ovomaltine und Comello-Getränke sowie zahlreiche Standard-Milchgetränke in PET-Flaschen erhältlich. Dieser Wandel markiert einen wichtigen Schritt, den ich mir auch in anderen Bereichen erwünsche. Früher mussten diese Flaschen entweder in speziellen Sammelstellen für Plastikflaschen oder Tetra-Paks entsorgt werden. Neu ist jedoch, dass alle PET-Milchflaschen, die das blau-gelbe Logo von PET-Recycling Schweiz tragen, in der herkömmlichen PET-Sammlung entsorgt und in einem geschlossenen Kreislaufsystem recycelt werden können.



Abbildung 21; Milchprodukte die bereits auf PET umgestellt haben

Damit das Recycling von PET-Milchflaschen reibungslos funktioniert, sind jedoch bestimmte Bedingungen zu erfüllen. Zum einen müssen die Flaschen den aktuellen Richtlinien für ein recyclingfreundliches Design („Design for Recycling“) entsprechen. Zum anderen wird die Sammlung und Wiederverwertung über eine im Verkaufspreis enthaltene Recyclinggebühr finanziert. Diese Gebühr beläuft sich auf mindestens 2 Rappen pro Flasche und sorgt dafür, dass die gebrauchten PET-Flaschen zurück in den Produktionszyklus gelangen.³⁶

Da sowohl die Sortierung als auch das Recycling der PET-Flaschen vollständig innerhalb der Schweiz durchgeführt wird, können die Transportwege im Vergleich zur bisherigen PE-Sammlung verkürzt werden, was umweltfreundlicher ist. Die Ausweitung des PET-Recyclingsystems hilft ausserdem dabei, den Verbrauch von Ressourcen durch Verbrennung zu reduzieren. Zusätzlich werden Kosten eingespart, die sonst für den Import von Kunststoffbehältern anfallen würden. Dies könnte langfristig sogar zu einer kleinen Stärkung der Schweizer Wirtschaft beitragen.³⁷

³⁶ (swiss recycle, 2024)

³⁷ (PET-Recycling Schweiz, o. J.)

Doch diese Umstellung ist leichter gesagt als getan. Von Anfang an war mir bewusst, dass es Hindernisse geben würde, doch die genauen Gründe blieben mir zunächst unklar. Selbst nach intensiver Recherche im Internet konnte ich keine fundierten Quellen finden, die schlüssig erklären, warum eine breitere Umstellung auf PET noch nicht flächendeckend umgesetzt wurde. Dies schien mir unerklärlich, weshalb ich mich entschloss, externe Experten zu konsultieren, die tagtäglich mit Kunststoffen arbeiten.

In diesem Zusammenhang konnte ich ein Interview mit der InnoRecycling führen. Mein Gesprächspartner war Patrik Ettlin, der Leiter des Bereichs Marketing & Kommunikation. Er verfügt über umfangreiche Fachkenntnisse im Vertrieb von recyceltem Plastik und konnte mir wertvolle Einblicke geben. Die Antworten habe ich im Anschluss leicht angepasst, um sie verständlicher zu machen.



Abbildung 22; Interviewpartner
Patrik Ettlin

Interview

[Dominik] Die Milchindustrie dient für eine PET-Umstellung als Vorzeigebispiel. Sie stellte letztes Jahr schrittweise von den herkömmlichen PE-Getränkeflaschen auf PET um. In MIGROS und COOP-Geschäften lässt sich dies einfach prüfen, indem man schaut, ob es, dass PET-Logo besitzt. Die Umstellung begrüsse ich. Doch wieso an dem Punkt stoppen. Mir ist bewusst, dass Verschmutzung und das Beimischen von anderen Kunststoffen zu einer Verschlechterung der recycling-Standards führen. Denn das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit (BLV) hat sehr hohe Sicherheitsanforderungen und gibt eine 99,9% Reinheit von rPET vor.

[Patrik Ettlin] Ihre Überlegung ist grundsätzlich richtig. Es wäre einfacher, wenn man viele weitere Verpackungen auf PET umstellen würde. In der Praxis ist dies noch ein weiter Weg, denn in unseren Gesprächen mit den Grossverteilern und Verpackungsherstellern werden immer und immer wieder verschiedenste Gründe ins Feld geführt, weshalb dies nur schwierig umsetzbar ist.

Einerseits ist es nicht so einfach umsetzbar, da die PET-Getränkeflaschen eine vorgezogene Recyclinggebühr haben. Alle umgestellten Produkte müssten diese ebenfalls einführen.

Der andere Punkt ist die Sammlung von Haushalkunststoffen, die nicht ganz so einfach ist wie von ihnen angedacht. Es ist nur schon mächtig schwierig, die Leute dazu zu bringen, die Milchflaschen aus PET in die PET-Getränkeflaschen-Sammlung zu geben. Wir haben seit Jahrzehnten gelernt, welches die PET-Getränkeflaschen sind und dass diese zurückgebraucht werden. Das ist immer noch im Kopfe der Bevölkerung die Milchflaschen ein Fremdkörper im PET-Sammelstrom. Die Beschriftung mit einem PET-Logo reicht dafür noch nicht aus. Wenn dann noch Fleischverpackungen und Käseverpackungen dazu kommen, dann wird die Unruhe zu gross.

[Dominik] Doch können nicht noch weitere Produkte umgestellt werden? Z.B. Shampooflaschen, einfache Verpackungstüten wie bei einem Käse oder zum Beispiel auch Kunststoff-Vorhänge... usw. All diese Produkte können schon heute zu 100% aus PET hergestellt werden. Doch bislang gibt es noch kein geschlossenen PET-Kreislauf die auch solche Produkte beinhaltet. Es ist ausschliesslich für Getränkeflaschen gedacht. Doch wieso? Wo liegen die Schwierigkeiten?

[Patrik Ettlín] Wie schon bereits erwähnt, gibt es schon noch die einen oder anderen Unterschiede. Bei der Finanzierung zum Beispiel wird bei den PET-Getränkeflaschen eine vorgezogene Recyclinggebühr erhoben. Das merkt kaum jemand beim Einkaufen, aber die Sammlung und das Recycling der Flaschen sind mit dem Verkauf damit bereits bezahlt. Weiter ist das Recycling von reinen PET-Getränkeflaschen natürlich viel einfacher. Sie unterscheiden sich nur von wenigen Farben und Formen. Das Material ist einfach zu sortieren und darf als (vorläufig) einziger Recyclingkunststoff wieder in den Lebensmittelkreislauf. Da ist der Anreiz zu sammeln und zu recyceln allseitig viel grösser und die Geschichte des geschlossenen Kreislaufs ist ebenfalls viel besser und einfacher zu erzählen.

[Dominik] Könnte man zukünftige PET-Shampoo-flaschen nicht einfach sauber waschen? Verpackungstüten, welche nicht kontaminiert sind, wie z.B. Käse- oder Gemüseverpackung sollten nicht stärker verschmutzt sein als herkömmliche PET-Getränkeflaschen. Oder woran liegt es sonst?

[Patrik Ettlín] Es liegt am Sammel-Aufwand, am Recycling-Aufwand und auch daran, dass die Grossverteiler und die Verpackungsindustrie so eingerichtet ist, dass auf allen «Kunststoff-Hochzeiten» getanzt werden kann. Die Schmerzgrenze, viel zu ändern und anzupassen, ist bei weitem noch nicht erreicht. Es gibt in der Schweiz kaum Vorschriften für Kunststoffe. Weder für die Herstellung von Verpackungen noch für die Verwendung von recyceltem Kunststoff. Im Gegenteil: täglich entstehen neue und noch raffiniertere Verpackungen aus Mischkunststoff. An sich Top-Produkte, doch für das Recycling geht das leider in die falsche Richtung. So ist es für Unternehmen einfacher, mit Geldern das Recycling zu unterstützen und so zu tun, als ob sie damit einen nachhaltigen Schritt machen, als an der Vermeidung und Verminderung von Kunststoffen zu arbeiten. Nur selten gibt es Grosskonzerne, die probieren Verpackungen aus Monomaterial herzustellen.

[Dominik] PET-Vorhänge sind bereits heute möglich zum Kaufen. Doch ohne ein geeignetes Rücknahmesystem in ein geschlossenen PET-Kreislauf ist die Nutzung von solchen Vorhängen nicht signifikant sinnvoller als auf herkömmliche Polyester Vorhänge zu setzten. Was müsste sich dafür ändern in Zukunft, dass dies doch noch möglich ist?

[Patrik Ettlín] Es kommt nicht darauf an, ob es sich um PET-Vorhänge oder tolle Produkte aus PE oder PP handelt. Da ist heute mit dem Recyclingmaterial bereits so Einiges möglich. Solange es aber keine greifenden Vorschriften gibt und solange keine wirklichen Anreize für das Sammeln von Kunststoffen bestehen, wird dieser Weg steinig bleiben. Was wir feststellen mussten in der Vergangenheit ist Folgendes; So lange das Kunststoff-Neumaterial wegen des tiefen Erdölpreises so günstig ist, benützen die Hersteller im

Zweifelsfall das Neumaterial. In der Corona-Zeit, wo der Import von Erdöl und Neumaterial schwierig war, hatten wir Lieferengpässe, weil alle unser Recycling-Material zu guten Preisen wollten. Alle schrieben sich auf die Fahne. «Welch gutes Material, das ist und dass man nun auf nachhaltige Recyclingprodukte setzen möchte,» So die schönen Wörter der Verpackungshersteller. Als dann aber Corona vorbei war und der Erdölpreis wieder sank, war es vorbei mit den Bekenntnissen. Auf einmal entschied man sich bei gleichen Preisen (Neumaterial zu Recyclingmaterial) auf das Importmaterial aus China. Es geht bei der ganzen Geschichte also nicht nur um Sinn oder Unsinn von Recycling oder dem Material PET, PE oder PP. Es spielen ganz viele politische und wirtschaftliche Komponenten mit hinein. Der Weltmarkt mischt hier kräftig mit. Und wir sind da bei der InnoRecycling/InnoPlastics und sogar auch die ganze Schweiz nur ein kleines Puzzleteil.³⁸

7.1 Besichtigung bei der InnoRecycling

Zusätzlich zum Interview hatte ich die Möglichkeit, mit Herrn Ettlín bei der InnoRecycling einen Rundgang durch den laufenden Betrieb in Eschlikon zu machen. Die InnoRecycling ist nahezu einzigartig in der Schweiz, da sie gebrauchte Polyethylen- und Polypropylen-Produkte zu Granulat recycelt. Meist stammen diese Abfallprodukte aus der Industrie und sind bereits von anderen Verschmutzungen separiert. Besonders fiel mir in der Recyclinghalle auf, die geruchsintensive und laute Arbeitsumgebung, die ich als eher unhygienisch empfand. Schnell wurde mir klar, dass dieser Betrieb keine Trinkflaschen für die Lebensmittelindustrie herstellen könnten. Die Anforderungen an rPET sind somit deutlich höher als beim herkömmlichen Recycling.

In dieser kurzen, aber sehr aufschlussreichen Besichtigung konnte ich ein informatives Gespräch mit Herrn Ettlín führen. Er erläuterte mir, dass ein Grossteil des wiedergewonnenen Granulats für die Produktion schwarzer Kabelschutzrohre genutzt wird, die oft im Erdreich verlegt werden. Auch Reinigungsmittelflaschen werden häufig aus dem grauen oder schwarzen Granulat gefertigt. Eine Erkenntnis überraschte mich jedoch besonders.

Bisher ging ich davon aus, dass recyceltes Material für Produzenten eine Art Premiummaterial ist, da die Nutzung von Recyclingkunststoffen ein klares Zeichen für Umweltbewusstsein setzt. Schliesslich werben manche Unternehmen prominent mit dem Einsatz von recycelten Materialien. Doch laut Herrn Ettlín sieht die Realität anders aus: Wenn InnoRecycling versucht, ihr recyceltes Material zum gleichen Preis wie Neuware anzubieten, bevorzugen die Produzenten* meist den neu hergestellten Kunststoff. Die Gründe dafür sind vielschichtig: Produzenten* befürchten, dass recyceltes Material minderer Qualität ist oder dass die Farbe nicht genau übereinstimmt, was den Konsumenten möglicherweise abschrecken könnte. Hinzu kommt, dass viele Verpackungshersteller die Notwendigkeit einer nachhaltigeren Umstellung als gering einstufen. Dass Neuplastik einen deutlich höheren CO₂-Abdruck besitzt, ist dabei nicht der Rede wert. Themen wie Kosteneffizienz, Markenauftritt und bestehende Netzwerke geniessen deutlich höhere Priorität als Nachhaltigkeit. Deshalb ist InnoRecycling

³⁸ (Ettlín, 2024)

*Produzenten, steht in diesem Abschnitt als Synonym für die Namen, die er mir persönlich nannte. Da ich aber kein schlechtes Licht auf die Unternehmen werfen möchte, erwähne ich sie nicht.

gezwungen, das recycelte Granulat unter dem Preis für neu gewonnenen Kunststoff anzubieten, um den Absatz sicherzustellen.*

Damit hatte ich nicht gerechnet. Ich hatte erwartet, dass gerade Grosskonzerne, mit ihren Geldern, mehr Verantwortung übernehmen und freiwillig auf nachhaltigere Optionen umsteigen würden. Doch bei meinem Besuch bei der Lottner AG erhielt ich dieselbe Rückmeldung: Die Produzenten setzen in der Regel auf das günstigste Material, unabhängig davon, ob es aus recyceltem Kunststoff besteht oder nicht. Die Entscheidungskriterien drehen sich vorrangig um Kosten und Effizienz, während nachhaltige Lösungen nur dann in Betracht gezogen werden, wenn sie preislich mithalten können.³⁹⁴⁰



Abbildung 23; Sortenreines Plastikabfall aus der Industrie (selbst geschossen bei lottner)

³⁹ (Ettlin, 2024)

⁴⁰ (Keller, 2024)

7.2 PET Recycling Schweiz

Als letzte Anlaufstelle wandte ich mich an die Non-Profit-Organisation PET-Recycling Schweiz, die alle wichtigen Schritte im PET-Kreislaufsystem koordiniert und dokumentiert. Mein Ziel war es, konkrete Informationen darüber zu erhalten, wie eine „PET-Offensive“ aussehen könnte. Doch schon im Gespräch wurde mir klar, dass eine Umstellung komplexer ist, als ich angenommen hatte. Ein entscheidender Grund dafür ist das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), welches strenge Vorschriften erlässt und ausschliesslich das Recycling von Getränkeflaschen im PET-Kreislauf erlaubt. Andere Materialien dürfen nicht in diesen Kreislauf einfließen, da dies zu Verunreinigungen führen könnte, die die strikte Anforderung von 99,9 % Reinheit gefährden. Eine Senkung des Hygienestandards oder irgendwelche Umänderungen der Vorschriften kommt dabei ebenfalls nicht infrage.

Dennoch konnte die Milchindustrie eine Ausnahme machen. Bei der Milchindustrie bot sich diese Umstellung an, da sehr viele Milchprodukte vorhanden sind. Zumal landen fast alle Tetra Pak-Verpackungen im brennbaren Abfall und man suchte nach alternativen Möglichkeiten. Aber bei vielen anderen Verpackungen, wie beispielsweise Ketchup- oder Salatsaucenflaschen, bleibt dies untersagt. Diese Umstellung wäre zwar technisch möglich, doch angesichts der geringen Mengen solcher Produkte und der potenziellen Verwirrung, die dies in der Bevölkerung verursachen würde, ist es sinnvoller, das bestehende System unverändert beizubehalten.

Selbst die Integration von Milchflaschen in den PET-Kreislauf brachte erhebliche Herausforderungen mit sich. Während herkömmliche PET-Flaschen standardmässig durchsichtig sind, ist dies für Milchprodukte ungeeignet, da die Transparenz keinen Schutz vor Sonnenstrahlen bietet und die Milch dadurch schneller verderben oder sich verfärben könnte. Um diesem Problem entgegenzuwirken, entschied man sich für eine weisse PET-Flasche, die besseren Lichtschutz bietet. Allerdings stellt diese Umstellung zusätzliche Anforderungen an das Recycling. Weisse PET-Flaschen dürfen nicht mit den herkömmlich durchsichtigen Flaschen gemischt werden, da dies eine ungleichmässige Farbzusammensetzung erzeugt, die weder weiss noch klar ist und daher das Recyclingmaterial unbrauchbar macht. Um dies zu verhindern, musste ein zusätzlicher Schritt im Kreislauf eingeführt werden: die getrennte Sammlung und Sortierung von weissen und durchsichtigen PET-Flaschen. Diese zusätzliche Trennung stellt sicher, dass beide Materialien optimal recycelt und in den jeweiligen Produktkreislauf zurückgeführt werden können.^{41,42}



Abbildung 24; Eine Umstellung von solchen Produkten auf PET bleibt aus (selbst geschossen)

⁴¹ (Brauchli, 2024)

⁴² (Ettlin, 2024)

7.3 *Schlussfazit der Variante*

In meinen kurzen, aber sehr intensiven Zeit, die ich für das Ausarbeiten meiner Diplomarbeiten Zeit hatte, konnte ich ausgesprochen vieles dazu lernen und musste erkennen, dass eine PET-Umstellung nicht so einfach ist, wie von mir antizipiert. Es gibt deutlich mehr Hindernisse als mir noch zu Beginn bewusst war. In den letzten Wochen konnte ich mit unterschiedlichsten Experten im Bereich von Kunststoff-Verwertung sprechen und hier sind alle Informationen auf einen Absatz zusammengefasst.

Viele Produkte im Supermarkt können nicht auf PET umgestellt werden, da dessen Eigenschaften für bestimmte Anforderungen nicht ausreichen. Einige Produkte benötigen beispielsweise einen Lichtschutz, den transparente PET-Verpackungen nicht bieten können. Andere wiederum erfordern eine hohe Hitzebeständigkeit, die ebenfalls nicht zu den Stärken von PET gehört. Ein weiteres Problem stellt die starke Verschmutzung der Verpackung durch den Inhalt dar, was die Reinigung im mechanischen Recycling erschwert. Zwar könnte hier das chemische Recycling Abhilfe schaffen, jedoch wurde mir diesbezüglich eine klare Absage erteilt.⁴³

Beim thermochemischen Recycling werden Kunststoffe mithilfe einer Pyrolyse in ihre chemischen Grundbausteine zerlegt, um daraus neues Material herzustellen. Dieses Verfahren ist jedoch sehr energieintensiv. Tatsächlich so viel, dass für die Pyrolyse sogar mehr Energie benötigt wird wie für die Herstellung von neuem Kunststoff aus Erdöl. Dies stellt natürlich Rentabilität und Nachhaltigkeit dieses Ansatzes infrage.^{44,45}

Technische Herausforderungen bestehen zwar bei einer flächendeckenden Umstellung auf PET, doch sie sind nicht der Hauptgrund, weshalb diese Umstellung bislang ausbleibt. Vielmehr fehlt es den Unternehmen an Anreizen. Es gibt weder staatliche Vorgaben noch wirtschaftliche Vorteile, die eine Umstellung fördern würden. Nach den Erkenntnissen, die ich während dieser Diplomarbeit gesammelt habe, zeigt sich auch, dass die Umstellung für den Endkunden kaum relevant ist. Der Kunde wählt in den meisten Fällen das Produkt, das ansprechender aussieht, und nicht dasjenige, das nachhaltiger ist. Solange hier kein grundlegendes Umdenken stattfindet, bleibt die Einführung einer nachhaltigeren Kunststoffnutzung unrealistisch.⁴⁶

Die Vorstellung, zahlreiche Produkte auf PET umzustellen, musste ich revidieren. Eine flächendeckende Umsetzung wird auch in Zukunft nicht einfach realisierbar sein. Allerdings wäre die Umstellung bei einigen wenigen Produkten durchaus sinnvoll. Doch gerade diese selektive Umstellung könnte die Verwirrung beim Recycling weiter verstärken. Verbraucher müssten auf jedem Produkt genau prüfen, ob das PET-Logo vorhanden ist, um sicherzustellen, dass es korrekt entsorgt wird. Dies würde das System unnötig kompliziert machen und den Recyclingprozess für viele erheblich erschweren. Das derzeitige System ist hingegen deutlich einfacher und wird von der Bevölkerung gut angenommen.

⁴³ (Rehmann, 2024)

⁴⁴ (Keller, 2024)

⁴⁵ (Brauchli, 2024)

⁴⁶ (Ettlin, 2024)

Darüber hinaus erweist sich selbst eine ernsthafte Absicht zur Umstellung, als wenig hilfreich, solange das BLV die Erweiterung der bestehenden PET-Produkte nicht genehmigt. Dies erweist sich als eine weitere und scheinbar unüberwindbare Barriere für eine breitere Anwendung. Meine Einschätzung ist, dass somit die Ausweitung der PET-Produkte nicht voranschreiten wird.⁴⁷

Nach Abschluss meiner Diplomarbeit sehe ich die Notwendigkeit, meine Bewertung der drei Varianten etwas anzupassen. Die Ergebnisse haben verdeutlicht, dass die „PET-Offensive“ weniger zukunftssicher ist, als ich ursprünglich angenommen hatte, und dass vermutlich nur eine begrenzte Anzahl weiterer Produkte in den bestehenden PET-Kreislauf integriert werden könnte. Daher würde ich meinen Fokus eher auf eine Optimierung des Kunststoffsammelesacks legen.

Dennoch ist klar, dass ein Wandel in der Schweiz nur langsam voranschreiten wird, da die politische Agenda derzeit andere Schwerpunkte setzt. Auch wenn die Ergebnisse zeigen, dass die Vermeidung von Kunststoffverbrennung klimatechnisch nicht die oberste Priorität hat, wäre ein staatliches Engagement von grosser Bedeutung, um einen nachhaltigeren Umgang mit unseren Ressourcen zu fördern. Langfristig könnte dies dazu führen, dass die Einnahmen aus recyceltem Granulat so weit steigen, dass die beteiligten Unternehmen wirtschaftlich eigenständig werden.

Um jedoch einen echten Unterschied zu bewirken – ein Aspekt, den ich in dieser Arbeit nur am Rande behandelt habe – ist Folgendes entscheidend: Die Reduzierung der Kunststoffverbrennung erfordert, den Schwerpunkt nicht allein auf die Verwertung, sondern stärker auf die Nutzung zu legen. Doch weder Produzenten, Konsumenten noch die Politik setzen sich derzeit aktiv für diesen Ansatz ein. Ein zentraler Schritt wäre es, den Marktzugang für unnötige Kunststoffprodukte einzuschränken. Genau hier liegt das grösste Potenzial, Ressourcen zu schonen und die Umwelt nachhaltig zu schützen.



Abbildung 25; Abbildung 25; Aus PET-Flaschen wird man auch in der Zukunft nur wieder PET-Flaschen herstellen können

⁴⁷ (Brauchli, 2024)

8 Projektabschluss

8.1 Schlussfolgerung

Im Verlauf dieser Diplomarbeit habe ich wertvolle Erkenntnisse über die Komplexität und die Herausforderungen im Bereich des Kunststoffrecyclings gewonnen. Zu Beginn war meine Annahme, dass die Umstellung auf recycelte Materialien vorrangig eine Frage des Bewusstseins und des Umweltengagements seitens der Unternehmen sei. Durch Gespräche mit Branchenexperten und die Besichtigung von Recyclingbetrieben wurde jedoch deutlich, dass wirtschaftliche Faktoren eine entscheidende Rolle spielen und häufig die Entscheidung für oder gegen recycelte Kunststoffe bestimmen.

Ein zentraler Punkt ist, dass nachhaltige Entscheidungen in der Industrie nicht nur mit guten Absichten umgesetzt werden können, sondern stark von der Kostenstruktur und der Akzeptanz der Endverbraucher abhängen. Ich habe gelernt, dass selbst grosse Unternehmen oft das günstigste Material wählen, unabhängig davon, ob es aus recyceltem Kunststoff besteht oder nicht. Die Bedenken hinsichtlich Qualität, Farbe und Konsistenz erschweren den Übergang zu recyceltem Material weiter und zeigen, dass eine einheitliche funktionierende Kreislaufwirtschaft für alle Kunststoffe, nicht Hand in Hand mit den Anforderungen für die Industrie gehen. Deswegen wird es noch ein langer, wenn nicht sogar unmöglicher Weg, das Recycling von allen Kunststoffen auf 50% zu bringen.

Die Ausarbeitung der „PET-Offensive“ hat mir verdeutlicht, dass die Umsetzung meiner Vorstellungen leichter gesagt als getan ist. Auch wenn sie theoretisch machbar wäre, würde ich mittlerweile selbst von einer konkreten Planung abraten. Die intensive Forschung und die damit verbundenen finanziellen Mittel, die dafür notwendig sind, wären meiner Ansicht nach sinnvoller in andere Projekte investiert.

Zusätzlich hat mir diese Arbeit verdeutlicht, wie wichtig eine gut ausgebaute Recyclinginfrastruktur und eine gezielte Förderung durch politische Massnahmen sind, um den Markt für recycelte Materialien zu stärken. Ohne wirtschaftliche Anreize und klare Richtlinien bleibt die Nachfrage nach Recyclingmaterialien oft gering. Zwar finde es ich sowie auch den befragten Leuten in dem Interview, nicht so gut, wenn der Schweizer Staat einschreitet und die Produzenten mit Vorschriften auf recyceltes Material zu zwingen. Doch um eine Ära des nachhaltigen Kunststoffnutzens schneller einzuleiten, wird dieser Schritt notwendig sein.

8.2 Lesson Learnt

Endlich verstehe ich die Zusammenhänge und den gesamten Kreislauf von der Nutzung über die Entsorgung bis zur Wiederaufbereitung von Kunststoffen. Dieses Thema hat mich schon seit Jahren fasziniert, und während meiner Diplomarbeit konnte ich dank gründlicher Recherche und direkter Anfragen an verschiedene Informationsstellen viele wertvolle Einblicke gewinnen. Einige Details waren überraschend, wie die Tatsache, dass es in der Schweiz noch keine spezielle Sortieranlage für Kunststoffabfälle gibt oder dass die Deckel von PET-Getränkeflaschen tatsächlich aus anderem Material als PET bestehen. Diese Recherchen haben mir ein tieferes Verständnis für die wirtschaftlichen und technischen Hürden im Bereich nachhaltiger Kunststoffnutzung vermittelt.

Schon früh in der Arbeit wurde mir klar, dass das Internet allein nicht alle Antworten liefern würde. Viele der tiefergehenden Informationen, die ich zur Entwicklung der PET-Offensive suchte, waren nicht online verfügbar, und auch in Büchern fand ich kaum weiterführende Quellen. Die Recherchezeit habe ich mir definitiv einfacher vorgestellt. Nach einiger Überlegung und Unsicherheiten wandte ich mich schliesslich direkt an das BAFU und verschiedene Recyclingunternehmen. Im Laufe der Zeit verfasste ich Dutzende E-Mails und führte zahlreiche Telefonate. Die Einsichten, die ich durch diese persönlichen Kontakte und Besichtigungen gewann, waren essenziell für mein Verständnis. Dabei konnte ich sehr hilfreiche und verständnisvolle Personen kennenlernen. Diese zusätzlichen Anstrengungen nahmen zwar viel Zeit in Anspruch, doch die daraus resultierenden Erkenntnisse waren es allemal wert. Gleichzeitig war es etwas enttäuschend, dass einige grosse Stellen/Namen auf meine persönlichen Anfragen entweder nur mit Standardantworten reagierten: „Wir sind aktuell beschäftigt und haben für solche Anfragen keine Zeit“ oder überhaupt nicht zurückmeldeten.

Eine weitere wichtige Lektion dieser Arbeit bestand für mich darin, das Konzept des Loslassens zu lernen. Bei jedem Abschnitt hatte ich das Bedürfnis, noch mehr Informationen einzufügen. Immer wieder tauchten neue Ideen auf oder ich stiess auf zusätzliche Quellen, die ich gerne zitiert hätte. Noch bis in die letzte Woche hinein forschte ich weiter und schrieb Stellen für eine persönliche Auskunft an, um zusätzliche Informationen zu erhalten. Einige Abschnitte konnten nicht so umgesetzt werden wie ursprünglich von mir angedacht. Einige musste ich sogar wieder rauslöschen und wiederum konnte ich über einige Ideen im Kopf nicht ein Wort schreiben. Doch am Ende musste ich akzeptieren, dass ich für meine Diplomarbeit nur 6 Wochen Zeit habe und dass es in diesem Rahmen nicht möglich war, jedes Detail zu behandeln.

Die wohl wichtigste Erkenntnis für mich war, dass das Thema Kunststoff ungemein komplex und umfangreich ist. Trotz meiner Spezialisierung und der Abgrenzung bestimmter Themenbereiche hätte ich das Thema zu Beginn noch gezielter eingrenzen sollen. Anfangs hatte ich Sorge, ob ich durch eine engere Fokussierung, etwa allein auf das PET-Recycling, genügend Quellen und Ideen für die Arbeit finden würde. Heute sehe ich das anders und würde diese Frage klar mit Ja beantworten. Zu Beginn der Arbeit hatte ich noch eine andere Version von meiner finalen Diplomarbeit.

8.3 Verdankungen

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben. Die Gespräche und die Eindrücke aus der Praxis haben mir entscheidende Perspektiven aufgezeigt, die das theoretische Wissen aus meiner Recherchezeit ideal ergänzt haben. Diese Arbeit wäre ohne die Mithilfe und den Einsichten dieser Menschen nicht in ihrer heutigen Form möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Patrik Ettlin von der InnoRecycling AG, der mir durch ein informatives Interview und eine aufschlussreiche Betriebsbesichtigung wertvolle Einblicke in die Herausforderungen und Potenziale des Kunststoffrecyclings vermittelt hat. Seine Expertise und Offenheit haben dazu beigetragen, ein umfassenderes Verständnis für die Zusammenhänge in der Recyclingindustrie zu gewinnen.

Ebenso bedanke ich mich bei der Lottner AG für die Möglichkeit, deren Produktionsprozesse vor Ort kennenzulernen. Manuel Gehrig, Leiter Kommunikation & Marketing lud mich persönlich zu einer Informationsveranstaltung der FHNW im Rahmen des Moduls «Material@Sustainability» ein. Als Aussenseiter konnte ich dabei die Chance nutzen und mit dem CEO Jean Keller ein privates Gespräch über eine PET-Umstellung zu führen.

Für um die Ausgangslage der Diplomarbeit auszuarbeiten, kontaktierte ich das BAFU. Ich bekam prompt eine Rückmeldung von Elias Rehmann, welcher mir die Recycling Situation wahrheitsgetreu wiedergab. Zudem liess er mir sehr nützliche Links zukommen lassen, die ich Nutzen konnte, um Sie in meine Arbeit miteinfließen zu lassen. In einem fast ein stündiges Telefonat konnte ich viele erkenntliche Schlüsse ziehen, die mich ansonsten haufenweise Stunden gekostet hätte, diese im Internet nachzurecherchieren. Für die grosse Hilfestütze von Elias Rehmann bedanke ich mich sehr.

Mein Dank gilt zudem meinem Dozenten Roberto Di Cerbo und Fachexperte Giovanni Danielli für ihre Unterstützung und wertvollen Anregungen, die mir auf dem Weg zur Fertigstellung dieser Arbeit stets zur Seite standen. Abschliessend danke ich meiner Familie, meinen Freunden und meiner Freundin für ihre Geduld und ihren Rückhalt während der gesamten Studienzeit.

9 Anhang

9.1 Redlichkeitserklärung

Der Verfasser bestätigt mit seiner Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde. Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche erkennbar gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschrift:

Ort, Datum: Olten, 03.11.2024

Dominik Wyss



9.2 Projekt-Statusbericht

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze

Staatsbericht: 1

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Diplomarbeit schreiben ¹	Verteiler • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo																		
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">Gesamt- beurteilung</td> <td style="width: 15%;">Projektverlauf</td> <td style="width: 15%;">Projektklima</td> <td style="width: 15%;">Termine</td> <td style="width: 15%;">Risiken</td> <td style="width: 15%;">Ressourcen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☐ ☒ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> </tr> <tr> <td>Tendenz</td> <td>↗</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>↘</td> </tr> </table>			Gesamt- beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen		☒ ☐ ☐	☐ ☒ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	Tendenz	↗	→	→	→	↘
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen															
	☒ ☐ ☐	☐ ☒ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐															
Tendenz	↗	→	→	→	↘															
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> Grober Strukturplan erstellt Alle vorhanden Dokumente in die Arbeit integriert (Lebenslauf, Themeneingabe & Pflichtenheft) Qualifikationsprofil 80% Projektinitialisierung; Ausgangslage 40% 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> Kam gut in die Arbeit rein und konnte einige Seiten schon schreiben. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> Quellensuche ist mühsam und frustriert mich ein wenig. Sehr zeitaufwendig. 																		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> IST-Plan für Projektablaufplan erstellen, Qualifikationsprofil abschliessen, Quellen recherchieren. 																				

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze






Staatsbericht: 2

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Einführung ins Thema abschliessen Gute Quellen in die Arbeit miteinfließen lassen	Verteiler • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo																		
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">Gesamt- beurteilung</td> <td style="width: 15%;">Projektverlauf</td> <td style="width: 15%;">Projektklima</td> <td style="width: 15%;">Termine</td> <td style="width: 15%;">Risiken</td> <td style="width: 15%;">Ressourcen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>☐ ☒ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> <td>☒ ☐ ☐</td> </tr> <tr> <td>Tendenz</td> <td>↗</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> </tr> </table>			Gesamt- beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen		☐ ☒ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	Tendenz	↗	→	→	→	→
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen															
	☐ ☒ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐															
Tendenz	↗	→	→	→	→															
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> Qualifikationsprofil fertig und verschickt zur Prüfung Projektinitialisierung; Ausgangslage 70% 3 Varianten für die Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse erstellt. Bewertungskriterien festgelegt. IST-Plan für Projektablaufplan erstellen 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> Da ich ein sehr umfangreiches Thema habe, gehen mir die Schreibideen nicht aus. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> Quellensuche ist sehr zeitaufwendig. Da ich bei anderen Dozenten noch Prüfungen und Schreibarbeiten abgeben musste, konnte ich nicht so viel wie erhofft machen. 																		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> Quellen recherchieren. Recyclingzentrum aufsuchen und nach Informationen fragen. Besichtigung wenn möglich vereinbaren. 																				

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze






Staatsbericht: 3

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Einführung ins Thema abschliessen Besichtigung einer Recyclingstation	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	↗	→	→	→	→
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Projektinitialisierung; Ausgangslage 80% • Bestehende Texte überarbeitet. 			Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Gewisse Abschnitte konnte ich abschliessen. Die Ausgangslage fast fertig Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Zwischenzeitlich habe ich das Gefühl, dass der rote Faden für die Arbeit nicht mehr so vorhanden ist. Deshalb musste ich einige Abschnitte kürzen oder gar ganz löschen, damit die Struktur weiterhin in Takt bleibt. 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Quellen recherchieren und mit bestehenden vergleichen. Recyclingzentrum aufsuchen und nach Informationen fragen. Besichtigung wenn möglich vereinbaren. 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Raber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze

Staatsbericht: 4

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Besichtigung einer Recyclingstation	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	↗	→	→	→	↗
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Projektinitialisierung abgeschlossen • 3 Varianten erarbeitet • Präverierte Variante weiter ausarbeiten • Bestehende Texte überarbeitet. 			Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Die Einführung und Ausgangslage ist fertig. • Die Seiten füllen sich. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • 3 Recycling Stationen angefragt nach einem Interview oder Besichtigung, aber bisher nur Absagen oder ignoriert. 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Weiter Recyclingstation anfragen, ob sie mir weiterhelfen können. 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Raber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze

Staatsbericht: 5

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Besichtigung einer Recyclingstation Varianten Ausarbeitung abschliessen	Verteiler • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ☒ ☐ ☐	Projektklima ☒ ☐ ☐	Termine ☒ ☐ ☐	Risiken ☐ ☒ ☐	Ressourcen ☒ ☐ ☐
Tendenz	➡	➡	➡	➡	➡
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Führung und Interview bei Iottner gehabt • 3 Varianten überarbeitet und abgeschlossen • Präverierte Variante weiter ausarbeiten • Bestehende Texte überarbeitet. 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • .Mittlerweile muss ich nur noch die präverierte Variante komplett ausarbeiten. Dafür habe ich jetzt auch mehrere externe Quellen, die mir dabei weiterhelfen können Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich suche nach Antworten, dass mir das Internet nicht geben kann. Deswegen nutze ich die Möglichkeit Interviews und Anrufe durchzuführen mit Personen, die das Wissen haben. Doch dies beansprucht sehr viel Zeit. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Recyclingstation von InnoRecycling am 23.20.2024 besuchen. Allfällige Fragen soll ich gleich bei den zuständigen Personen klären. • Personen im vertrauten Rahmen aufsuchen, die bereits einmal über meine Arbeit schauen können und mir ein Feedback geben. 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze

Staatsbericht: 6

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Dokument fertig stellen und überarbeiten	Verteiler • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ☐ ☒ ☐	Projektklima ☒ ☐ ☐	Termine ☐ ☒ ☐	Risiken ☒ ☐ ☐	Ressourcen ☐ ☒ ☐
Tendenz	➡	➡	➡	➡	➡
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Präverierte Variante ist zu 80% fertig • 2 Interviews und 2 Besichtigungen erledigt • Einzelne Abschnitt nochmal überarbeitet und jetzt abgeschlossen 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • . Ich habe nun einige Kontaktstellen, die mir bei meiner Arbeit weiterhelfen konnten und meine Arbeit perfekt ergänzen. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich stecke deutlich mehr Zeit in die Arbeit als ursprünglich geplant. Die Texte lassen sich teilweise nur schwer schreiben. • 2 Informationsanfragen sind noch unbeantwortet und schaffen es eventuell nicht mehr in die Arbeit hinein. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Letzte Abschnitte zu Ende schreiben und noch ein Schlussfazit ziehen. Management Summary schreiben • Ganze DP von Personen durchlesen lassen. Freundin und Vater haben bereits erste Feedback's abgegeben. 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

Projekt: Plastikrecycling: Herausforderungen und Lösungsansätze

Staatsbericht: 7

Projektleiter Dominik Wyss	Projektziele Präsentation vorbereiten Online Publikation	Verteiler • Dominik Wyss • Roberto Di Cerbo
--------------------------------------	---	--

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz					

Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Gesamtes Dokument überarbeitet und Vormatierung verbessert • Alle Themen abgearbeitet und gesamter Anhang erledigt • Alle Abschnitte überarbeitet und letzte Korrekturen vorgenommen • Diplomarbeit abgeschlossen 	Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Diplomarbeit ist fertig und ich bin zufrieden mit Umfang, Qualität und dem Ergebnis Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Die letzten 2 Wochen waren echt sehr stressig für mich. Ich musste nochmal deutlich mehr Zeit und Nerven aufbringen. • Das Resultat von der Ausarbeitung ist nicht ganz das, was ich mir gewünscht habe.
--	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Online Publikation erstellen und anschliessend an der Powerpoint arbeiten. • Präsentation findet am 15.11.2024 stat.
--

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Rüber

9.3 Literaturverzeichnis

- **20min.** Laschen-Deckel – Rivella und Ramseier halten nichts davon. *Eine neue EU-Richtlinie verlangt PET-Deckel, die nicht gut ankommen. Viele Schweizer Hersteller machen nicht mit.* [Online] [Zitat vom: 20. 09 2024.]
<https://www.20min.ch/story/schweiz-stellt-sich-quer-tethered-caps-rivella-und-ramseier-halten-nichts-davon-103141403>.
- **Arnold, David. o. J.** Natürliches Mineralwasser. *Die modernste PET-Recyclinganlage Europas steht im Kanton Glarus.* [Online] o. J. [Zitat vom: 19. 09 2024.]
<https://natuerliches-mineralwasser.ch/das-leben-einer-pet-getraenkeflasche-aus-alt-wird-neu/>.
- **at-schweiz. 2024.** Parlament: Littering wird neu schweizweit gebüsst. [Online] 2024. [Zitat vom: 16. 10 2024.] <https://www.at-schweiz.ch/de/news-medien/news/parlament-littering-wird-neu-schweizweit-gebusst/>.
- **BAFU. o. J.** BAFU. *Häufig gestellte Fragen zu Kunststoffen in der Umwelt.* [Online] o. J. [Zitat vom: 02. 10 2024.]
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/kunststoffe-in-umwelt/faq-kunststoffe.html>.
- **BAFU. 2017.** Kunststoffe. [Online] 2017. [Zitat vom: 11. 09 2024.]
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/kunststoffe.html>.
- **Brauchli, Stefanie. 2024.** *Telefonat über PET.* 29. 10 2024.
- **Carbotech AG & UMTEC Rapperswil. 2017.** swissrecycle. *Kunststoff Recycling und Verwertung.* [Online] 2017. [Zitat vom: 02. 10 2024.]
https://swissrecycle.ch/fileadmin/user_upload/pdfs/Wertstoffe/Plastikflaschen/KuRVe_Bericht_oeffentlich_01.pdf.
- **Danielli, Giovanni. 2024.** Unterricht Abfallmanagement. teko Olten : s.n., 2024.
- **Dr. Barbara Bricoli - Innovation Manager, Liquid and Filling Technologies bei GEA.** *Zitat.*
- **EBP. 2020.** *Plastik in der Schweizer Umwelt* . s.l. : EBP, 2020.
- **Ettlin, Patrik. 2024.** *Interview und Besichtigung bei der InnoRecycling.* Eschlikon (Interview per E-mail), 23. 10 2024.
- **Keller, Jean & Manuel Gehrig. 2024.** *Interview und Entsorgungstour mit dem CEO von lottner AG (Paprec Group).* Basel lottner Areal, 21. 10 2024.
- **mineralienrechner. o, J.** Mineralwasser PET-Flasche. [Online] o, J. [Zitat vom: 10. 10 2024.] <https://www.mineralienrechner.de/wasserlexikon/mineralwasser-pet-flasche/>.
- **PET Recycling Schweiz (Youtube). 2019.** *PET-Kreislauf.* Youtube : s.n., 2019.
- **PET-Recycling Schweiz. o. J.** PET Homepage. [Online] o. J. [Zitat vom: 19. 09 2024.]
<https://petrecycling.ch/>.
- **Polyethylenterephthalat ist ein Thermoplast und zählt zu den Polyestern. o. J.** *Polyethylenterephthalat (PET).* s.l. : Kunststoffe.de, o. J.
- **Redilo GmbH (Raymond Schelker & Patrik Geisselhardt). 2010.** *Projekt Kunststoff-Verwertung Schweiz.* s.l. : Studie im Auftrag des BAFU, 2010.

- **Rehmann, Elias. 2024.** Besprochene Themen; Recycling und Sortierung von Kunststoff in der Schweiz; PET-Umstellung; Unterschied der Kunststofftypen. Telefonat : BAFU, 16. 10 2024.
- **René, Bocksch. 2020.** statista. *aktive und geplante Pfandsysteme*. [Online] 02. 06 2020. [Zitat vom: 25. 09 2024.] <https://de.statista.com/infografik/21881/aktive-und-geplante-einweg-pfandsysteme-in-europa/>.
- **SRF. 2019.** Wie viel Plastik in der Umwelt landet. [Online] 2019. [Zitat vom: 16. 10 2024.] <https://www.srf.ch/news/schweiz/neue-modellrechnung-wie-viel-plastik-in-der-umwelt-landet>.
- **swiss recycle. 2024.** Kunststoff. [Online] 2024. [Zitat vom: 05. 10 2024.] <https://swissrecycle.ch/de/wertstoffe-wissen/wertstoffe/kunststoff#:~:text=Gem%C3%A4ss%20einer%20aktuellen%20ETH%2DStudie,1.5kg%20CO2eq%20gesenkt%20werden..>
- **TOMRA. 2022.** Was ist rPET? [Online] 2024 TOMRA Systems ASA, 2022. [Zitat vom: 17. 09 2024.] <https://www.tomra.com/de-de/reverse-vending/media-center/feature-articles/what-is-rpet-plastic>.
- **VSPR-Bericht. 2023.** *Sammelsysteme für gemischte Kunststoffabfälle Monitoring Bericht 2023*. s.l. : plasticrecycler , 2023.
- **zurich. 2021.** Was Sie über Kunststoffabfälle wissen müssen – und wie Sie diese bekämpfen können. [Online] 2021. [Zitat vom: 17. 10 2024.] <https://www.zurich.com/de-de/media/magazine/2021/what-you-need-to-know-about-plastic-waste-and-how-to-tackle-it>.

Anmerkung zu den Quellenangaben

Ich habe jeweils am Ende des Abschnittes eine Fussnote gesetzt und zuunterst den Autor und das Jahr aufgeführt. Die Aussage betrifft sich immer jeweils auf den ganzen Abschnitt bis zum vorherigen Untertitel.

Ein Teil des Wissens stammt von mir selbst. Informationen die ich bereits vor vielen Jahren angesammelt habe. Diese sehe ich heute als mein Eigen an und vermerke dies nicht weiters.

Der Einsatz von KI wie (z.B. ChatGPT) hat mir geholfen, 2-3 Artikel zusammenzufassen und so schnell den Überblick zu fassen, worum es in dem Artikel ging. Ebenfalls nutze ich die Funktion von ChatGPT um meine eigengeschriebenen Texte, auszukorrigieren und wenn nötig die Satzstellung zu verbessern. Sobald ich ChatGPT stärker mit in die Texte miteinfluss, notierte ich es in den Fusszeilen.

9.4 *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1; Organigramm Projektteam (erstellt in Lucidchart)	9
Abbildung 2; Projektstrukturplan (erstellt in Lucidchart)	10
Abbildung 3; Soll-Ablaufplan (erstellt im Excel)	11
Abbildung 4; Ist-Ablaufplan (erstellt im Excel).....	12
Abbildung 5; Diagramm Kunststoffströme Schweiz 2010.....	25
Abbildung 6; Plastikverbrennung in einer KVA	27
Abbildung 7; Kunststoffaufteilung (erstellt im Excel)	28
Abbildung 8; Kreislauf der Kunststoffe im Sammelsack	30
Abbildung 9; Einwurfsammelstelle und Sammelhalle von Inno Recycling	31
Abbildung 10; PET-Logo	32
Abbildung 11; Teppich sowie die Füllung bestehen schon heute teilweise aus rPET	33
Abbildung 12; Maschine die PET zerkleinert	34
Abbildung 13; PET-Rohlinge	35
Abbildung 14; Festverschraubter DEckel bei PET	36
Abbildung 15; Regenjacke aus 100% PET hergestellt	37
Abbildung 16; Biologisch abbaubarer Kunststoffsack	40
Abbildung 17; Plastik Verpackung im Lebensmittelbereich.....	41
Abbildung 18; Plastik zersetzt sich zu Mikroplastik	42
Abbildung 19; Kunststoffsammelsack von InnoRecycling	44
Abbildung 20; Das Sammeln von Plastik soll im Grossstil funktionieren	48
Abbildung 21; Milchprodukte die bereits auf PET umgestellt haben	53
Abbildung 22; Interviewpartner Patrik Ettlín	54
Abbildung 23; Sortenreines Plastikabfall aus der Industrie (selbst geschossen bei lottner) ..	57
Abbildung 24; Eine Umstellung von solchen Produkten auf PET bleibt aus (selbst geschossen)	58
Abbildung 25; Abbildung 25; Aus PET-Flaschen wird man auch in der Zukunft nur wieder PET- Flaschen herstellen können.....	60

Der URL zu den Bildern ist jeweils in der Abbildung hinterlegt.