

**ABSCHLUSSBERICHT
FORSCHUNGSPROJEKT
UND
PROJEKTSKIZZE
DER GEPLANTEN PROJEKTFORTFÜHRUNG**

**FORSCHUNGSPROJEKT DBU
„ERFORSCHUNG DER KUNSTSTOFFREINIGUNG MIT KLEINEN REFINERN ANHAND
EINER FORSCHUNGSANLAGE“**

AKTENZEICHEN: 30118

Das Projekt wurde gefördert von:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Die Projektumsetzung erfolgte durch:
CVP Clean Value Plastics GmbH
Karnapp 25
21079 Hamburg

INHALTSVERZEICHNIS

1	Fazit Forschungsvorhaben Phase 1	4
2	Planung und Errichtung der Forschungsanlage	5
3	Durchführung der Versuche mit Strahlpumpe und Feststoffpumpe	9
3.1	Durchführung mit Strahlpumpeneintrag	9
3.2	Durchführung mit Feststoffpumpeneintrag	12
4	Generelle Bestätigung der Eignung kleiner Refiner	14
4.1	Versuchsreihen – Zusammenfassung der Ergebnisse	14
4.1.1	Untersuchung der Schmelzproben anhand des L-a-b Farbraums	14
4.1.2	Untersuchung der abwaschbaren Rückstände	15
4.1.3	Optische Beurteilung der unbehandelten Proben	16
5	Konstruktion kleiner Refiner - Entwicklungsbedarf	17
5.1	Nachteile der Bauform der kleinen Refiner Entstipper	17
5.2	Vorteile der Konstruktion der marktüblichen Entstipper	19
6	Fortführung des Projektes	20
6.1	Optimierung des Stofftransportes	20
6.1.1	Stoffzuführung und Einstellung der Konsistenz	21
6.1.2	Stofftransport aus dem Refiner	21
6.2	Betriebspunkterforschung / effiziente Reinigung	22
6.3	Werkzeugentwicklung	24
6.4	Prozesswasseraufbereitung (Optional in anschließender Projektphase)	24
7	Ökologische und ökonomische Bewertung der erreichten Ergebnisse	25
7.1	Energieverbrauch	26
7.1.1	Vergleich zu herkömmlichen Aufbereitungsverfahren	26
7.1.2	Optimierungspotentiale CVP-Verfahren aus den Erkenntnissen des Forschungsprojektes 1	27
7.2	Wasserverbrauch / Abwasserbelastung	28
7.2.1	Belastung des Abwassers	28
7.2.2	Wasserverbrauch	29

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abb. 2-1:	Darstellung des Versuchsaufbaus mit Strahlpumpeneintrag.....	5
Abb. 2-2:	Darstellung des Versuchsaufbaus mit Rührwerk und Feststoffpumpeneintrag .	6
Abb. 2-3:	Forschungsanlage: Refiner H2 auf Stahlrahmen mit Schaltschrank	7
Abb. 2-4:	Fertigungsskizze Stahlbaurahmen	8
Abb. 2-5:	„Mobile CVP HydroDyn Compact Anlage“	8
Abb. 3-1:	Fahrbare Stahlpumpe mit Aufgabetrichter	9
Abb. 3-2:	Strahlpumpe der Körting Hannover AG	10
Abb. 3-3:	Prozessfluss mit Strahlpumpe	11
Abb. 3-4:	Prozessfluss mit Feststoffpumpeneintrag	12
Abb. 4-1:	L-a-b- Farbraum und Scan der Schmelzproben.....	14
Abb. 4-4:	Gewerbefolie 98/2 vor und nach der Refinerwäsche	16
Abb. 5-1:	Prinzipskizze Entstipper mit Pumpeneintrag.....	17
Abb. 5-2:	Verteilung der Motorleistung auf Leerlauf, Wasserturbulenzen und Friktion	18
Abb. 5-3:	Entstipper-Refiner mit Pumpeneintrag und Austrag nach oben (geöffnet)	19
Abb. 5-4:	Atmosphärischer Refiner mit Auslass nach unten auf Betonfundament.....	20
Tab. 4-1:	Lab-Werte der Schmelzproben PET Flakes	14
Tab. 4-2:	Ergebnisse der Nachwaschtests	15
Tab. 7-1:	Differenzbetrachtung der Energieverbräuche beim Folienrecycling.....	26
Tab. 7-2:	CO ₂ -Einsparungspotential pro Jahr beim Folienrecycling	27
Tab. 7-3:	Einsatz von Waschchemikalien beim herkömmlichen PET Recycling	28
Tab. 7-4:	Vergleich Frischwasserverbrauch beim PET Recycling.....	29

1 Fazit Forschungsvorhaben Phase 1

Das Endziel des Gesamtvorhabens ist es, effiziente, kompakte und energiesparende Kunststoffrecyclinganlagen auf Basis des CVP Verfahrens zu vermarkten. Dazu soll das CVP Verfahren im Rahmen des Forschungsprojektes so weiterentwickelt werden, dass es in kleinem Maßstab mit kleinen Refinern als „Kompaktanlage“ umgesetzt werden kann und die erwünschten Effekte daher eine Verringerung der Umweltbelastungen durch Kunststoffprodukte zu erzielen. Die gewünschte Verringerung der Umweltbelastung kann erzielt werden in dem:

1. Weniger Neu-Kunststoffe und mehr Rezyklate verwendet werden
2. Die Umweltbelastungen durch Abfalllogistik verringert wird
3. Der Einsatz von Chemikalien im Kunststoffrecycling vermieden wird
4. Der Energieaufwand für das Recycling reduziert wird

Im ersten Teil des Forschungsvorhabens wurde daher mit Hilfe der DBU Fördermittel ein vereinfachter Versuchsaufbau zur Realisierung des CVP Verfahrens mit einem kleinen Refiner umgesetzt und mit diesem mehrere Versuchsprogramme durchgeführt, um zunächst folgende grundsätzlichen Fragen zu klären:

1. Sind kleine marktübliche Entstipper-Refiner generell für das CVP Verfahren geeignet?
2. Lassen sich mit kleinen Refinern, also mit kleinen Scheibendurchmessern, die gleichen Reinigungsergebnisse wie mit den großen Refiner erzielen?

Die Ergebnisse aus dem ersten Teil des Forschungsvorhabens lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. Kleine Refiner sind generell geeignet für das CVP Verfahren – Die Reinigungswirkung ist qualitativ den großen Refinern gleichwertig.
2. Die Standardkonstruktion der kleinen Entstipper-Refiner mit Pumpeneintrag (Reinigungsgussgehäuse komplett mit Wasser gefüllt) ist beim Kunststoffrecycling energetisch nachteilig. Um diese Refiner nachhaltig wirtschaftlich nutzen zu können, ist angezeigt, in einem nächsten Schritt den Refiner umzubauen.

Während der Projektlaufzeit wurden sowohl PET-Flaschenabfälle als auch Folienabfälle auf der Forschungsanlage verarbeitet. Der Bedarf für Recycling-Neuanlagen ist mittlerweile im Bereich Folienrecycling mit Abstand am größten. Daher ist es der Plan der Geschäftsleitung in den nächsten Projektphasen sich auf diesen Bereich zu konzentrieren.

In der nächsten Phase des Forschungsprojektes soll die Konstruktion des Refiners optimiert werden, um dann in der Lage zu sein, die Betriebsweise hinsichtlich der Reinigungswirkung und des Energieverbrauches optimieren zu können. Die Optimierung muss unter Vollastbedingungen erfolgen, da die Materialdichte im Reinigungsraum eine entscheidende Rolle spielt. Der mögliche Anlagennendurchsatz ist wiederum einer der bedeutendsten Faktoren für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Recyclinganlage.

2 Planung und Errichtung der Forschungsanlage

Das Ziel war es mit einem möglichst kleinen Budget die wichtige Erkenntnisse über die Eignung kleiner Refiner für das CVP Verfahren zu gewinnen.

Folgende Prozessschritte sollten in der Forschungsanlage abgebildet werden.

1. Herstellung der Wasser-Kunststoffsuspension mittels Einrührbehälter und alternativ mit einer Strahlpumpe
2. Transport der Suspension in den Refiner mittels einer Feststoffpumpe
3. Auffangen der Kunststoffe und Absiebung des Prozesswassers
4. Pumpen des Prozesswassers zum Wasserbehälter
5. Mikrofiltration des Prozesswassers

Der Prozessfluss wird in den beiden folgenden Diagrammen dargestellt, wobei die erste Skizze die Variante mit Strahlpumpeneintrag und die zweite Skizze die Version mit Einrührbehälter darstellt.

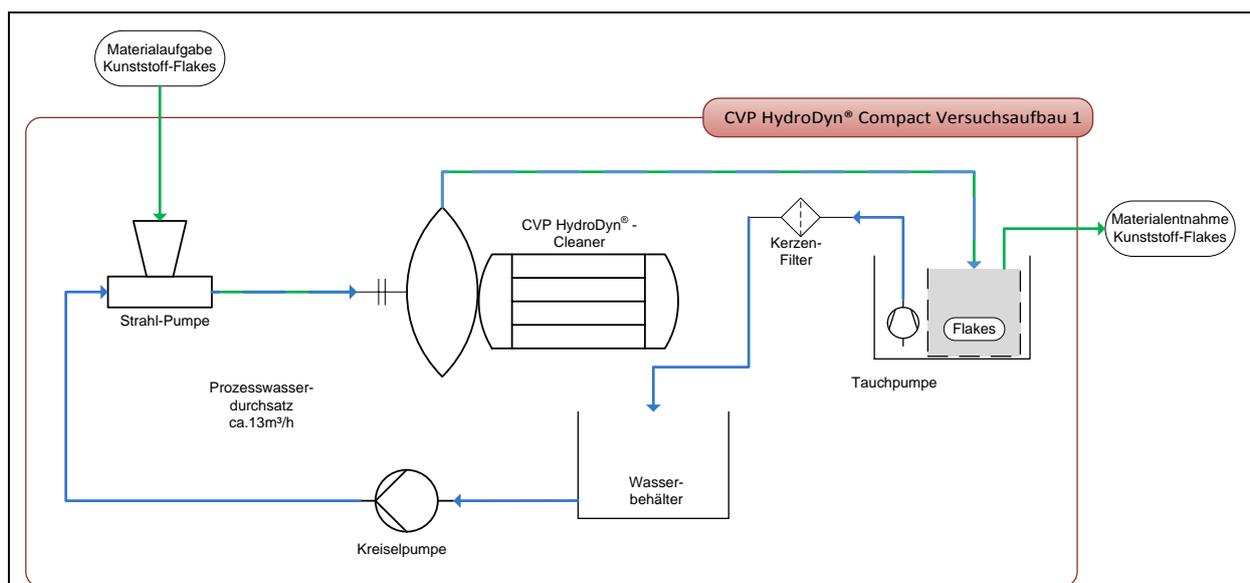


Abb. 2-1: Darstellung des Versuchsaufbaus mit Strahlpumpeneintrag

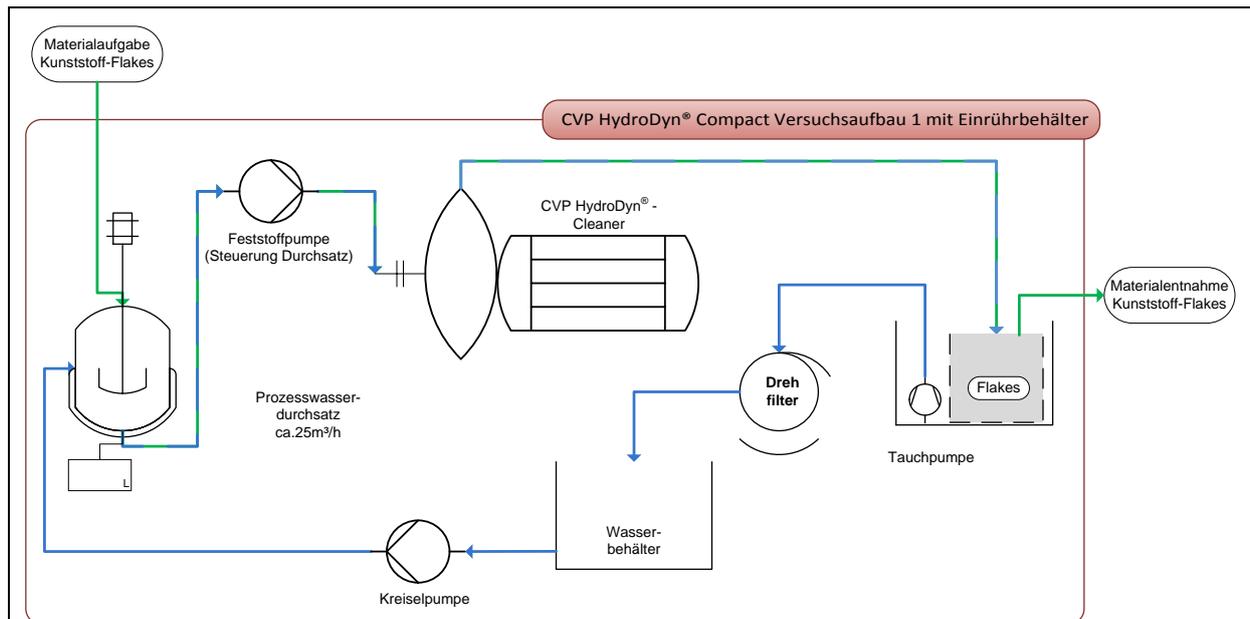


Abb. 2-2: Darstellung des Versuchsaufbaus mit Rührwerk und Feststoffpumpeneintrag

Aggregateausstattung:

- Als Refiner wurde ein Entstipper vom Typ H2 der Firma Hueber mit einer Scheibengröße von 22 Zoll verwendet
- Zur Mikrofiltration wurde ein Miet-Trommeldrehfilter der Firma PWL mit einer wechselbaren Siebbespannung verwendet
- Als Feststoffpumpe wurde eine Leihpumpe (Schraubenspindelpumpe) der Firma Hidrostral verwendet
- Als Prozesswasserpumpe wurde eine Kreiselpumpe vom Typ Etaline der KSB AG verwendet. Die KSB AG stellte dankenswerter Weise diese Pumpe kostenfrei unbegrenzt zur Verfügung
- Als Strahlpumpe wurde eine fahrbare Strahlpumpe der Firma Körting Hannover AG verwendet
- Als Rührwerkbehälter wurde ein Gebrauchtbehälter mit einem Volumen von 3m³ erworben und später mit einem neuen Getrieberührwerk ausgestattet
- Als Schmutzwasserpumpe wurde eine Tauchpumpe vom Typ HES der Firma Jung-Pumpen mit Schwimmeraktivierung verwendet
- Zur Füllstandsmessung im Rührwerkebehälter wurde ein Ultraschallsensor MIC+130/IU/TC der Firma Microsonic GmbH verwendet
- Die Transportleitungen für Wasser und Wasser-Kunststoffgemische wurden als Gummischlauchleitungen ausgeführt

Zur Steuerung der Anlage wurde ein Schaltschrank mit folgender Ausrüstung konstruiert und von der Firma Miprotek GmbH geliefert und eingebaut:

1. Einspeisung Starkstrom und Verteilung
2. Sanftanlauf für den Refinerhauptmotor zur Anlaufstrombegrenzung
3. Frequenzregelung der Prozesswasserpumpe (Betrieb mit Einrührbehälter) zur Füllstandregelung im Rührwerksbehälter
4. Frequenzregelung für die Feststoffpumpe (Betrieb mit Rührwerksbehälter) zur Steuerung bzw. Einstellung des Wasser-Durchsatzes im Refiner
5. Messgerät für Strom, Spannung, Leistung und Energieverbrauch
6. Starkstromsteckdosen für Zusatzaggregate



Abb. 2-3: Forschungsanlage: Refiner H2 auf Stahlrahmen mit Schaltschrank

Stahlrahmen:

Eine wichtige Vorgabe für die Forschungsanlage war, dass diese ohne großen Aufwand von einem Versuchsort zum anderen transportiert werden kann.

Daher wurde ein Stahlrahmen konstruiert, um den Refiner und Schaltschrank als eine Einheit zusammen zu fassen.

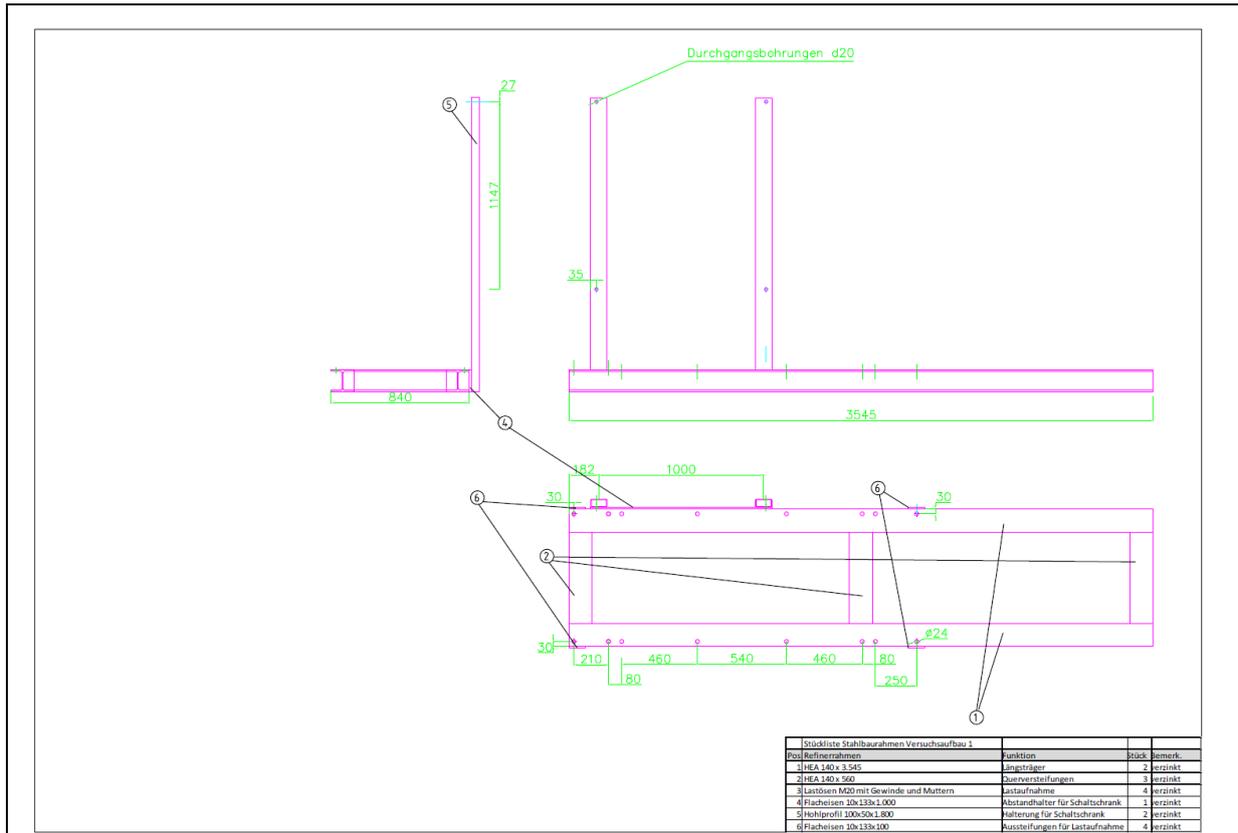


Abb. 2-4: Fertigungsskizze Stahlbaurahmen



Abb. 2-5: „Mobile CVP HydroDyn Compact Anlage“

3 Durchführung der Versuche mit Strahlpumpe und Feststoffpumpe

3.1 Durchführung mit Strahlpumpeneintrag

Zunächst wurde die Anlage mit der Strahlpumpenbeschickung montiert. Die Versuchsdurchführung erfolgte wie folgt:

1. Einschalten des Refinermotors mit leerem Gehäuse
2. Einstellung des gewünschten Reinigungsspaltess über die manuelle Spindelvorrichtung
3. Einschalten der Kreispumpe zur Aktivierung des Wasserkreislaufes
4. Einregeln der Prozesswasser-Durchflussmenge über das Display des Frequenzumrichters bis ein stabiler Wasserkreislauf entsteht
5. Manuelle Aufgabe der extern vorzerkleinerten Kunststoffe (Flakes) in den Aufgabetrichter der Strahlpumpe
6. Auffangen der Kunststoffe mit dem in der Wasserauffangwanne stehenden Siebkorb
7. Nach Beendigung der Materialaufgabe, spülen mit filtriertem Wasser zum Abspülen der abgeriebenen losen Verunreinigungen
8. Entleerung des Siebkorbess zur Entnahme der Proben



Abb. 3-1: Fahrbare Stahlpumpe mit Aufgabetrichter

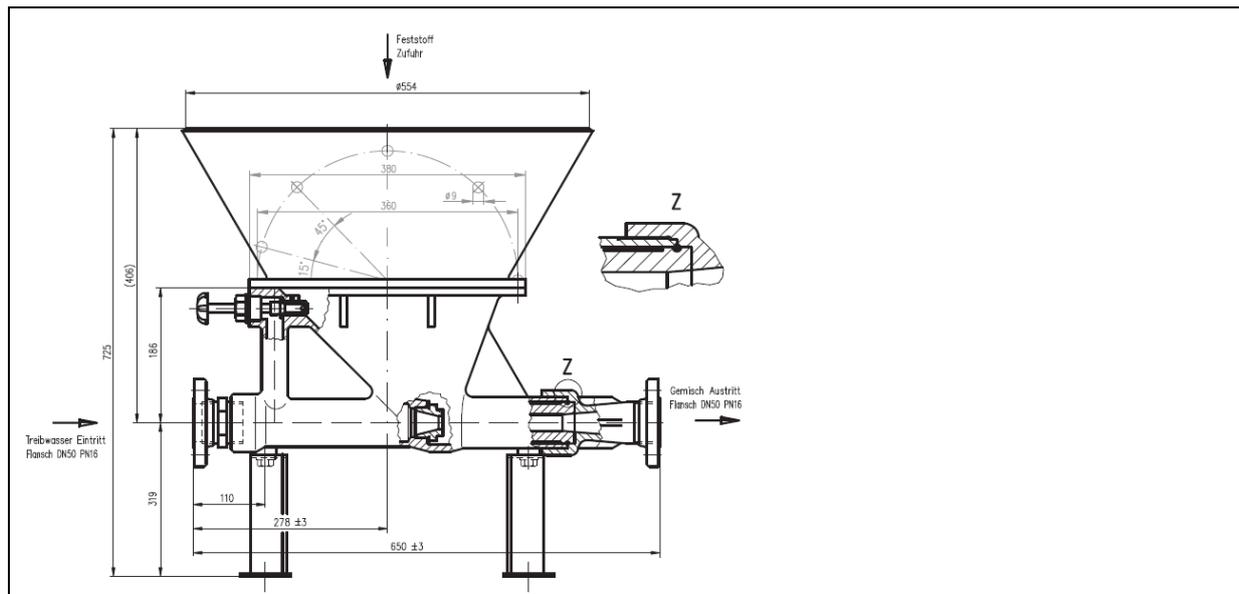


Abb. 3-2: Strahlpumpe der Körting Hannover AG

Die Strahlpumpe besteht im Wesentlichen aus dem Strahlpumpengehäuse welches die Venturidüse beinhaltet, der Strahldüse, dem Aufgabetrichter, einem Wasseranschluss, einer Spülwasserdüse in den Aufgabetrichter sowie dem Wasserauslass.

Wird Wasser unter Druck durch die Strahldüse eingedüst, dann entsteht im Aufgabetrichter ein Saugeffekt, der die aufgegebenen Feststoffe mitreißt. Am Ausgang der Venturidüse entstehen starke Turbulenzen die zu einer guten Vermischung des Wassers mit den Feststoffen führen. Somit wird der gewünschte Effekt der Herstellung einer möglichst homogenen Wasser-Feststoffsuspension erzielt.

Die Strahlpumpe funktioniert zur Beschickung des Refiner prinzipiell sehr gut. Der Wasserkreislauf ist sehr unkompliziert umzusetzen.

Der kritische Punkt der Strahlpumpe ist der Materialeintrag im Aufgabetrichter bis zur Strahldüse. Dort ist bauartbedingt ein Spalt vorhanden, durch den die Feststoffe gelangen müssen.

Kunststoffflakes neigen zur Brückenbildung und sind nicht wie Pulver oder Granulat leicht rieselfähig. Daher war die Materialbeschickung (wie vorher erwartet) mit der Standardausführung der Leihstrahlpumpe nur mit Hartkunststoffflakes (PET, PE-HD, PP/PS) und nur in geringen Durchsätzen von ca. 200kg/h möglich.

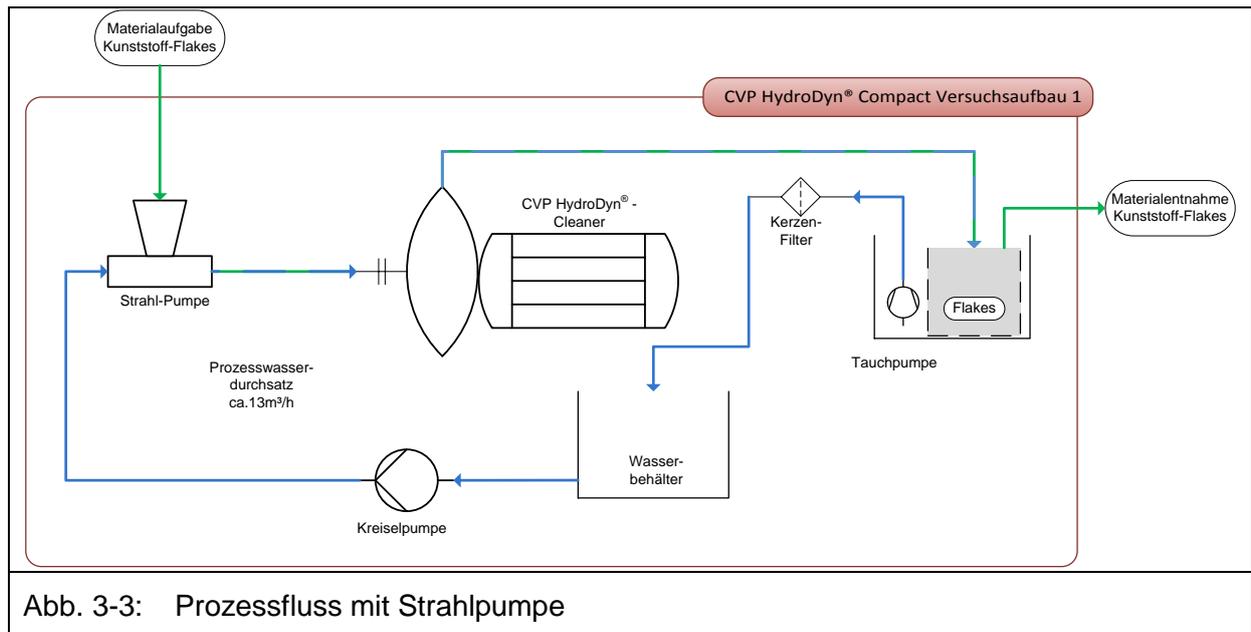


Abb. 3-3: Prozessfluss mit Strahlpumpe

Um die an sich geeignete Strahlpumpentechnologie für das Kunststoffrecycling nutzen zu können ist eine Sonderkonstruktion notwendig, bei der der Materialeintrag optimiert wird.

Die Konstruktion wurde mit Hilfe von Koerting durchgeführt, jedoch auf Grund der hohen Kosten (Gussteile) und der langen Lieferzeiten nicht ausgeführt.

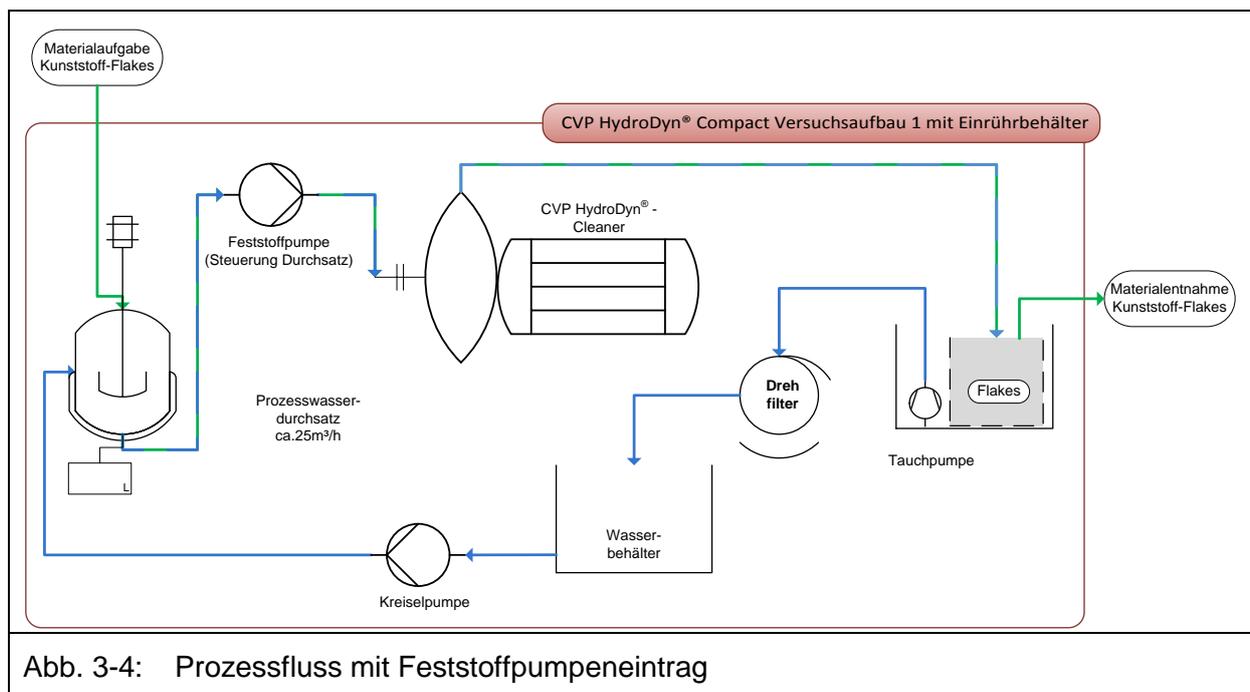
Es ist anzunehmen, dass mit der Sonderkonstruktion Hartkunststoffe mit einer maximalen Korngröße von 10mm auch in größeren Durchsätzen mit dem Wasser in Suspension gebracht werden können. Dabei ist auf eine sehr konstante Dosierung in den Aufgabetrichter zu achten, damit dort keine Materialstauungen entstehen.

Zusätzlich muss die durch den Düsenquerschnitt begrenzte maximal zulässige Korngröße durch Siebung sicher gewährleistet werden, damit die Düse nicht verstopfen kann.

3.2 Durchführung mit Feststoffpumpeneintrag

Zur Durchführung von Versuchen mit schlechtfliessenden Folienflakes und zur Erhöhung der Durchsatzmenge wurde die Anlage anschließend umgebaut.

Um Kunststoffe mit Pumpen fördern zu können muss zunächst in einem Rührwerksbehälter ein pumpfähiges Gemisch erzeugt werden.



Dazu wurde eine Schlauchverbindung zwischen den Wasserbehälter (IBC Container) und dem Rührwerksbehälter hergestellt.

Am unteren Auslass des Rührwerksbehälters wurde ein Kugelhahn und die Feststoffpumpe montiert. Auf der Druckseite der Feststoffpumpe wurde eine Schlauchleitung zum Refiner errichtet.

Zur Regelung des Füllstandes im Rührwerksbehälter wurde ein Füllstandsensordurchsatz ca. 25m³/h montiert. Dieser wurde so programmiert, dass über einen dem Füllstand analogen Stromausgang (4-20 mA) der Frequenzumrichter der Kreiselpumpe geregelt wurde.

Mit dem Drehzahlvorgabewert der Feststoffpumpe am 2. Frequenzumrichter war geplant den Wasserdurchsatz vom Rührwerksbehälter in den Refiner einzustellen.

Bei der Versuchsdurchführung mit Feststoffpumpeneintrag traten folgende Probleme auf:

1. Der vollgefüllte Refiner erzeugte eine starke Pumpwirkung in Flussrichtung, so dass die Feststoffpumpe trotz Drehzahlregelung nicht zur Durchsatzsteuerung genutzt werden konnte. Der Volumendurchsatz konnte daher nur über eine Drosselung mit Hilfe des Kugelhahns eingestellt werden
2. Durch die Pumpwirkung stieg die Leistungsaufnahme des Refiners an
3. Der Kugelhahn musste sehr weit geschlossen werden, damit die Durchsatzmenge nicht zu einer Überlastung der Tauchpumpe (max. 24m³/h Durchsatz) führte.

4. Bei leicht nur leicht geöffneter Stellung des Kugelhahns neigten die Kunststoffe zum Verblocken der Öffnung
5. Die Auslegung des Rührwerksbehälters und des Rührwerkes müssen sehr präzise auf die Eigenschaften der Kunststoffflakes abgestimmt werden, um eine wirklich homogene Suspension zu erzeugen und damit eine verlässliche Feststoffbeschickung des Refiners zu gewähren.

Die Realisierung eines stabilen Prozesses war mit dem Feststoffpumpeneintrag wesentlich komplizierter als mit der Strahlpumpe.

Mit dem Einrührbehälter gelang es jedoch auch Folienflakes in den Refiner zu fahren und kurzzeitig ein Durchsatz von ca. 1.000 kg/h mit PET Flakes und ca. 700 kg/h mit Folienflakes erzeugt werden.

Im Kapitel 5 werden weitere Entwicklungsschritte diskutiert, wie durch konstruktive Maßnahmen ein ideales CVP Verfahren mit kleinen Refiner umgesetzt werden kann.

Dabei sind folgende Prämissen zu beachten:

1. Die Feststoffe müssen in den wirtschaftlich erforderlichen Durchsatzmengen sicher und zuverlässig zum Mahlraum des Refiner transportiert werden
2. Die Vermischung mit dem Prozesswasser muss zu einer möglichst homogenen Suspension muss gewährleistet sein
3. Die „Kompaktheit“ und Transportfähigkeit des Systems muss gewährleistet sein
4. Der Aufstellung des Systems muss am Betreiberort ohne zusätzliche Maßnahmen auf eine Standardbetonfundamenten möglich sein

4 Generelle Bestätigung der Eignung kleiner Refiner

Nach der Inbetriebnahme der Forschungsanlage wurden PET und andere Kunststoffabfälle in zerkleinerter Form als Flakes durch die Anlage gefahren.

Die Qualitätsanalysen zeigen, dass die gleichen Reinigungseffekte wie auf der Referenzanlage in Großanlagen mit einem Refiner mit 36 Zoll Durchmesser erzielt werden.

Die Messwerte des Energieverbrauches zeigen jedoch, dass die spezifische Energieaufnahme mit der Forschungsanlage wesentlich höher als mit der Referenzanlage ist.

4.1 Versuchsreihen – Zusammenfassung der Ergebnisse

In einer ersten Versuchsreihe

Es wurden vier unterschiedliche Rohstoffe getestet:

- Probe 1: PET Flakes aus deutschen Einwegpfandflaschen
- Probe 2: HDPE Flakes aus Düngemittelflaschen mit hohem Anteil an Papieretiketten
- Probe 3: PS/PP Flakes auf Blumentöpfen
- Probe 4: LDPE Flakes aus Gewerbefolie mit hohem Stretch-Anteil

4.1.1 Untersuchung der Schmelzproben anhand des L-a-b Farbraums

Die PET Flakes wurden mittels der im Hause entwickelten Labormethoden untersucht. Bei PET wird zunächst anhand der Untersuchung von Schmelzproben die L-a-b Farbwerte ermittelt.

Der L-Wert ist ein Maß für die Transparenz, der a-Wert für die Grün-/ Rotverfärbung und der b-Wert für die Gelb-/ Blauverfärbung der Schmelzproben.

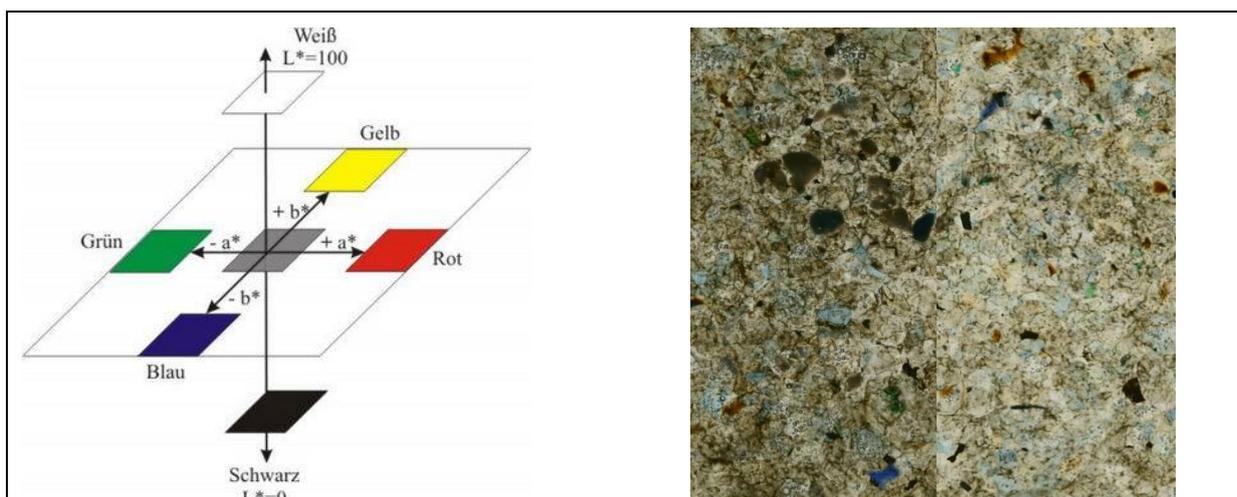


Abb. 4-1: L-a-b- Farbraum und Scan der Schmelzproben

Tab. 4-1: Lab-Werte der Schmelzproben PET Flakes

	L	a	b
PET, Input:	40,548	0,646	16,522
PET, Output:	52,213	1,5	15,326

Diese Methode funktioniert nicht bei intransparenten durchgefärbten Kunststoffen und nur eingeschränkt, nicht quantitativ bei PE-LD Folie. Polyolefine haben im Vergleich zu PET ein geringeres Fliesverhalten, wodurch keine homogene Schmelzprobe entsteht.

Jedoch können an Hand von Schmelzproben Zellstoffverunreinigungen besser sichtbar gemacht werden und dienen daher einer optischen Beurteilung.



Abb. 4-2: Schmelztest von Probe 2 (HDPE); links: Input; rechts: Output

Zu erkennen ist, dass die Zellstoffanhaftungen und die losen Zellstoffe der Probe vor der Wäsche während der Erhitzung im Ofen stark gelblich verfärben. Die Probe nach der Wäsche weist hingegen keine sichtbaren verfärbten Zellstoffe mehr auf.

4.1.2 Untersuchung der abwaschbaren Rückstände

Mit Hilfe des Nachwaschtests lassen sich abwaschbare Rückstände quantifizieren, welche auf dem Material anhaften. Dazu wird eine definierte Menge Material unter definierten Bedingungen mit einem kationischen Detergens agitiert und das Waschwasser anschließend über ein Filterpapier geleitet. Der zurückgehaltene Rückstand wird gravimetrisch erfasst und erlaubt so einen Rückschluss auf die noch anhaftende Verschmutzung der Materialien.

Es wurden die abwaschbaren Rückstände des Inputs, Outputs und des mit Klarwasser nachgespülten Outputs erfasst. Die ermittelten Werte in ppm sind in dargestellt.

Tab. 4-2: Ergebnisse der Nachwaschtests

	Input [ppm]	Output [ppm]	Output, nachgespült [ppm]
Probe 1: PET	1643	443	171
Probe 2: PE-HD	4343	1757	571
Probe 3: PS/PP	3986	1571	414
Probe 4: PE-LD	200	420	40

Die Messwerte der Rückstände der Probe 4 sind auf eine starke Schmutzbelastung des Prozesswassers aus den vorher durchgeführten Waschversuchen zurückzuführen. Grund hierfür war eine im Versuchsaufbau fehlenden Wasseraufbereitung bzw. Möglichkeit jeweils neues Prozesswasser zu verwenden.

Im Folgenden sind Bilder der Filterpapiere der PET Proben dargestellt.

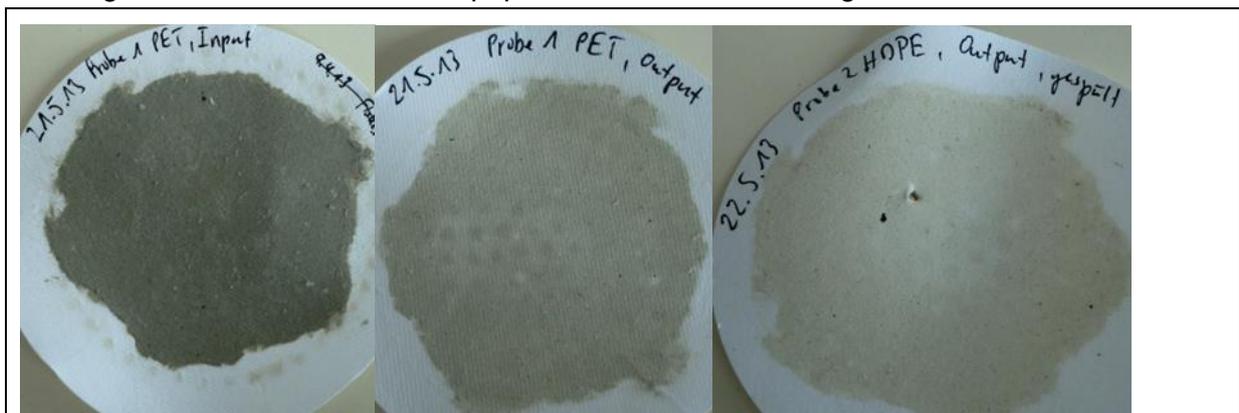


Abb. 4-3: Filtrerrückstände der PET Probe; von links n. rechts: Input, Output, Output nachgespült

Die Messwerte der abwaschbaren Rückstände anhand der PET Proben ergaben sehr gute Werte, die vergleichbar mit denen auf der Großanlage ermittelten sind.

4.1.3 Optische Beurteilung der unbehandelten Proben

Anhand der der unbehandelten Probe kann eine optische Beurteilung insbesondere bei Folie erfolgen.



Abb. 4-4: Gewerbefolie 98/2 vor und nach der Refinerwäsche

Deutlich zu erkennen an der linken ungewaschenen Probe sind die anhaftenden Zellstoffetiketten und dass die Folien nach der Zerkleinerung in geschichteten Paketen (Kompaktaten) vorliegen. Die rechte gewaschene Probe zeigt, dass die Zellstoffetiketten praktisch komplett entfernt wurden und dass die Folien vollkommen vereinzelt vorliegen, was nachvollziehbarer Weise eine Grundvoraussetzung darstellt um die Folienoberflächen überhaupt Verunreinigungen befreien zu können.

5 Konstruktion kleiner Refiner - Entwicklungsbedarf

5.1 Nachteile der Bauform der kleinen Refiner Entstipper

Wie im Projektantrag beschrieben, sind kleine Refiner bisher ausschließlich als sogenannte Entstipper zur Auflösung von Faserbündeln in der Papierindustrie im Einsatz, wo sie meist im Nebenstrom und daher mit relativ geringen Durchsätzen betrieben werden. Die am Markt verfügbaren Entstipper verfügen über einen Pumpeneintrag und werden niederkonsistent (Feststoffanteil im Wasser < 3%) gefahren.

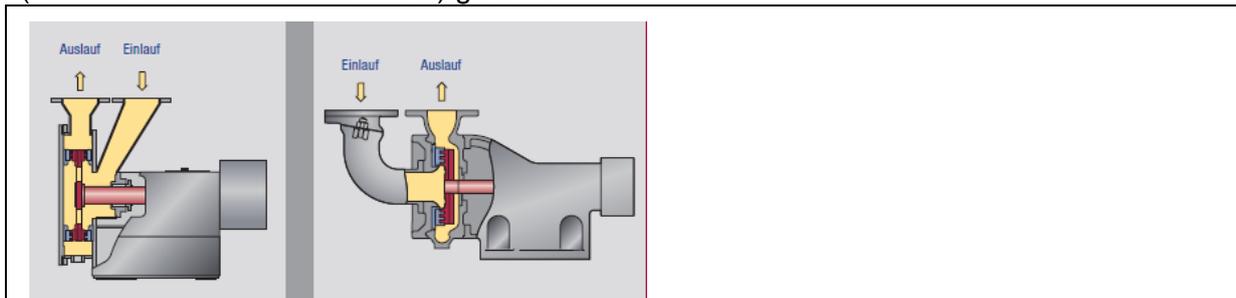


Abb. 5-1: Prinzipskizze Entstipper mit Pumpeneintrag

Ein niederkonsistenter Betrieb bedeutet, dass der zu behandelnde Feststoff nur einen geringen Anteil am Gesamtdurchsatz bestehend aus Wasser und Feststoff hat. Die Feststoffkonzentration beträgt in der Papierindustrie in der Regel < 3%, weil bei höheren Konsistenz kein Pumpbetrieb möglich ist.

Im Kunststoffrecycling müssen Wasser-Kunststoffgemische in den Refiner und aus dem Refiner transportiert werden. Insbesondere bei dem bedeutenden Rohstoff Folien mit seinen geringen Schüttdichten, gilt das gleiche wie in der Papieraufbereitung – der Betrieb mit Pumpeneintrag funktioniert nur mit einer niederkonsistenten Kunststoff-Mischung.

Verwendet man einen Refiner mit Pumpeneintrag dann ergeben sich folgende Nachteile:

1. Ein Anmischbehälter mit Rührwerk wird benötigt, um das pumpfähige Wasser-Kunststoffgemisch durch Einrühren der Kunststoffe zu erzeugen. Diese Anmischbehälter bedeuten einen erheblichen Platzbedarf, da das Einrühren erst ab einer bestimmten Behältergröße funktioniert.
2. Die Feststoffkonzentration ist nach oben durch die erforderliche Pumpfähigkeit begrenzt. Daher kann die Feststoffkonzentration im Refiner im Pumpbetrieb nicht in Bezug auf den Energieverbrauch und die Reinigungswirkung/Friktion optimiert werden.

Die Versuche mit der Forschungsanlage mit Pumpeneintrag haben ergeben, dass der spezifische Energieverbrauch gegenüber dem großen 36 Zoll Refiner mit Schneckeneintrag und atmosphärischem Austrag deutlich größer ist. Die Ursache hierfür ist, dass die Feststoffkonzentration deutlich geringer ist. Im Refiner wird die Motorleistung auf zwei Arten „verbraucht“. Erstens in Wasserverwirbelungen und zweitens in Friktion zwischen den Refinerscheiben und den Kunststoffen und zwischen den Kunststoffen untereinander.

Im Kunststoffrecycling nach dem CVP Verfahren spielt der spezifische Energieverbrauch pro Tonne im Refiner aus ökologischen und ökonomischen Gründen eine bedeutende Rolle. Neben der Materialzerkleinerung und der Materialtrocknung ist der Refiner einer der größten Energieverbraucher.

Es gilt daher Lösungen zu entwickeln, um einen von der Feststoffkonzentration unabhängigen, für möglichst alle typischen Arten von Kunststoffabfällen geeigneten, Betrieb der Refineran-

lage zu ermöglichen, um dann die optimalen Betriebspunkte hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Reinigungswirkung zu ermitteln.

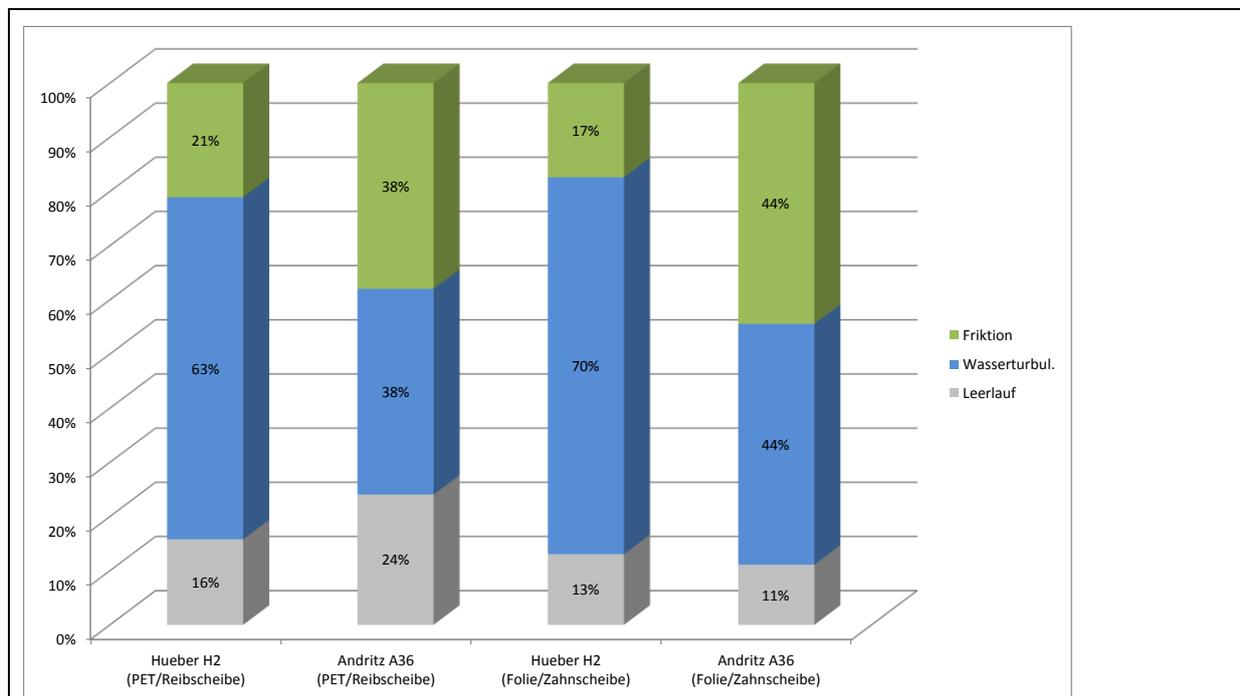


Abb. 5-2: Verteilung der Motorleistung auf Leerlauf, Wasserturbulenzen und Friktion

Das Balkendiagramm in Abb. 5-2 zeigt die Messwerte und damit die Energieform in die die Motorleistung umgewandelt wird. Es ist eindeutig zu erkennen, dass beim H2 Entstipper mit Pumpeneintrag ein großer Anteil der Motorleistung in Wasserturbulenzen umgesetzt wird und nur eine kleiner Anteil in Friktionsleistung.

Zur Ermittlung dieser Messwerte wird der Refiner zunächst leer ohne Wasser und Kunststoffe gefahren, dann nur mit Wasser und anschließend mit Wasser und Material.

5.2 Vorteile der Konstruktion der marktüblichen Entstipper

Ein wesentlicher Vorteil der Bauweise mit Druckbetrieb im Refiner mit Pumpeneintrag ist, dass das Wasser-Stoffgemisch nach oben aus dem Refinergehäuse ausgetragen werden kann. Der Refiner kann daher auf einem Rahmen direkt auf der Betonsohle einer Produktionshalle montiert werden.

Im Gegensatz dazu ist es bei atmosphärisch betriebenen Refinern mit Auslasse nach unten erforderlich, das Wasser-Kunststoffgemisch in einem Pumpensumpf aufzufangen und von dort weiter zu transportieren. Der Refiner muss daher nicht unerheblich nach oben auf ein Podest montiert werden.

In Refinern dreht sich die Rotorscheibe in der Regel mit 1.500 oder 1.800 U/min. Die aus Edelstahlspezialguss bestehende Scheibe stellt eine erhebliche rotierende Masse dar. Kommt es durch einen Scheibenbruch zu einer Unwucht auf dem Rotor dann erzeugt die Unwucht erheblich dynamische Kräfte, die über das Refinergehäuse auf das Maschinenfundament übertragen werden.

Wird der Refiner aus baulichen Gründen, um einen Pumpensumpf zu realisieren auf einem hohen Podest verbaut, dann wirken die Kräfte aus der Unwucht mit einem entsprechenden Hebelarm auf das Fundament. Aus diesem Grund werden die Fundamente für solche Refiner aus Stahlbeton ausgeführt und sind sehr kosten- und planungsintensiv.

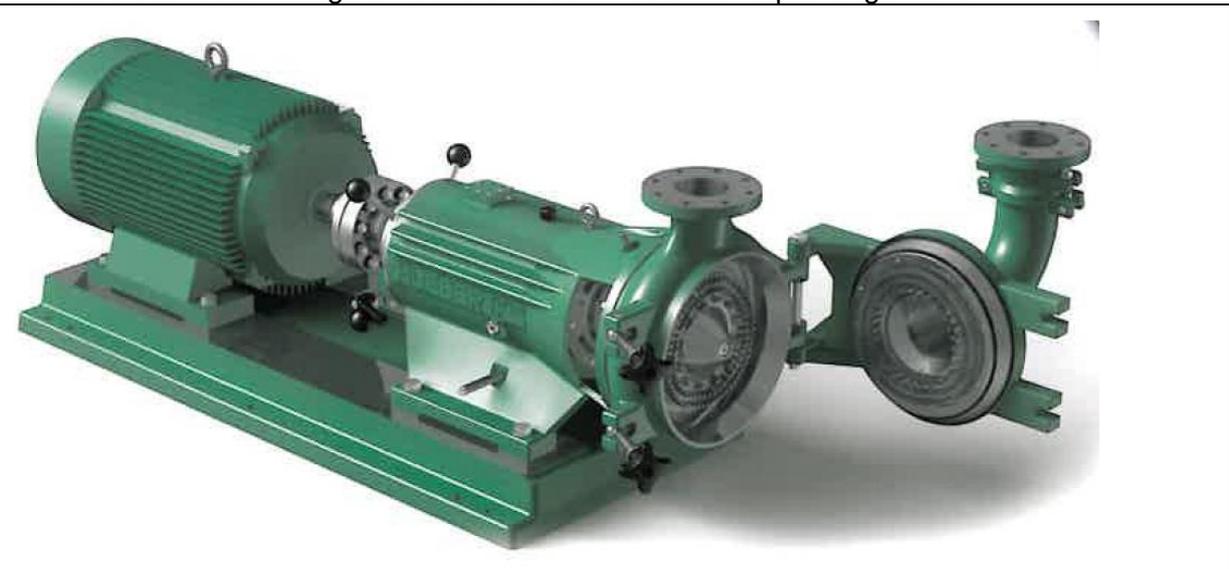


Abb. 5-3: Entstipper-Refiner mit Pumpeneintrag und Austrag nach oben (geöffnet)



Abb. 5-4: Atmosphärischer Refiner mit Auslass nach unten auf Betonfundament

6 Fortführung des Projektes

Aus den Erkenntnissen der ersten Phase des Forschungsprojektes ergeben folgende Forschungsschwerpunkte, Entwicklungs- und Forschungsziele für die nächste Projektphase:

1. Entwicklung der Stoff- und Wasserführungssysteme zur Realisierung eines Hochkonsistenzbetriebs mit dem Entstipper-Refiner
2. Erforschung der optimalen Betriebsweise hinsichtlich Energieverbrauch und Reinigungswirkung unter Vollastbedingungen
3. Optimierung und Anpassung der Werkzeuge (Mahl- bzw. Zahnscheiben)
4. Prozesswasseraufbereitung – Suche nach geeignete Verfahren

6.1 Optimierung des Stofftransportes

Erheblichen Einfluss auf die Betriebskosten hat die Feststoffkonsistenz im Refinermahlspalt. Je weniger Wasser durch den Mahlspalt fließen muss, desto weniger Anteil an der aufgenommenen Energie wird in Wasserverwirbelung umgesetzt und so mehr in Friktion auf die zu reinigende Oberfläche der Kunststoffe. Daraus leitet sich das Ziel ab, einen Hochkonsistenzbetrieb zu ermöglichen.

Insbesondere Folie ist ab 2-3% Feststoffkonsistenz nicht mehr pumpfähig, was dem Hochkonsistenzbetrieb entgegensteht.

Daher ist es das Ziel der CVP folgende Eigenschaften in einem Produkt zu vereinen:

1. Hochkonsistenzbetrieb → Optimierung der spezifischen Energieaufnahme
2. Kompakte und niedrige Bauweise → Vermeidung von Fundamenten Pumpensumpf

Am Forschungsrefiner müssen daher Umbauten vorgenommen werden. Diese beinhalten den Refinerdeckel bzw. die Einspeisung und Wasserzuführung und das Gussgehäuse, bzw. den Refinerauslass und die Materialabführung.

6.1.1 Stoffzuführung und Einstellung der Konsistenz

Der Refiner hat drei wichtige Zonen:

1. Die Stoffzuführung zum Reinigungsraum
2. Der Reinigungsraum
3. Der Stoffaustrag

Entscheidend für die Reinigungswirkung und den Energieverbrauch ist die Konsistenz im Reinigungsraum also im Spalt zwischen Rotor und Stator. Daher muss es das Ziel sein, die richtige Konsistenz dort einzustellen.

Eine konsistenzunabhängige bzw. hochkonsistente Beschickung des Refiner Reinigungsraum ist nur möglich mit Hilfe einer Beschickschnecke bzw. Einspeiseschnecke.

Eine platzsparende Konstruktion ohne Betonfundament (siehe oben) ist jedoch nur möglich, wenn das Wasser-Kunststoffgemisch in Rohrleitungen abgeführt werden kann, was impliziert, dass am Auslass eine niedrige Konsistenz eingestellt werden muss, da sich hochkonsistente Mischungen nicht oder nur schwierig durch Rohrleitungen transportieren lassen

Daher ist es erforderlich die Konsistenz in der Reinigungszone anders bzw. höher als in der Auslasszone einstellen zu können.

Dieses soll realisiert werden, in dem die Prozesswasserzuführung an verschiedenen Stellen erfolgen kann.

1. In der Beschickschnecke
2. In den Reinigungsraum
3. In den Stoffaustrag

6.1.2 Stofftransport aus dem Refiner

Aus baulicher Sicht zur Vermeidung aufwendige Fundamente ist der Materialauslass nach oben optimal. Jedoch scheidet diese Lösung aus, da der sich ausbildende statische Druck das Wasser zurück durch die Einspeiseschnecke drücken könnte.

Ein Auslass nach unten führend muss konstruktiv so ausgestaltet werden, dass der Refiner nicht höher aufgestellt werden muss.

Ideal erscheint ein Auslass in radialer und horizontaler Richtung.

Zum Weitertransport in Rohrleitungen muss, wie oben beschrieben, eine niedrigere Konsistenz eingestellt werden. Daher muss am Auslass eine Wasserzuführung vorgesehen werden.

Von diesem niedrig gelegenen Punkt muss das Gemisch abtransportiert werden – typischer Weise zu dem Einlass eines Aggregates zur Wasser-Kunststofftrennung. Baulich müssen also ca. 1-2 m Hubhöhe und eine horizontale Wegstrecke überwunden werden.

Eine bekannte Methode zum Transportieren von Wasser-Kunststoffgemischen ist die Verwendung von Feststoffpumpen. Marktüblich sind u.a. Drehkolbenpumpen und Schraubenspindelpumpen.

Alle diese Arten von Pumpen stellen jedoch eine potentielle Störquelle dar. Eine häufige Ursache von Betriebsunterbrechungen sind Störungen an Feststoffpumpen. Diese werden verursacht durch eingeklemmte Feststoffe (vor allem bei stückigem Gut), Abriss der Pumpwirkung durch Lufteinschlüsse oder durch Verschleiß. Problematisch bei Kunststoffen ist auch das Absinken bzw. Aufschwimmen der Kunststoffe je nach Dichte der Kunststoffe.

CVP hat die Idee entwickelt, den Auslass des Refiners mit dem Strahlpumpenprinzip umzusetzen. CVP beabsichtigt diese Entwicklung in einer Patentanmeldung umzusetzen.

Eine Strahlpumpe ist eine Pumpe, in der die Pumpwirkung durch einen Fluidstrahl („Treibmedium“) erzeugt wird, der durch Impulsaustausch ein anderes Medium („Saugmedium“) ansaugt, beschleunigt und verdichtet und fördert, sofern es unter ausreichendem Druck steht.

Da diese Pumpenart sehr einfach aufgebaut ist und keinerlei bewegte Teile hat, ist sie besonders robust und wartungsarm.

Strahlpumpen wurden zuerst 1871 von der Firma Körting Hannover gebaut.

Das Wasser-Kunststoffgemisch stellt in dieser Konstellation das Saugmedium dar und das Wasser, welches im Auslass zur KonsistenzEinstellung zugeführt wird, das Treibmedium.

Mit der Strahlpumpe lassen sich folgende Effekte erzielen:

1. Zuführung von Wasser zur Einstellung der Transportkonsistenz
2. Druckaufbau für den notwendigen Druck zum Stofftransport
3. Saugwirkung in der Reinigungszone zur Erhöhung bzw. Sicherstellung der Durchsatzleistung
4. Erzeugung einer starken Vermischung des Treibmediums mit dem Saugmedium, wodurch ein Spüleffekt zum Abspülen der abgelösten Schmutzfasern / Schmutzpartikel erzeugt wird. Gleichzeitig wird damit auch das Absinken oder Aufschwimmen der Kunststoffe im wässrigen Medium verhindert.

6.2 Betriebspunkterforschung / effiziente Reinigung

Im Rahmen umfassender Technikumsversuche müssen die Betriebsparameter bezogen auf einen Rohstoff optimiert werden. Für jeden Rohstoff wird es ein optimales Betriebsparameterfenster geben. Erforscht werden insbesondere folgende Parameter

1. Eintragskonsistenz
2. Austragskonsistenz
3. Durchsatz
4. Refinerspalt – Reinigungswirkung

Einfluss auf diese Parameter haben zum Beispiel folgende Materialeigenschaften:

1. Schüttdichte
2. Form der Flakes

3. Materialhärte bzw. Materialflexibilität
4. Erweichungstemperatur (Gefahr des Schmierens bzw. des Aufschmelzens im Mahlspalt)
5. Korngrößenverteilung
6. Grad und Art der Verunreinigungen der Kunststoffe

6.3 Werkzeugentwicklung

In Hinblick auf die mechanische Entfernung von Kleberanhaftungen von Hotmelt-Etikettenklebern und Reduzierung des Energiebedarfs besteht weiterer Entwicklungsbedarf. Alle Untersuchungen haben gezeigt, dass neben der Konsistenzfrage die geometrische Optimierung der Werkzeuge eine erhebliche Auswirkung hat. Die identifizierten Entwicklungsziele sind:

- Verbesserung der Kleberentfernung (Hotmelt) durch geänderte Werkzeugoberflächen
- Reduzierung des Energiebedarfes über die Anpassung von Strömungsquerschnitten des Werkzeugs im Reinigungsraum
- Erzeugung / Vermeidung einer Pumpwirkung zur gezielten Beeinflussung von Strömungsprofilen
- Erzeugung / Vermeidung einer Zerkleinerungswirkung zur Optimierung

6.4 Prozesswasseraufbereitung (Optional in anschließender Projektphase)

Der Refiner löst ein wichtiges Problem, in dem er die anhaftenden Stoffe auf den Kunststoffen abreibt und in Suspension bringt.

Auf der anderen Seite wird dadurch ein Problem erzeugt, da die abgeriebenen Stoffe im Refiner beim Durchfahren zerkleinert und mit dem Prozesswasser immer feiner vermischt werden. Diese Stoffe aus dem Wasser zu entfernen ist eine wichtige Aufgabe, um den Prozess zu beherrschen. Die Schwierigkeit ist, dass sonst übliche Filtrationsverfahren versagen bzw. keine wirtschaftlichen Standzeiten erreichen. Dieses liegt offensichtlich an der Art der kolloidalen Struktur der Suspension aus Zellstoffresten, Klebern und Kunststoffabrieb.

Als eine zentrale Erkenntnis aus den Versuchen ist die „Rückverschmutzungs-Problematik“ identifiziert worden. Darunter ist zu verstehen, dass ein durch den Prozess sauber gereinigte Produkte in Folge von Kolloiden in der Prozesswassersuspension wieder erneut verschmutzt werden. Gerade bei PET Rohstoffen mit stark polaren Oberflächeneigenschaften lagern sich polare kolloidale Strukturen sehr leicht als Schleier oder Film auf den Kunststoffoberflächen ab. Diese lassen sich dann selbst durch intensives Nachspülen nicht mehr entfernen. Daher muss die Anreicherung im Prozesswasser durch eine geeignete Aufbereitung vermieden werden.

Hierbei ergeben sich folgende Forschungsschwerpunkte:

- Beurteilung der Schmutzwassersuspension (Partikelgröße, Partikeldichte; Partikelart) mit geeigneten Messsystemen)
- Einfluss der Schmutzwassersuspension auf die Qualität der Produkte in Abhängigkeit von Messwerten der Konzentration und Struktur
- Definition von Grenzwerten
- Einfluss der Prozesswassertemperatur und weiterer Parameter wie z.B. Härte, pH-Wert usw.
- Versuche mit verschiedenen Verfahren zur Wasseraufbereitung (Filtration, Flotation, Zentrifugation, Chemisch-Physikalische Verfahren, Biologische Verfahren)

7 Ökologische und ökonomische Bewertung der erreichten Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein wichtiger Zwischenschritt zur Entwicklung kleiner kompakter Waschsyste auf Basis des CVP Verfahrens erreicht.

Der eigentliche ökonomische und ökologische Nutzen wird natürlicher Weise erst dann verwirklicht, wenn diese Systeme in den Markt gelangen und größere Mengen Kunststoffabfälle damit aufbereitet werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde nachgewiesen, dass das CVP Verfahren auch mit kleinen Refineraggregaten funktioniert.

Die Tatsache, dass diese relativ preiswerten und vor allem kompakten und einfach zu installierenden Aggregate für das Kunststoffrecycling geeignet sind, ermöglicht potentiell eine zügige und massenhafte Verbreitung der CVP-Technologie.

Damit ergeben sich folgende generellen Potentiale, nach der Markteinführung die Umwelt zu entlasten:

1. Reduzierung der CO₂-Emissionen durch die Ausweitung des werkstofflichen Recyclings und damit verbundener Reduzierung der „thermischen Verwertung“. Mehrere veröffentlichte Studien weisen nach, dass im Vergleich zur thermischen Verwertung und Ersatz der verbrannten Abfälle durch Kunststoffneeware beim werkstofflichen Recycling pro Tonne ca. 1,5 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden.
2. Reduzierung von Umweltbelastungen da durch das Recycling entsprechend der Anteil an kontrollierter und unkontrollierter Deponierung von Kunststoffabfällen in Schwellen- und Entwicklungsländern sinkt. Weiterhin durch Vermeidung von Müllexporten aus den Industrieländern und durch den Aufbau von Recyclingkreisläufen in den Schwellen- und Entwicklungsländern.
3. Reduzierung des Einsatzes umweltschädlicher Waschchemikalien, insbesondere in PET Recyclinganlagen.
4. Reduzierung des Energieverbrauches beim Recycling von Abfallkunststoffen zu hochwertigen Rezyklaten.

7.1 Energieverbrauch

7.1.1 Vergleich zu herkömmlichen Aufbereitungsverfahren

Der Vergleich zu herkömmlichen werkstofflichen Recyclingverfahren ist nur bedingt und nicht für alle Kunststoffarten möglich, da neben der spezifischen notwendigen Energie immer auch die Produktqualität des Rezyklats betrachtet werden muss. Die Produktqualität ist von der Menge der Restanhaftungen abhängig. Liegt die Menge an Restanhaftungen über produktabhängigen Grenzwerten, dann sind die herkömmlichen Rezyklate nicht mit den „reinen“ vergleichbar, da diese für viele bestimmte Anwendungsfälle nicht oder nur bedingt nutzbar sind.

Daher ist ein Vergleich nur sinnvoll, wenn herkömmliche Waschprozesse herangezogen werden, die ebenfalls sehr reine A-Qualitäten erzeugen können. Von A-Qualität kann man sprechen, wenn die Restanhaftungen bei Folie deutlich unter 100ppm und bei Hartkunststoffen unter 50ppm liegen.

Beim Recycling von Folien, die mit Zellstoffetiketten kontaminiert sind, lassen sich mit herkömmlichen Wasch-Verfahren praktisch keine A-Qualitäten erzeugen. Dieses ist nur dann möglich, wenn Restanhaftungen am Ende des Recyclingprozesses während einer abschließenden Extrusion, mittels aufwendiger Schmelzefiltration, abgeschieden werden. Diese Schmelzefiltrationen limitieren den Durchsatz, sind energieintensiv, da mit hohen Drücken gearbeitet werden muss und führen zu Materialverlusten, da bei hohem Anteil an Restanhaftungen, die Filter häufig rückgespült werden müssen.

Beim CVP Verfahren werden Restanhaftungen im Waschprozess auf die geforderten Grenzwerte reduziert, so dass man sich eine Extrusion mit Schmelzefiltration ersparen kann. Stattdessen können Pellets oder Agglomerate erzeugt werden, um die für den Abtransport zum Kunststoffverarbeiter notwendige Materialverdichtung zu gewährleisten. Gegenüber der Extrusion wird beim Herstellen von Pellets deutlich weniger Energie verbraucht, da die Folienschnipsel nur angeschmolzen und nicht komplett durchgeschmolzen werden.

Tab. 7-1: Differenzbetrachtung der Energieverbräuche beim Folienrecycling

Vergleich Energieverbrauch beim Folienrecycling			
CVP-Verfahren		Herkömmliches Recycling-Verfahren	
	kWh/Tonne		kWh/Tonne
Schredder	60	Nassschneidmühle	65
Refiner	80	Friktionswäscher 1	40
		Intensivwäscher	80
Entwässerung	40	Entwässerung	40
Pelletierung	190	Extrusion/Granulierung	300
Summe	370	Summe	525

Differenz	155
Strompreis	0,14 €
Kosten / Tonne	21,70 €

7.1.2 Optimierungspotentiale CVP-Verfahren aus den Erkenntnissen des Forschungsprojektes 1

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde nachgewiesen, dass das CVP Verfahren auch mit kleinen Refineraggregaten funktioniert. Jedoch wurden Nachteile in der Bauweise der heute am Markt verfügbaren kleinen Refinern aus der Papierindustrie nachgewiesen, die ausschließlich einen Niederkonsistenzbetrieb ermöglichen, welcher beim Kunststoffrecycling energetisch nachteilig ist. Daher soll auf Basis der Erkenntnisse des ersten Forschungsprojektes in weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten der für die Forschungsanlage gemietete Refiner so umgerüstet werden, dass ein Hochkonsistenzbetrieb möglich wird.

Durch den Hochkonsistenzbetrieb werden folgende Energieeinsparungen erwartet:

Spezifische Energieaufnahme (Folienrecycling) Niederkonsistenzbetrieb: 110 kWh/Tonne

Spezifische Energieaufnahme (Folienrecycling) Hochkonsistenzbetrieb: 60 kWh/Tonne

Differenz: ca. 50 kWh/Tonne

Bei einer angenommenen CO₂-Emission von 400 g/kWh erzeugtem Strom (Strommix Deutschland) ergibt sich ein Einsparpotential von 50.000 Tonnen pro Jahr an CO₂:

Tab. 7-2: CO₂-Einsparungspotential pro Jahr beim Folienrecycling

Folienabfälle in Deutschland pro Jahr	800.000	To/a
Stromeinsparung durch CVP Verfahren	155	kWh
CO ₂ -Emission pro kWh Stromverbrauch	400	g
CO ₂ -Einsparungspotential	49.600	To/a

7.2 Wasserverbrauch / Abwasserbelastung

Im Waschwasser reichern sich beim Kunststoffrecycling folgende unlöslichen und löslichen Stoffe an:

1. Zellstoffasern
2. Kunststoffabrieb
3. Druckfarben
4. Salze / Zucker aus Restflüssigkeiten
5. Fette Eiweiße aus organischen Verschmutzungen
6. Kleber von Etiketten
7. Waschchemikalien (herkömmliche Verfahren, PET Recycling)

Um die Umweltrelevanz der Verfahren zu beurteilen, muss sowohl der absolute Verbrauch an Frischwasser als auch die Belastung des Abwassers betrachtet werden.

Die Kosten für Frischwasser und die Entsorgung von belastetem Abwasser ist regional sehr unterschiedlich. Zudem spiegeln die Annahmgebühren der Klärwerke nicht unbedingt die resultierende Umweltbelastung wieder.

7.2.1 Belastung des Abwassers

Herkömmliche Waschverfahren erreichen durch mechanische Reibung keine vollständige Ablösung von Zellstoff-Klebeetiketten.

Beim Recycling von PET Flaschen zu neuen PET Flaschen hat sich daher in herkömmlichen Recyclinganlagen das sogenannte Natronlaugen-Heißwasch-Verfahren etabliert. In einer komplett eigenständigen Waschstufe werden dabei die herkömmlich vorgewaschenen Flakes mit Hilfe auf 80°C erhitztem Wasser und unter Zugabe von u.a. Natronlauge nachgewaschen. Die Natronlauge dient in erster Linie dazu, verbliebene Zellstoffasern anzuquellen und abzulösen.

Üblicher Weise werden pro Tonne PET bis zu 30l Natronlauge verbraucht.

In Deutschland, wo überwiegend besonders recyclingfreundliche PET Flaschen (mit wenige Zellstoffetiketten) in Umlauf kommen und recycelt werden, werden in effizient arbeitenden Recyclinganlagen die Mengen an Natronlauge auf 10 l/Tonne reduziert.

Weiterhin werden je nach Anlage spezielle Tenside, Entschäumer und Schwefelsäure zur Laugenneutralisation eingesetzt.

Der Verbrauch an Waschchemikalien pro Tonne Kunststoff (PET Flaschenrecycling) beim Einsatz recyclingfreundlicher Deutscher Einwegpfandware wird nachfolgende aufgelistet:

Tab. 7-3: Einsatz von Waschchemikalien beim herkömmlichen PET Recycling

Minimaler Verbrauch an Waschchemikalien	
Natronlauge	5 l/Tonne
Tenside	3 l/Tonne
Entschäumer	1,5 l/Tonne
Schwefelsäure	1 l/Tonne

Beim CVP Verfahren wird keine Natronlauge benötigt und somit das Abwasser geringer belastet. Zurzeit werden auf der CVP Referenzanlage in Fulda, in der in nur einer Waschstufe, ohne Zugabe irgendwelcher Waschchemikalien, noch nicht ganz die Qualitätskennwerte in

Bezug auf die Transparenz der führenden Anlagen erreicht. Mikroskopische Untersuchungen ergaben restliche Anhaftungen von Farbpigmenten an den Flakes. Diese Farbpigmente entstammen den bedruckten Flaschenetiketten. Hier besteht in zweierlei Hinsicht weiteres Entwicklungspotential.

Erstens können diese Pigmente in einer Nachwaschstufe mit Hilfe eines umweltfreundlichen Waschdetergenz entfernt werden. Ein weiteres Potential bietet die Reduktion der im Waschwasser befindlichen Druckfarben durch verbesserte Filtrationsverfahren.

7.2.2 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch beim Recycling richtet sich nach folgenden Faktoren:

1. Die gewünschte Reinheit der Endprodukte als Funktion der Konzentration von Verschmutzungen im Waschwasser, die immer als Restanhaftungen am Produkt verbleiben.
2. Technologischer betriebener Aufwand bei der Waschwasseraufbereitung
3. Eintrag an unerwünschten Stoffen in den Prozess

Werden Kunststoffe nach dem CVP Verfahren ohne Zugabe von Chemikalien aufbereitet, dann lassen sich praktisch alle Stoffe aus dem Waschwasser über Filtration und biologische Verfahren entfernen. Für die Entfernung von Salzen aus Lebensmittelresten wäre eine Umkehrosmose erforderlich.

Der Aufwand für eine biologische Aufbereitung und für eine Umkehrosmose innerhalb der Recyclinganlage ist meist zu hoch, so dass es gesamtwirtschaftlich sinnvoller ist, das Abwasser an bestehende kommunale oder industrielle Kläranlagen abzugeben, die mit den Belastungen aus den CVP-Recyclinganlagen gut zurecht kommen.

Werden nach herkömmlichen Verfahren Chemikalien eingesetzt, so führen diese zu einer zusätzlichen Belastung des Wassers. Üblicher Weise wird jeweils ein Teil der Natronlauge aus der Natronlauge waschstufe als Restfeuchte mit den Kunststoffen ausgetragen. In einer nachfolgenden Spülstufe wird die Natronlauge so verdünnt, dass das Abwasser keine kritische Konzentration mehr aufweist. Jedoch erhöht sich durch Aufkonzentration der Natriumchlorid-Ionen der Bedarf an Frischwasser.

Vergleicht man herkömmliche PET Recyclinganlagen mit einer üblichen Wasseraufbereitung durch Filtration und Nutzung von Dekantern mit der CVP Referenzanlage, dann ergibt sich folgender Vergleich an verbrauchtem Wasser pro Tonne Kunststoff.

Tab. 7-4: Vergleich Frischwasserverbrauch beim PET Recycling

Frischwasserverbrauch pro Tonne beim PET Recycling		
CVP Referenzanlage bei Fulda	0,6	m ³ /Tonne
Verfahren mit Natronlaugeheißwäsche	1,5	m ³ /Tonne

Hamburg, den 18.11.2013

CVP Clean Value Plastics GmbH

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Michael Hofmann', with a long horizontal stroke at the end.

Michael Hofmann
- Geschäftsführer -

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carsten Wermter', with a long horizontal stroke at the end.

Carsten Wermter
- Projektleiter –

Auskunftsanfragen bitte schriftlich an
Herrn Dipl. Ing. Carsten Wermter
c.wermter@cvp-st.com

oder an
Herrn Dipl. Holzwirt Michael Hofmann
m.hofmann@cvp-st.com