



chemPLANT-Aufgabe 2021:

chemSACK: Mit Recycling zum Erfolg?

Die derzeitige Allgegenwärtigkeit von Kunststoffen in Bereichen wie beispielsweise der Verpackungsindustrie, der Mobilität in Form von Autoreifen oder als Granulat auf Fußballplätzen, ist ein kontrovers diskutiertes Thema der heutigen Gesellschaft. Wurden Kunststoffe in den 50er-Jahren noch als gute Substituten für Papierverpackungen angesehen, rücken heute die Problematiken der Materialien immer weiter in den Vordergrund. Langlebige, leichte und gut schützende Kunststoffe, welche außerdem sehr kostengünstig zu produzieren sind, haben gravierende Nachteile: Sie zersetzen sich meistens nicht. Dies führt auf verschiedene Arten zur Verschmutzung der Umwelt und beeinträchtigt das Leben von Mensch und Tier. Hierbei sind vor allem die Unbekanntheit der Auswirkungen von Mikroplastik auf Organismen sowie das Treiben von Müllinseln in Ozeanen zu nennen. Darüber hinaus wird ein Großteil des konventionell genutzten Kunststoffes aus fossilen Energieträgern – primär Erdöl – hergestellt.

Die Erdölgewinnung mit den daraus entstehenden Umweltfolgen, als auch die Maßnahmen zur Reinigung der Umwelt, zum Beispiel das Sammeln von Kunststoffabfällen aus den Ozeanen, soll in Zukunft vermieden werden. Daher besteht das Interesse an einem wertschöpfenden Prozess von Kunststoffabfällen. Für dieses Thema interessieren sich sowohl Start-Up-Unternehmen, aber auch größere Unternehmen und nutzen dies für Werbezwecke.

Neben sortenreinen Kunststoffen wie zum Beispiel Flaschen aus Polyethylenterephthalat (PET), besteht heutiger Verpackungsmüll aus Multilayer- und Verbundverpackungen. Durch diese Materialkombinationen wird der Recyclingprozess einzelner Fraktionen erschwert. Darüber hinaus verändert sich das Konsumverhalten der Menschen durch aktuelle Ereignisse, wie zum Beispiel die Corona Pandemie. Im vergangenen Jahr ist der anfallende Verpackungsmüll (z.B. durch Einwegverpackungen für Lebensmittel oder Versand) stark gestiegen. Dieser Trend scheint sich auch in diesem Jahr fortzusetzen. Die effiziente Nutzung sowie Wiederverwertung und -verwendung ist daher ein aktuelles Thema der Gesellschaft.

Vor diesem Hintergrund soll ein Gesamtverfahren entwickelt werden, das den chemSACK (Zusammensetzung siehe Tabelle 1) recycelt und verarbeitet. Das Ziel ist es mit einem frei wählbaren Prozess ein oder mehrere innovative sowie wertgesteigerte Produkte zu entwickeln. Der besondere Fokus bei der Konzept- und Verfahrensentwicklung liegt auf der **Innovation sowie der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit**. Diskutieren Sie Ihre Entscheidungen und begründen Sie Ihre Annahmen.

Die Kriterien sind im Detail:

- Kreative Produktentwicklung eines höherwertigen Produktes¹.
- Verwertungsquote: Nutzungsverhältnis der Abfallfraktionen.
- Ökologie des Prozesses unter Betrachtung der CO₂-Bilanz.
- Wirtschaftlichkeit: Monetärer globaler Nutzen und Verkaufspreis erzeugter Produkte.

Die Anlage ist dabei zentral oder dezentral an frei wählbaren, deutschen Standorten mit bestehender Werksinfrastruktur nach deutschen Standards zu planen. Die Abfallmenge soll dem Abfall einer fiktiven deutschen Großstadt (500.000 Einwohner) entsprechen und wird vollständig kostenlos bezogen. Diskutieren Sie die Verwertung aller vorhandenen Inhaltsstoffe des chemSACKs und erarbeiten Sie ein sinnvolles, kreatives und innovatives Produkt¹ mittels stofflicher Verwertung. Wählen und definieren Sie eine passende Kombination von Absatzmarkt und Produkt. Für den Prozess dürfen jegliche Lösungsmittel verwendet werden. Beachten Sie dabei, dass die Verwendung von Stoffen mit bestimmten GHS-Kennzeichnungen ggf. zur Verschlechterung der ökologischen Bewertung führen.

Spezifikation des Gesamtmülls:

In der fiktiven Großstadt fallen 7500 t Müll pro Jahr an.

Tabelle 1: Zusammensetzung des zu verarbeitenden Mülls

Abfall (kostenlos)	Massenanteil	Zusammensetzung
Eisenmetalle*	0,23	Weißblech
Aluminium*	0,08	Aluminium
Sortenreine Kunststoffe	0,44	Polyethylenterephthalat (11%), High-Density-Polyethylen (23%), Low-Density-Polyethylen (27%), Polypropylen (30%), Polystyrol (9%)
Multilayer-Kunststoffe	0,08	Polyethylenterephthalat (87%), Polyethylen (8%), Ethylenvinylalkohol (1%), Kleber/Haftvermittler/Primer (4%)
Verbundverpackung	0,17	Karton (63%), Polyethylen (30%), Aluminium (7%)
Verunreinigungen	in Spuren	Schwefel, Amide, Chlor, Lebensmittelreste

*Die Metalle sind zwar generell im Abfallstrom enthalten, wurden aber bereits in einem vorherigen Schritt abgetrennt und sollen daher für die weitere Bearbeitung nicht betrachtet werden.

¹ Es ist dabei frei wählbar, ob ein oder mehrere Produkte entwickelt werden.

Die Aufgabe gliedert sich in folgende Schritte:

- Kreative Produktentwicklung² aus hauswirtschaftlichem Werkstoffmüll. Dieser steht kostenlos zur Verfügung.
- Innovative Konzeptentwicklung zur Herstellung eines oder mehrerer Produkte(s) unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien sowie der Produktströme.
- Verfahrenstechnische Auslegung Ihres Produktionskonzeptes unter stofflicher Verwertung der Materialien.
- Erarbeitung der Massen- und Energiebilanzen mit Fokus auf der Verwertungsquote des gesamten Abfallstroms.
- Auslegung und Dimensionierung der Apparate.
- Erstellung eines Verfahrensfliessbildes inkl. Verfahrensbeschreibung.
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten sowie eine Bestimmung des ökologischen und ökonomischen Nutzens des Produktes.

Infrastruktur und Betriebsmittel am Standort

Kosten für die einzelnen am Standort zur Verfügung stehenden Betriebsmittel (sofern sie nicht selbst erzeugt werden) sowie anfallende Kosten für Entsorgung sind Tabelle 2 zu entnehmen. Weitere Betriebsmittel sind bei Bedarf zu begründeten Bedingungen zu wählen.

Tabelle 2: Betriebsmittel und Infrastruktur am Standort.

	Spezifikation	Kosten
Betriebsmittelkosten		
Strommix ³	10 kV & 400 V	60 € / MWh
Ökostrom	10 kV & 400 V	100 € / MWh
Erdgas	-	30 € / MWh
Dampf	40 bar	50 € / t
Druckluft	6 bar	50 € / 1000 Nm ³
Kühlwasser	35 °C ($\Delta T_{\max} = 10 \text{ K}$)	80 € / 1000 m ³
Trinkwasser	-	2 € / m ³
Entsorgungskosten		
Abwasser	< 10.000 ppm CSB*	5 € / m ³
Lösungsmittelhaltige Abfälle	-	0,5 € / kg

*CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf

² gewünscht: komplexer als bspw. eine Parkbank

³ <https://strom-report.de/strom/>

