



Die 8. Regierungskommission hat die Empfehlungen zum Thema „Chemisches Recycling“ am 23. März 2022 einvernehmlich beschlossen.

Vorwort

Kunststoffe sind aufgrund ihrer vielseitigen Funktionalitäten aus dem Alltag nicht wegzudenken. Sie erfüllen in Endprodukten verschiedenste Aufgaben und müssen dabei diversen Anforderungen gerecht werden. Dazu gehören z.B. Qualität, Sicherheit, Bruchfestigkeit, thermische Belastbarkeit, Langlebigkeit, Toxizität, Lebensmittelsicherheit, Erscheinungsbild, Haptik oder Geruchsfreiheit. Die Anforderungen ergeben sich ihrerseits aus regulatorischen oder Kundenanforderungen.

Die Vermeidung und Verwertung von Kunststoffabfällen im Sinne einer erneuten Nutzung und die dazu etablierten und in Entwicklung befindlichen Verfahren sind aktuelle Themen der technischen und politischen Debatte. Vor dem Hintergrund der steigenden Umweltbelastung durch Kunststoffabfälle weltweit, werden die unterschiedlichen Lösungsansätze teilweise kontrovers diskutiert. Da die Herstellung von Kunststoffen hauptsächlich aus fossilen Rohstoffen wie Öl, Gas und Kohle erfolgt, stellt sich unter dem Aspekt von Ressourceneffizienz die Frage nach den Möglichkeiten, Kunststoffe nach ihrem ersten Lebenszyklus als Polymere im Wertstoffkreislauf zu halten und umweltschonend einer erneuten Nutzung zuzuführen. Durch die erneute Nutzung der Kunststoffmaterialien kann die aufwendige Herstellung von Basischemikalien und neuen Polymeren aus Rohöl verringert und im Fall des mechanischen Recyclings auch der energieintensive Polymerisationsprozess ersetzt werden, was sich positiv auf den Klimaschutz auswirken kann.

Zudem ist zu erwarten, dass vermehrt regulatorische Vorgaben zum Rezyklatanteil bzw. dessen Erhöhung in Produkten gestellt werden. Gleichzeitig sind aber auch die eingangs dargestellten regulatorischen und kundenspezifischen Anforderungen für einen weiteren Lebenszyklus der Materialien zu berücksichtigen und umzusetzen.

Neben den etablierten Ansätzen des physikalischen Recyclings, welches mechanische und lösemittelbasierte Verfahren umfasst (vgl. Schema in der Anlage), stehen Verfahren der chemischen Rückgewinnung, das sogenannte „chemische Recycling“ als zusätzliche Verfahrensoptionen aktuell im Fokus einer umweltpolitischen Einordnung. Sie werden dabei hinsichtlich Klimaverträglichkeit und ökologischer Vorteilhaftigkeit zum Teil unterschiedlich bewertet und zum Teil gibt es kontroverse Auffassungen in Hinblick auf den Beitrag zur Stärkung des Recyclings insgesamt. Es steht in Diskussion, ob diese Verfahren in Konkurrenz zur bestehenden Praxis Abfallströme in ein anderes Verfahren umleiten, aber keine bisher ungenutzten Abfälle erschließen.

Bei einer Bewertung ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den angesprochenen Verfahren um Verfahrensgruppen handelt, die innerhalb der Gruppe unterschiedliche Ausprägungen haben können. Die Art des letztlich angewendeten Verfahrens ist u.a. abhängig von der Herkunft, der Zusammensetzung und dem Sortierungsgrad des Vormaterials. Folgerichtig sind entsprechend dazu, unterschiedliche Ergebnisse in Qualität und Anwendbarkeit und infolge dessen auch auf die Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten.

Auf Basis einzelner Pilotprojekte (z.B. der LCA basierten Analyse eines Verfahrens bei der BASF¹ und anderer Unternehmen der chemischen Industrie²) und der damit verbundenen Verfahren im Bereich des chemischen Recyclings lassen sich erste Bewertungen und Einordnungen in Hinblick auf den ökologischen Nutzen ableiten. Dabei wird allerdings deutlich, dass die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, was sich auch in einigen kritischen Betrachtungen der Entwicklung widerspiegelt (vgl. UBA 2020³, div. Umweltverbände 2020⁴, VCI 2021⁵, ECHA 2021⁶).

Ziel dieses Dokuments ist es, auf der Basis der bestehenden Möglichkeiten der Entsorgung und Verwertung im Sinne einer erneuten Nutzung von Kunststoffabfällen eine erste Einordnung der Verfahren in den Kontext zu treffen und auf weiterführenden Präzisierungs- und Klärungsbedarf hinzuweisen. Die Einordnung und die Strukturierung wesentlicher, aus der Sicht des Arbeitskreises offener Fragestellungen und Handlungsfelder sollen als Hilfestellung für die weitere Diskussion dienen.

Physikalisches Recycling von Kunststoffen

Beim mechanischen oder auch werkstofflichen Recycling von thermoplastischen⁷ Kunststoffen werden Kunststoffabfälle zu Sekundärrohstoffen und Produkten verarbeitet, wobei darauf gezielt wird, die Kunststoffmaterialien für eine erneute Nutzung zu erhalten. Es erfolgt eine mehr oder weniger aufwendige (Abfall-)Vorbehandlung. Diese umfasst eine mechanische Zerkleinerung, ggf. Nassreinigungsschritte mit chemischen Zusätzen und Sortierungen mit unterschiedlichen Techniken. Die Nassreinigungsschritte wirken allerdings nicht auf die Polymerstruktur und lassen diese intakt.

¹ <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/circular-economy/mass-balance-approach/chemcycling/lca-for-chemcycling.html>

² Vgl. CEFIC Sammlung von Beispielen <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemical-recycling-making-plastics-circular/chemical-recycling-examples-from-cefic-member-companies/>

³ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/chemisches-recycling>

⁴ Die Umweltauswirkungen des chemischen Recyclings von Kunststoffen Zehn Kritikpunkte an vorliegenden Ökobilanzen

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/201218_die_umweltauswirkungen_des_chemischen_recyclings_von_kunststoffen_final.pdf

⁵ Forschungspolitische Empfehlungen zum chemischen Kunststoffrecycling – neue Verfahren und Konzepte <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/2021-07-05-dechema-ped-vci-forschungspolitische-empfehlungen-zum-chemischen-recycling.pdf>

⁶ https://echa.europa.eu/documents/10162/1459379/chem_recycling_final_report_en.pdf/887c4182-8327-e197-0bc4-17a5d608de6e?t=1636708465520

⁷ Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich einfach (thermoplastisch) verformen lassen.

Im nachfolgenden Prozess des mechanischen oder lösemittelbasierten Recyclings ändert sich der Aggregatzustand des Polymers (fest, flüssig), die Polymerzusammensetzung bleibt im Prinzip aber unverändert.

Sofern definierte Kunststoffabfälle eines Typs⁸ vorliegen, können sie auf diese Art mit geringem bzw. ohne Qualitätsverlust erneut genutzt werden. Einige Kunststoffabfallströme, wie z. B. getrennt gesammelte PE-Abfälle (post-production und post-consumer) oder PET-Mehrwegflaschen, können auf diesem Weg erfolgreich recycelt werden. Beim Einsatz eines Materialmix aus lange in Nutzung befindlichen Kunststoffen (z.B. in komplexen Produkten wie Elektronikgeräten, Fahrzeugen, Haushaltsgeräten, Bauprodukten) und verunreinigten Kunststoffabfällen, die auf Grund von Degradation, Umwelteinflüssen wie UV-Strahlung, Hitze, Kontamination beeinträchtigt sind, sind Qualitätseinbußen zu erwarten.

Herausforderungen im Bereich des Kunststoffrecyclings bestehen im Bereich der Kunststoffabfälle aus Haushalten. Dieser Stoffstrom besteht aus einem Gemisch von unterschiedlichen Kunststoffmaterialien, oft mit einer Variabilität in Hinblick auf die Auslegung mit Additiven und ggf. Verunreinigungen aus dem Gebrauch im ersten Lebenszyklus. Der Aufwand für das Sammeln, Sortieren, Reinigen und Recyceln und der hohe Anteil an Materialverlusten während der Wiederaufbereitung verursachen hohe Kosten und führen zu einem Recyclingrohstoff, der nicht alle Zielqualitäten denkbarer Einsatzbereiche erfüllen kann. Dies kann es kommerziell unattraktiv machen, die recycelten Rohstoffe aus diesen Strömen in neuen Produkten zu verwenden (z.B. weil nur geringe Mengen einer Kunststoffqualität zur Verfügung steht). Dennoch ist ein Wiedereinsatz, z.B. im Bereich von Verpackungen (u.a. für Wasch- und Reinigungsmittel) heute durchaus möglich und bereits gelebte Praxis.

Der Fokus auf ein nachhaltigeres Produktdesign (z. B. die Verwendung von mehr sortenreinen Kunststoffmaterialien und ein Verzicht auf Verbundmaterialien, die Betrachtung der Variabilität eingesetzter Additive, eine bessere Trennung an der Anfallstelle des Abfalls und technische Entwicklungen rund um das automatische Sortieren und Entfärben (Deinken) könnten auch das mechanische Recycling dieser Abfallströme attraktiver werden lassen.

Mechanische Recyclingansätze stoßen jedoch bei Duroplasten und Elastomeren an ihre technischen oder aber ökonomischen Grenzen. Dies gilt gleichfalls für Thermoplaste, die zum Zeitpunkt des Recyclings regulierte Stoffe wie beispielsweise Flammschutzmittel enthalten, welche nicht in Produkte zurückgeführt werden können.

Chemisches Recycling von Kunststoffen

Chemisches Recycling zielt auf die stoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen im Sinne einer erneuten Nutzung zur Herstellung von Chemikalien zur Herstellung neuer Produkte ab. Dabei werden die Polymere in ihre Monomere oder auch weitergehend zerlegt und anschließend als Rohstoff am Beginn für chemische Prozesse eingesetzt. Primäre fossile Rohstoffe können dadurch eingespart werden.

⁸ beispielsweise Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) mit vergleichbaren Additiven

Handelt es sich bei den Produkten um Kunststoffe, sind diese primär hergestellten Materialien gleichwertig und frei von abfallbürtigen Rückständen. Alternativ können die Rohstoffe auch in alternative Synthesestränge eingespeist werden, um Stoffe herzustellen, die keine Kunststoffe sind. Chemisches Recycling umfasst u.a. die Prozesse der Vergasung, Pyrolyse, Solvolyse und Depolymerisation.

Chemisches Recycling sollte darauf abzielen, Kunststoffabfälle stofflich zu verwerten, die bisher verbrannt oder deponiert werden, und ist somit als eine ergänzende Lösung zum mechanischen Recycling anzusehen. Allerdings kann derzeit nicht ausgeschlossen werden, dass bereits jetzt genutzte Ströme in das chemische Recycling verschoben werden. Aus ökonomischen Gründen ist dies derzeit nicht zu erwarten.

Grundsätzlich haben die verschiedenen Technologien bei entsprechender Weiterentwicklung das Potenzial,

- kritische Verbindungen in Kunststoffabfällen zu zerstören und/oder zu entfernen und so die Materialien in den Kreislauf zurückzuführen;
- die fossilen Ressourcen (mindestens) in gleichem Umfang wie beim mechanischen Recycling zu schonen und somit zu einer Verbesserung der Klimawirkung der Kunststoffproduktion beizutragen;
- zu einer Verringerung der Verbrennung von Kunststoffen beizutragen und so Materialien stofflich nutzbar zu machen, die derzeit nicht durch das mechanische Recycling erschlossen werden können und damit einen Beitrag zur Klimawirkung der Kunststoffnutzung zu leisten.

Auch beim chemischen Recycling sind vom Grundsatz her Anforderungen an den Reinheitsgrad der eingesetzten Kunststoffabfälle (Inputstrom) einzuhalten, die durch eine entsprechende Vorsortierung erreicht werden. Um die oben genannten Vorteile zu nutzen, sind vorzugsweise die gesammelten Kunststoffabfälle im Hinblick auf eine Trennung von für das chemische Recycling geeignete Material und die mechanisch recycelbaren Kunststoffabfälle zu behandeln. Erforderlich sind weitere Untersuchungen über die technischen Anforderungen der Beschaffung und Vorbehandlung geeigneter Kunststoffabfälle sowie über die nötigen Maßnahmen der Qualitätssicherung für das mechanische und das chemische Recycling.⁹

⁹ http://wip-kunststoffe.de/wip/index.php?id=8&tx_ttnews%5Btt_news%5D=969392&cHash=713f900216a8ffbf76c832d9f011ebf

Wesentliche Erkenntnisse:

1. Die Weiterentwicklung von Verwertungsverfahren für Kunststoffabfälle entbindet nicht von Anstrengungen, das mit dem Green Deal der EU-Kommission angestrebte Ziel zu erreichen. Das sind insbesondere:
 - eine abfallarme Produktgestaltung,
 - die möglichst lange Verwendung eines Produkts für dessen ursprünglichen Zweck (z.B. durch die Möglichkeit zu Reparierbarkeit, die Vorbereitung zur Wiederverwendung als in der Abfallhierarchie höherwertige Behandlung),
 - der Verringerung der Komplexität auf Produkt-, Material- und sogar auf Molekülebene.
2. Generell sollte bei der Umsetzung von „Design-für Sustainability“ Bestrebungen sowohl die Input-Anforderungen von chemischen als auch von mechanischen Recyclingverfahren Berücksichtigung finden. Funktionale Anforderungen an das Endprodukt sind dabei sicherzustellen.
3. Vom Grundsatz her bestimmen nach Sammlung und Sortierung der Reinheitsgrad und die Vielfalt der Kunststoffe, die in einer Abfallfraktion enthalten sind, das am besten geeignete Verfahren. Diese Aktivität kann durch die Bereitstellung definierter Zielqualitäten im Rahmen des Qualitätsmanagements für bestimmte mögliche Anwendungen unterstützt werden, an denen Recyclingunternehmen sich orientieren können.
4. Bei einem Vergleich unterschiedlicher Verwertungs- und Rückgewinnungsverfahren ist eine ganzheitliche Betrachtung des Abfall-/Stoffstromes, von den Verfahren der Sortierung und Vorbehandlung bis zur Bereitstellung für die erneute Nutzung, erforderlich. Standards für vergleichbare Bilanzierungen sind zu beachten bzw. weitergehend zu spezifizieren.

Bei einer ökobilanziellen Betrachtung eines Verfahrens sollten nicht nur einzelne Ökobilanz Parameter wie beispielsweise die Klima-Wirkung (CO₂-Äquivalent), sondern alle für die möglichen Umweltwirkungen des Verfahrens relevanten Parameter einbezogen werden, um ein aussagekräftiges und vergleichbares Ergebnis zu erhalten.

5. Die Wirksamkeit als Senke für regulierte Stoffe in den Abfall-Kunststoffen ist bei einem Verfahrenvergleich ebenfalls zu berücksichtigen. Dabei ist jeweils die gesamte Behandlungskette inklusive möglicher spezifischer Vorbehandlungsprozesse zu betrachten.

Empfehlungen

Die Weiterentwicklung von Verwertungsverfahren für Kunststoffabfälle kann zusätzliche Wege eröffnen, die im Green Deal der EU-Kommission formulierten Ziele hin zu einer europäischen Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Dies erfordert seitens wesentlicher Stakeholder (Rohstoffhersteller, Hersteller und Nutzer von Erzeugnissen, Recycler, Gesetzgeber, Wissenschaft) verstärkte Anstrengungen, wie in der Tabelle aufgeführt:

Stakeholder	Empfehlungen
Rohstoffhersteller	<ul style="list-style-type: none">- Angewandte Forschung zum Einsatz recycelter Materialien fördern und durchführen- Machbarkeitsstudien durchführen- Qualitätsansprüche formulieren- Recycelte Materialien bereitstellen
Hersteller und Nutzer von Erzeugnissen	<ul style="list-style-type: none">- Angewandte Forschung zum Einsatz recycelter Materialien fördern und durchführen- Machbarkeitsstudien durchführen- Qualitätsansprüche formulieren- Recyclateinsatz ermöglichen zur Schaffung einer gesicherten Nachfrage für die Materialien
Recycler	<ul style="list-style-type: none">- Sich an angewandter Forschung beteiligen insbesondere im Bereich der Erfassungs- und Sortiertechnologien sowie der Recyclingverfahren- Machbarkeitsstudien durchführen- Qualitätsansprüche sicherstellen- Recycelte Materialien in ausreichender Menge bereitstellen
Gesetzgeber	<ul style="list-style-type: none">- Standardisierung fördern- Forschung durch Bereitstellung von Fördermitteln initiieren und Forschungscoordination zur Förderung einer breiten Etablierung der Verwendung von Recyclingmaterialien verstärken- Regulatorische Rahmenbedingungen an neue Technologien anpassen
Wissenschaft	<ul style="list-style-type: none">- Forschungsprojekte vorzugsweise als Verbundprojekte von Rohstoffherstellern, Herstellern von Erzeugnissen und Recyclern durchführen

Anlage

