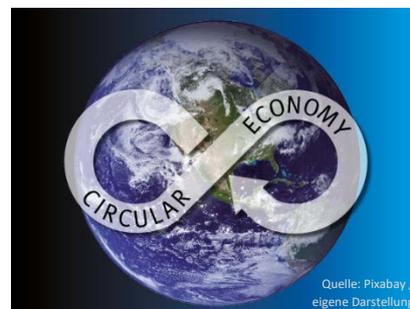


Motivationspapier „Circular Economy“

Die Keeling-Kurve, die den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre dokumentiert, weist parallel zur weltweiten Industrialisierung steil nach oben und erreicht aktuell ca. 420 ppm. Die Temperaturerwärmung, die durch eine vermehrte Absorption der Wärmestrahlung in der Atmosphäre aufgrund des erhöhten CO₂-Gehalts verursacht wird, ist spürbar. Auch die negativen klimatischen Folgen, wie beispielsweise verstärkt auftretende Wetterextremereignisse, sind offenkundig. Langfristig soll zu deren Eindämmung der Temperaturanstieg auf +2°C verglichen zum Vor-Industrialisierungsniveau gemäß der Pariser Klimaziele von 2015 begrenzt werden.

Die steigenden atmosphärischen CO₂-Anteile spiegeln den Verbrauch fossiler Ressourcen in Industrie, Wirtschaft, Verkehr und Gesellschaft wider. Gleichzeitig reichern sich beispielsweise Produkte aus Kunststoffen ungewollt in Weltmeeren an, während die Verfügbarkeit von Rohstoffen dem stetig wachsenden Bedarf in Agrar- und industrieller Produktion kaum gerecht wird. Besonders anorganische Rohstoffe wie bestimmte Metalle oder qualitativ hochwertige Rohphosphate werden knapp.

Offenkundig löst nur die Etablierung einer nachhaltigen Wirtschaft mit ausgeprägten Kreislaufströmen die komplexe Aufgabe, einen gleichbleibend hohen Lebensstandard bei wachsender Weltbevölkerung im ökologischen Gleichgewicht zu erreichen. Studien wie die „Roadmap Chemie“ der DECHEMA und FutureCamp geben Anlass zur Hoffnung: Sie zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist, die chemische Industrie bis 2050 klimaneutral zu gestalten¹, auch wenn dadurch Energie- und Strombedarf drastisch steigen.



Die Politik hat bereits die Weichen für einen Systemwandel gestellt: Mit dem Klimaschutzgesetz vom April 2021, dem Maßnahmenpaket „Fit for 55“ und den Paketen für Kreislaufwirtschaft der EU von 2015 und 2020 haben die Bundesrepublik und die Europäische Union entscheidende Randbedingungen für die mittel- bis langfristige Entwicklung der Wirtschaft in Deutschland und Europa gesetzt. Bis 2035 soll in Europa eine Recyclingquote für Siedlungsabfälle von 65% und für Verpackungsabfälle von 70% erreicht werden^{2,3}. Gleichzeitig sollen bis 2030 die CO₂-Emissionen in Deutschland um 65% und in Europa um 55% sinken⁴. Bis 2045 soll für Deutschland die „vollständige Klimaneutralität“ erreicht werden.

Die kombinierten Ansprüche aus minimierter Umweltbelastung, hoher Recyclingquote, hoher Produktqualität und wirtschaftlicher Attraktivität bilden ein Spannungsfeld, in dem naturwissenschaftlich-technische Lösungen dringend erforderlich sind.

Dies gilt beispielhaft für das Recycling polymetallischer Komposite in elektronischen Bauelementen oder auch in Leichtbaulegierungen, die z.B. in modernen Mobilitätskonzepten eine tragende Rolle spielen. Es ist jetzt schon absehbar, dass der Bedarf an Technologiemetallen allein für die Bedürfnisse der Elektromobilität deutlich ansteigen wird. Doch bislang werden vorwiegend Edelmetalle und Kupfer recycelt. Ähnliches gilt für die Produktion und Wiederverwendung polymerer Materialien in Verpackungen und Hochleistungs-Leichtbauwerkstoffen. In den stark wachsenden Märkten der modernen Energieversorgung werden nicht (mehr) trennbare Materialverbünde eingesetzt, für die noch keine Aufarbeitungskonzepte bestehen. Analoge Probleme existieren beispielsweise für die

¹ <https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp>

² <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/76/ressourceneffizienz-und-kreislaufwirtschaft>

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_21_3541

Kreislaufführung von Batterien, die ein wichtiges Element der Energiespeicherung in nachhaltigen Stromversorgungskonzepten darstellen.

Für die erfolgreiche Etablierung umfassender Kreisläufe in der Wirtschaft ist ein Perspektivenwechsel hin zu langer Produkthaltbarkeit, zum *design for recycling* und zu effizienten Zerlegungstechnologien von Produkten und Materialverbänden unumgänglich. Unabdingbare Voraussetzung ist die mindestens gleichwertige Qualität der recycelten Materialien im Vergleich zu Primärrohstoffen.

Komplementär zu dieser produkt-orientierten Problematik müssen Stoffströme und deren Kreislaufschließung gesamtheitlich betrachtet werden: Anstelle einzelner Produkte tritt hier die Fokussierung auf Seiten- und Restströme aus Energie- und Stoffumwandlungsprozessen im Bereich der Agrar-, Forst-, Lebensmittel-, Chemie-, Kunststoff-, Energie-, Zement-/Baustoff-, Automobil- und Abfallwirtschaft. Neben der Rückgewinnung anorganischer Wertstoffe sollte es Ziel sein, die darin enthaltenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen z.B. zur lokalen Nutzung oder als sogenannte *drop in*-Chemikalien aufzuwerten und zu verwenden. Dadurch würden der Bedarf an fossilen Rohstoffen wie auch die CO₂-Emissionen reduziert werden. Wo die CO₂-Entstehung unvermeidbar ist, sollte es mit Hilfe erneuerbarer Energie und/oder grünem Wasserstoff beispielsweise zu Zwischenprodukten der chemischen Industrie aufgewertet und wieder in den Kohlenstoffkreislauf rückgeführt werden.

Die Liste der zu rezyklierenden Produkte und Stoffströme ist lang und hier nur auszugsweise dargestellt. Allen Fragestellungen gemein ist jedoch, dass erfolgreiche Lösungsansätze nur Branchen- und Disziplin-übergreifend erarbeitet und in die Praxis gebracht werden können. Das erfordert einen engen Schulterschluss zwischen Disziplinen des Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik, der Chemie und Biotechnologie sowie Gesellschaftswissenschaften. Nur so lassen sich mehrstufige Prozesse als Kombination unterschiedlicher Ansätze der verschiedenen Disziplinen realisieren. Die Zeit zum Handeln drängt beispielsweise für folgende Themenfelder:

- Ganzheitlich ressourcen- und energieeffiziente, d.h. energieoptimierte Prozessketten
- Ansätze zur chemischen bzw. biotechnologischen Aktivierung von CO₂ und deren verfahrenstechnische Anbindungen an Punktemissionsquellen
- Inwertsetzung von Abfallströmen zur Bereitstellung von Monomeren und Fasern als Bausteine nachhaltiger Kunststoffe durch Entwicklung und Optimierung effizienter und rohstoff-toleranter Prozesse zur Rückgewinnung polymerer Rest- und Abfallströme
- Substitution bzw. Ergänzung von Kohlenstoff-Verlusten durch nachwachsende Rohstoffe, auch unter Nutzung von Abfall- und Nebenströmen der Land-, Forst- und Lebensmittelindustrie
- Entwicklung und Nutzung von Modellen zur integrierten Betrachtung der Stoff- und Energiesysteme sowie ganzheitlich optimalen Konzepten für die Kreislaufwirtschaft
- Auswirkung auf verbundene Systeme, wie z. B. Infrastruktur, Flächennutzung, Wassermanagement, Logistik, globale Wertschöpfungsteilung

Die Etablierung einer Circular Economy kann nur mit einer Bereitstellung großer Mengen an regenerativer Energie bzw. Energieträgern (z.B. grüner Wasserstoff) einhergehen. Effiziente Lösungen zur Schließung der Stoffkreisläufe werden einen wichtigen Beitrag leisten, den Bedarf an regenerativer Energie einzugrenzen. Daher ist es das Ziel des vorliegenden Motivationspapiers, Diskussionen zu den o.g. Themen- und Handlungsfeldern anzustoßen und zu einer aktiven Beteiligung im Rahmen des Tutzing Symposiums „Circular Economy – Schritte in die Zukunft“ am 16.-18.05.2022 einzuladen.

Der Forschungs- und Produktionsstandort Deutschland bietet ein sehr hohes wissenschaftliches und wirtschaftliches Potenzial, die immensen Anforderungen zur Etablierung einer *Circular Economy* zu meistern. Gelingt uns das im weltweiten Wettlauf, ist nicht nur eine Technologieführerschaft erreicht, sondern auch die starke stoffliche und auch politische Abhängigkeit von fossilen und weiteren, oft kritischen Rohstoffen reduziert.