

Abstract

Der immense weltweite Ressourcenverbrauch und die wachsenden Bedürfnisse der Weltbevölkerung überschreiten bereits heute die planetaren Grenzen. Weitere Herausforderungen durch Auswirkungen des Klimawandels, wie dem Verlust an Biodiversität und fruchtbarem Boden, erfordern einen Wandel hin zu einer Wirtschaftsweise, die mit sozialen und ökologischen Grundsätzen in Einklang steht und unabhängig von fossilen Ressourcen ist. Ein Schlüssel hierbei ist die Bioökonomie.

Daher bedarf es eines ganzheitlichen Transformationsansatzes, der die Vernetzung der Produktions- und Nutzungsstufen und somit den Wandel von der linearen hin zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung entscheidend vorantreibt. Jetzt muss es das Ziel sein, eine resiliente Wirtschafts- und Lebensweise zu etablieren, die sich innerhalb der planetaren Grenzen bewegt.

Die Gestaltung von Stoffströmen sollte entsprechend des „R“-Ansatzes der Abfallhierarchie erfolgen. Der Sachverständigenrat sieht darin folgende sechs R-Prinzipien als Grundlage für den Umgang mit Ressourcen: **Rethink** (Umdenken), **Reduce** (Reduzieren), **Reuse** (Wiederverwenden), **Repair** (Reparieren), **Recycle** (Rezyklieren) und **Rot** (Verrotten).

Anhand von drei Beispielen aus den Sektoren Verpackung, Textil und Bau zeigt der Sachverständigenrat Bioökonomie Bayern die Anforderungen an ein kreislauffähiges Wirtschaftssystem auf Basis biogener Roh- bzw. Reststoffe auf. Mit den daran anschließenden Handlungsempfehlungen konkretisiert der SVB die Möglichkeiten zur Förderung der zirkulären Bioökonomie in Bayern und darüber hinaus.

Des einen Abfall, des anderen Rohstoff.

Die Idee der Kreislaufwirtschaft ist an sich einfach: Aus einer Linie wird ein Kreis geformt. Die lineare Wertschöpfung, bestehend aus Rohstoffherzeugung, Weiterverarbeitung und Nutzungsphase, an deren Ende die Beseitigung eines genutzten Produktes steht, wird durch einen geschlossenen Wertschöpfungskreislauf ersetzt. Produkte und Prozesse sind so ausgelegt, dass am Ende der Nutzung eine möglichst vollständige Rückführung der genutzten Stoffe und Materialien in weiterführende Wertschöpfungszyklen stattfindet – der Begriff „Abfall“ ist in einer Kreislaufwirtschaft hinfällig, da ungenutzte, ausgediente Ressourcen, Nebenprodukte oder Reststoffe als Rohstoffe in anderen Verarbeitungs- und Herstellungsprozessen genutzt werden.

Die Umsetzung gestaltet sich allerdings komplex und betrifft alle Bereiche sowie Akteurinnen und Akteure innerhalb unseres Lebens- und Wirtschaftssystems. Zunächst gilt es daher, die Kreislaufwirtschaft zu verstehen und den Zusammenhang mit einer Bioökonomie zu definieren.

Eine Kreislaufwirtschaft ist ein industrielles System, das bewusst restaurativ oder regenerativ angelegt ist. Sie ersetzt das Konzept des End-of-Life durch das der Wiederherstellung, verlagert sich auf die Nutzung Erneuerbarer Energien, vermeidet die Verwendung giftiger Chemikalien und zielt auf die Verminderung von Abfällen durch eine bessere Gestaltung von Materialien, Produkten, Systemen und Geschäftsmodellen ab.¹

Auf europäischer Ebene gibt die Abfallrahmenrichtlinie die Rahmenbedingungen der Kreislaufwirtschaft vor. Ansätze zur

Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft sind eng miteinander verflochten: Beide Konzepte haben das Ziel einer ressourceneffizienteren Welt, in der Nachhaltigkeit und wirtschaftliches Wachstum miteinander verknüpft sind.

ganzheitlichen Umsetzung zeigt auch das Update des *Circular Economy Action Plan*, welches die EU-Kommission 2020 veröffentlichte.

In Deutschland sind die Vorgaben zur Kreislaufwirtschaft im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) festgelegt.

Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft sind eng miteinander verflochten: Beide Konzepte haben das Ziel einer res-

sourceneffizienteren Welt, in der Nachhaltigkeit und wirtschaftliches Wachstum miteinander verknüpft sind. Sowohl die Kreislaufwirtschaft als auch die Bioökonomie vermeiden den Einsatz zusätzlichen fossilen Kohlenstoffs. Dabei liegt die wesentliche Gemeinsamkeit in der suffizienten und kreislauffähigen Nutzung von Biomasse.

Zur Umsetzung einer zirkulären Bioökonomie entsprechend dem Cradle-to-Cradle-Prinzip² muss der biologische Kreislauf verschränkt mit dem technischen Kreislauf betrachtet werden. Nur durch einen umweltverträglichen Austausch von Stoffen, Produkten und Substanzen zwischen den Kreisläufen können Wertschöpfungsstrukturen und -prozesse als zukunftstauglich angesehen werden. Die Bioökonomie kann einen entscheidenden Beitrag zur Einsparung von Treibhausgasemissionen leisten und durch innovative, biobasierte Materialien und Produkte effiziente, klimafreundliche Wertschöpfungskreisläufe schaffen.

Da Ressourcen – ob biogen oder nicht – limitiert sind, ist eine mehrfache Verwendung von Roh- und Reststoffen die Basis einer effizienten Ressourcennutzung. Auch Bestandteile von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen können nach einmaligem oder mehrmaligem Gebrauch in einem anderen Produkt wiederverwendet werden. Daher ist eine möglichst lange technische Kreislauflührung, wo sinnvoll und möglich, auch für biobasierte Produkte und Materialien die geeignetste Lösung. Eine Verwertung³ mittels innovativen Recyclingtechnologien mit ökologischem Mehrwert ist einem organischen Recycling, im Sinne einer Vergärung oder Kompostierung, nach einmaliger Nutzung vorzuziehen.

Durch eine langfristige Bindung des Kohlenstoffs in Produkten ergibt sich zusätzlich zur Einsparung der Treibhausgasemissionen eine Kohlenstoffsénke im Zeitraum der Nutzung.

Grundsätzlich sollten sich die Prozessstufen dabei an der Abfallhierarchie der EU-Abfallrahmenrichtlinie orientieren.

In einer modifizierten Version der Hierarchiepyramide werden sechs „R“ beschrieben, die verschiedene Ansätze der Kreislauflührung von Produkten beschreiben: *Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Recycle, Rot*. Zu Beginn der Abfolge setzt *Rethink* auf ein grundsätzliches strukturelles Umdenken. Die R-Prozesse sind in der genannten Reihenfolge abnehmend zu priorisieren.

1 World Economy Forum (2014): Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains.

2 vgl. Cradle to Cradle – Wiege zur Wiege e.V. (2022), verfügbar unter <https://c2c.ngo/umgestalten/>, aufgerufen am 15.11.22

3 KrWG §3 (23): Verwertung im Sinne dieses Gesetzes ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen.

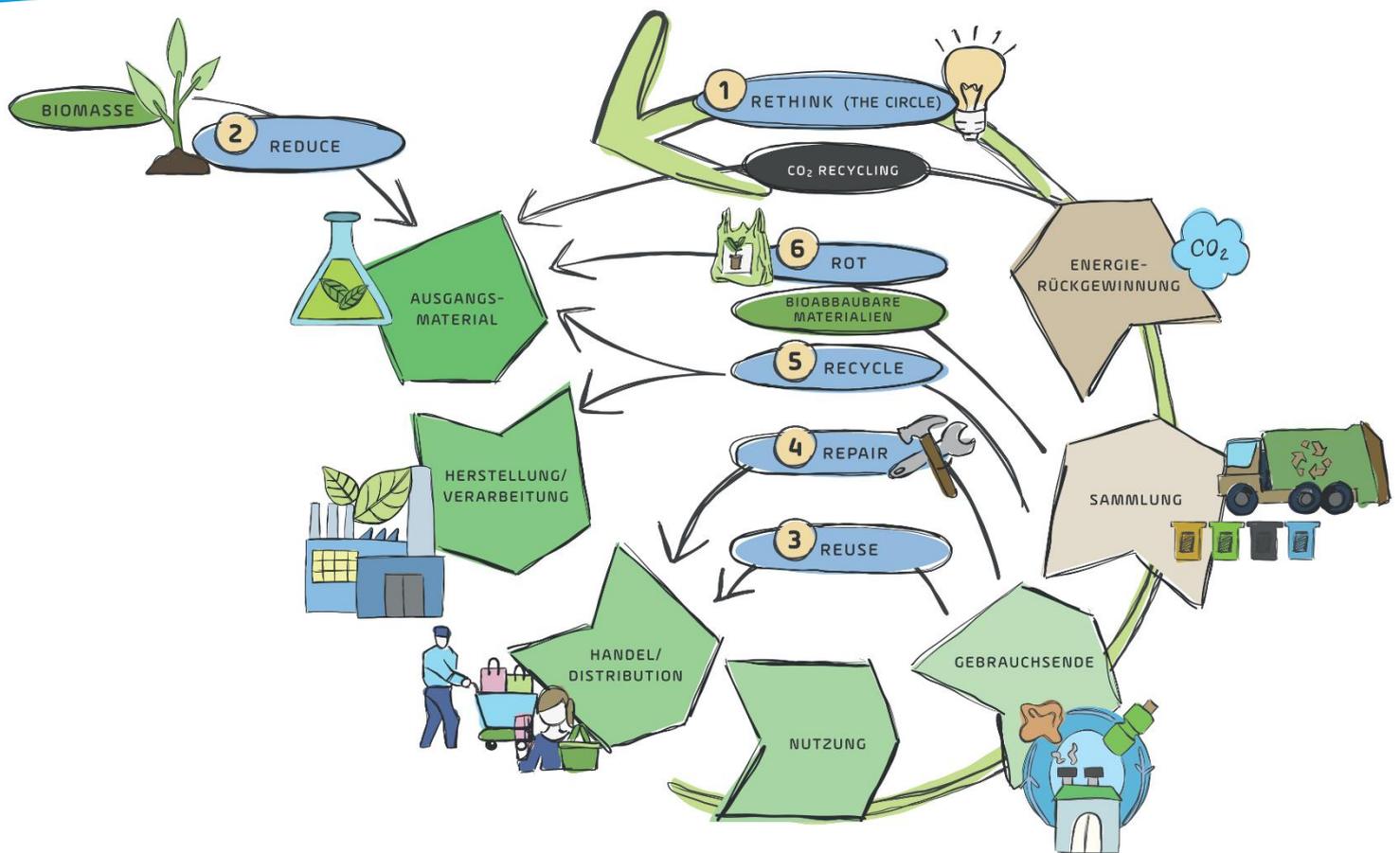


Abbildung 1: Das Konzept der Circular Bioeconomy (angelehnt an „Comprehensive Concept of Circular Bioeconomy“, nova-Institut 2022)

- 1 Rethink**
 Bestehende Wertschöpfungsstrukturen müssen im Rahmen der biobasierten, zirkulären Transformation des Wirtschaftssystems grundlegend neu gedacht werden. Es wird eine nachhaltige, kreislauforientierte Denkweise in den Fokus gerückt, die bei der Konzeption und Umsetzung neuer Materialien, Produkte, Prozesse und Herangehensweisen zum Tragen kommt.
- 2 Reduce**
 Der Grundsatz des Vermeidens beschäftigt sich im Sinne der Suffizienz bereits bei der Konzeption von Produkten und Materialien damit, inwiefern Einsparpotenziale bestehen oder eine Reduzierung von Stoffen – ohne dadurch die Recyclingfähigkeit von Produkten zu verschlechtern – stattfinden kann. Zukünftig wird so der Rohstoffeinsatz auf ein Minimum reduziert.
- 3 Reuse**
 Innerhalb dieses Kreislaufs werden biobasierte Produkte nach ihrer Verwendung erneut eingesetzt. Entscheidend ist dabei, dass aus dem Ausgangsprodukt nach dem Aufbereitungsprozess bzw. der Demontage ein Produkt der gleichen Qualitätsstufe hervorgeht.
- 4 Repair**
 Produkte länger in Gebrauch zu halten spart Rohstoffe und Energie ein. Es ist bereits bei der Konzeptionierung von Gebrauchsgütern auf Langlebigkeit und leichte Reparierbarkeit zu achten.
- 5 Recycle**
 Produkte, die nicht in ihrer aktuellen Form wiederverwendet werden können, werden durch mechanisches, chemisches oder organisches Recycling wieder zu Ausgangsmaterialien für neue Produktionsprozesse genutzt.
- 6 Rot**
 Bei der Rückführung in den biologischen Kreislauf werden die biobasierten Materialien in Kompostanlagen (kompostierbare Materialien) oder durch Mikroorganismen im Boden (biologisch abbaubare Materialien) abgebaut. Biologisch abbaubare Materialien vermeiden negative Umweltauswirkungen und den Eintrag von persistentem Mikroplastik in Ökosysteme.

Problembeschreibung

Die Etablierung umfassend kreislauffähiger Wertschöpfungsstrukturen ist eine ökonomische, gesamtgesellschaftliche und interdisziplinäre Aufgabe. Die Möglichkeiten zur Umsetzung einer kreislauffähigen Bioökonomie veranschaulichen folgende konkrete Beispiele aus den Bereichen Verpackung, Textil und Bau, die zugleich aufzeigen, welche Hürden auf dem Weg zu einer biobasierten und zirkulären Wirtschaftsweise zu meistern sind.

Der Sachverständigenrat sieht insbesondere bei kurzlebigen Produktanwendungen, bei Anwendungen, die in großen Mengen anfallen sowie Produkten mit starken Umweltauswirkungen dringende Handlungsbedarfe zur Schaffung einer Kreislauffähigkeit.

Beispielhaft sind dies Verpackungen, Einwegprodukte oder Textilien. Besonders bei kurzlebigen Produkten, wie Verpackungen, ist eine rasche Umsetzung der Ansätze der Kreislaufwirtschaft für eine Verbesserung der Ressourcen- und Energieeffizienz notwendig. Im Bausektor dagegen wird aufgrund der Langlebigkeit der Gebäude Kohlenstoff sehr lange gebunden. Langfristig gilt aber auch hier, am Ende der Nutzungsphase eines Bauwerks eine umweltverträgliche und ressourcensparende Rückführung der Materialien zu gewährleisten, um Alternativen zu limitierten primären Ressourcen zu schaffen. Baustoffe, bei deren Herstellung viel CO₂ emittiert wird, wie z.B. Beton, sollten durch solche mit geringeren Emissionen oder welche, bei deren Wachstum CO₂ gebunden wurde, z.B. Holz, ersetzt werden.

Fallbeispiel 1: Biokunststoff-Recycling mit Polymilchsäure

Sowohl fossile als auch biobasierte Kunststoffe werden aktuell mehrheitlich verbrannt, da es derzeit die kostengünstigste Lösung ist und das Recycling einer Vielzahl von Verpackungstypen technisch nicht möglich ist. Für viele biobasierte Kunststoffe – soweit sie nicht als Drop-In Material gemeinsam mit fossilbasierten Äquivalenten recycelt werden können – existieren zudem bisher keine getrennten Entsorgungsströme, auch wenn eine Abtrennung technisch möglich wäre.

Meist wird für biologisch abbaubare Materialien als sinnvollster Entsorgungsweg eine Kompostierung oder der biologische Abbau in der Umwelt gesehen, durch den die mit konventionellen Kunststoffen verbundenen Verschmutzungsprobleme vermieden werden. Doch das organische Recycling ist nicht grundsätzlich die effizienteste Entsorgung, wenn ein Stoff ebenso gut erneut im technischen Kreislauf genutzt werden kann.

Polymilchsäure (PLA) ist einer der vielversprechendsten und am häufigsten verwendeten Biokunststoffe. PLA eignet sich für zahlreiche Anwendungen und kann sehr flexibel eingesetzt werden. Von Einwegbesteck und abbaubarem Nahtmaterial bis hin zu steifen Verpackungen und als Beschichtung von Papier und Pappe. Insbesondere im Bereich Lebensmittelverpackungen wird der biobasierte und biologisch abbaubare Polyester bereits genutzt.

Obwohl PLA potenziell in großen Mengen hergestellt werden kann, gibt es noch keine Infrastruktur, um das Material nach der Nutzung getrennt zu sammeln und zu recyceln. Daher geht es häufig in konventionelle Abfallströme und endet in der Verbrennung – somit wird die Recyclingfähigkeit von Verpackungen aus PLA nicht genutzt. Um den Biokunststoff so lange wie möglich im technischen Kreislauf zu führen, müssen getrennte Sortierfraktionen, wie sie auch für andere Kunststoffe existieren, etabliert werden.

Mittlerweile existieren umweltfreundliche und wirtschaftliche Verfahren zur Rückführung von PLA, wie beispielsweise im Rahmen des Fraunhofer-Exzellenzclusters *Circular Plastics Economy CCPE@* untersucht wurde.⁴ Für eine Kreislaufführung des Biokunststoffs erarbeitete das Fraunhofer ICT gemeinsam mit dem Fraunhofer LBF eine Strategie zur chemischen Wiederverwertung von PLA-Abfall zu einem Laktatester (Ethyllaktat).⁵ Das rezyklierte Substrat kann dann für Magnetbandbeschichtungen, in der Kunststoff-, Metall-, Holz- und Lebensmittelindustrie verwendet werden.

Das organische Recycling ist nicht grundsätzlich die effizienteste Entsorgung, wenn ein Stoff ebenso gut erneut im technischen Kreislauf genutzt werden kann.

⁴ vgl. <https://www.ccpe.fraunhofer.de/>, aufgerufen am 15.11.22.

⁵ vgl. https://www.ict.fraunhofer.de/de/presse_mediathek/pressemitteilungen/2020/2020-06-22.html, aufgerufen am 15.11.22.

Fallbeispiel 2: Schadstofffreie, technisch & organisch recycelbare Kleidung – Textilien im Kreislauf gedacht

In unserer heutigen Wirtschaft wird weniger als 1 % der zum Recycling gesammelten Kleidung wieder zu neuen Textilien oder Kleidungsstücken verarbeitet.⁶ Ein Kreislauf, der geschlossen werden muss, ist das Faser-zu-Faser-Recycling für gemischte Materialien. Innovative Unternehmen wie die Lenzing AG⁷ gehen diese Herausforderung an.

Die Lenzing AG betrachtet die Nutzung von Textilfasern innerhalb eines Closed-Loop-Systems und arbeitet dabei eng mit Partnern entlang der Wertschöpfungskette zusammen. Der Textilhersteller setzt sich seit vielen Jahren proaktiv für die Förderung der Kreislaufwirtschaft in der Modebranche ein. Exemplarisch dafür steht die Einführung der ersten kommerziellen Cellulosefaser mit Recyclinganteil nach der *REFIBRA™* Technologie.

Um eine Kreislauf-rückführung bei Textilien flächendeckend umzusetzen, muss eine geeignete Infrastruktur zur Sammlung und Reparatur der Produkte geschaffen werden.

Neben der Verwendung reinen Faserzellstoffs aus Holz ermöglicht diese Technologie die Verarbeitung eines erheblichen Anteils von Recyclingmaterial, das aus Zuschnittresten aus der Baumwollproduktion und aus Altkleidern gewonnen wird. Die Fasern sind durch

eine Faseridentifikationstechnologie von Lenzing in Garnen, Stoffen und fertigen Kleidungsstücken identifizierbar. So wird die vollständige Rückverfolgbarkeit der Fasern ermöglicht, was zu einer transparenten Lieferkette des Endprodukts beiträgt.

Die Lenzing AG verwendet Holz aus zertifizierter Forstwirtschaft und Zellstoff aus nachhaltiger, zertifizierter Produktion. Auch bei den Prozessen und Zwischenprodukten bei der Herstellung der Zellstoff-Textilien wird versucht, die eingesetzten Rohstoffe so effizient wie möglich zu nutzen: Anfallende Koppelprodukte werden an die Erzeuger von Lebensmitteln weiterverkauft und die im Holz enthaltene Energie wird für die Zellstoff- und Faserproduktion verwendet. Lenzing-Fasern sind am Ende ihres Lebenszyklus biologisch abbaubar und gehen unproblematisch in den biologischen Kreislauf zurück.

Dieses Beispiel zeigt, wie durch Zusammenarbeit entlang der Produktionskette und eine offen innovative Herangehensweise die Neuausrichtung bestehender Wertschöpfungsketten zu vernetzten, zirkulären Kreisläufen gelingen und zum wirtschaftlichen sowie ökologischen Erfolg der Branche beitragen kann.

Um eine Kreislauf-rückführung bei Textilien flächendeckend umzusetzen, muss außerdem eine geeignete Infrastruktur zur Sammlung und Reparatur der Produkte geschaffen werden. Dies setzt eine gesetzliche Verpflichtung zur Aufbereitung der Textilien und die Schaffung von Rücknahmesystemen voraus und eine grundsätzliche finanzielle (steuerliche) Begünstigung von Wiederherstellungs-/Aufbereitungsverfahren und Anpassungsprozessen, um die Neuproduktion von Materialien zu reduzieren.

Konzepte, die ein besonders kreislauffähiges Produkt hervorbringen, sollten in der Entwicklung und Einführung außerdem unterstützt werden. Der Sachverständigenrat begrüßt ausdrücklich die neu veröffentlichte *Sustainable Products Initiative* (SPI) sowie den Vorschlag für eine EU-Strategie für nachhaltige Textilien. Es gilt, die Vorgaben der Ökodesign-Richtlinie in breitem Maßstab in Deutschland und Bayern umzusetzen.

Mit dem *Recycling Atelier* des Instituts für Textiltechnik Augsburg (ITA)⁸ und der Hochschule Augsburg konzentriert sich auch Bayern auf Kreislaufwirtschaft im Textilbereich. Das *Recycling Atelier* ist eine Modellfabrik, die sich ganz dem nachhaltigen Stoffkreislauf bei der Textilproduktion widmet. Der Kreislauf beginnt mit der Analyse der Alttextilien und führt über das Sortieren und Aufbereiten von Materialien letztlich hin zur textilen Verarbeitung und Gestaltung von neuen Produkten.

6 Europäisches Parlament (2020): Umweltauswirkungen von Textilproduktion und -abfällen (Infografik), online verfügbar unter <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20201208ST093327/umweltauswirkungen-von-textilproduktion-und-abfallen-infografik>, aufgerufen am 15.11.22.

7 vgl. <https://www.lenzing.com/de/>, aufgerufen am 15.11.22.

8 vgl. <https://www.hs-augsburg.de/Forschungsschwerpunkte/KI-Produktionsnetzwerk/Recycling-Atelier-Augsburg.html>, aufgerufen am 15.11.22.

Fallbeispiel 3: Gebäude als Rohstoffquellen der Zukunft

Nach dem Prinzip des *Urban Mining Design* werden Gebäude als langlebige Rohstoff-Depots erachtet. Dabei müssen Rohstoffe beim Rückbau von Gebäuden sortenrein und systematisch erfasst und zurückgewonnen werden. Neben biogenen Materialien wie Holz, Stroh, Schafswolle oder Hanf, müssen kreislaufgerechte Materialien verwendet werden, die richtig eingebaut, zerstörungsfrei lösbar sind und somit wiederverwendet werden können.⁹

Partner und Partner-Architekten¹⁰ setzen bei der Gestaltung von Gebäuden auf eine intelligente und langfristig orientierte Ausführung nach Cradle-to-Cradle-Standards. Dabei wird das Bauwerk grundsätzlich als Materialbank betrachtet – konsequentes Kreislaufdenken beginnt bereits bei der Konzeption des Gebäudes. Es kommen wiederverwendete und wiederverwendbare Materialien zum Einsatz, was sich beim Rückbau und der Entsorgung in der Zukunft auszahlt. Planung und Umsetzung von Gebäuden erfolgen unter Berücksichtigung der individuellen Anforderungen und Einbindung des Bauprojekts in die (urbane) Umgebung. So sollen nachhaltige Städte und Gemeinden entstehen, die durch ein durchdachtes Zusammenspiel von Materialauswahl und Technologie dauerhaft Mehrwerte erzeugen.

Im Konzept der *WOODSCRAPER*¹¹ kommen im Hochhausbau überwiegend nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz und die Bauweise ermöglicht eine flexible Um- und Weiternutzung des Gebäudes. Die eingesetzten Ressourcen lassen sich nach Ende der Nutzungszeit sortenrein zurückgewinnen, um Stoffkreisläufe zu schließen.

Die Herausforderungen bei der Anpassung etablierter Prozesse und Materialien zugunsten der zirkulären Bioökonomie liegen in der Schaffung einer Wettbewerbssituation, in der Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen mit konventionellen konkurrieren können. Zudem müssen Prozesse, in denen Baustoffe erneuert oder wiederverwendet werden, rentabler sein als der Einsatz neuer Materialien. Auch eine vermutete Benachteiligung biogener Baustoffe hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften hemmt deren Einsatz.

Ein wesentlicher Baustein zur Stärkung des Wiedereinsatzes von Baustoffen ist die Schaffung von Märkten für Sekundärbaustoffe. Als Beispiel dafür ist die *Restato GmbH*¹² zu nennen, die einen Marktplatz für zirkuläre Baustoffe bietet. Unter dem Motto „Wiederverwenden statt verschwenden“ werden Sekundärbaustoffe verschiedenster Kategorien angeboten.

Die Bioökonomie bietet eine Vielzahl an Materialien, die ohne Probleme für eine Wiederverwendung konstruiert werden können, von Holzbaukonstruktionen, Holzinneausbau (z.B. Türen, Einbaumöbel) über Dämmmaterialien bis hin zu

biogenen Füllstoffen oder Fasern, die nach ihrer Nutzung in Gebäuden wieder zurück in den biologischen Kreislauf geführt werden können.

Handlungsempfehlungen**1. Identifikation potenzieller Wertschöpfungs-Kooperationen – Schaffung von Industriesymbiosen**

Biobasierte Produkte können sowohl für eine Wiederverwertung als auch für das chemische und das organische Recycling gestaltet werden. Für bisher ungenutzte Biomasse sollten hochwertige Nutzungskreisläufe geschaffen werden. Besonders bei Reststoffen oder Nebenprodukten sollte zwingend eine stoffliche Verwertung vor einer Rückführung in den biologischen Kreislauf umgesetzt werden.

Problematisch ist hierbei, die Akteur*innen und potenziellen Abnehmer*innen entlang der Wertschöpfungskette zu identifizieren und zu vernetzen, um Nebenprodukte oder Reststoffe in Nutzung zu bringen.

Ein im Rahmen des Interreg-Projekts *AlpLinkBioEco* erarbeitetes Tool setzt genau an dieser Stelle an: Der *Value Chain Generator*¹³ ermöglicht die Verknüpfung von alternativen Wertschöpfungsketten und unterstützt Unternehmen bei der Identifizierung von Partnerschaften und Rohstoffquellen. Der VCG weist großes Potenzial zur Schaffung zirkulärer Wertschöpfungsstrukturen auf und sollte auch durch die Bayerische Staatsregierung unterstützt werden. Für die weitere Entwicklung des Tools ist es notwendig, die Anwendung für möglichst viele Unternehmen zugänglich zu machen und den Aufbau der interaktiven Datenbank voranzutreiben. Auch Unternehmenskonzepte wie „Rohstoff-Detektive“ zur Identifikation ungenutzter Ressourcen und zur Schaffung neuer Wertschöpfungskreisläufe können einen Beitrag zur hochwertigen und effizienten Nutzung von Ressourcen leisten. Sie fungieren als Vermittlungsstellen, um bisher nicht im Kreislauf geführtes Material in eine sinnvolle Verwendung zu bringen, indem die „Rohstoff-Detektive“ einerseits erzeugte ungenutzte Biomasse(-potenziale) identifizieren und zum anderen weiterverarbeitenden Unternehmen dabei helfen, an Reststoffe oder Nebenprodukte für ihre Produkte zu gelangen. Dies kann vor allem kleine Unternehmen mit geringen Personalkapazitäten beim Aufbau des Lieferkettenmanagements unterstützen.

9 Hillebrandt et al. (2018): Atlas Recycling.

10 vgl. <https://partnerundpartner.com/de/cradle-to-cradle/>, aufgerufen am 15.11.22.

11 vgl. <https://partnerundpartner.com/de/projekte/woodscraper-wolfsburg-2019/>, aufgerufen am 15.11.22.

12 vgl. <https://restado.de/>, aufgerufen am 15.11.22.

13 vgl. <https://alplinkbioeco.tic.heia-fr.ch/>, aufgerufen am 15.11.22.

2. *Design for Circular Economy* durch Verwendung einstofflicher Materialien

Problematisch bei der Umsetzung kreislauffähiger Nutzungskonzepte ist die Kombination zu vieler unterschiedlicher Materialien in einem Produkt und die anschließende Vermischung von unterschiedlichen Abfallsorten. Aus Baumischabfällen¹⁴ beispielsweise kann kaum Material für eine erneute Verwendung gewonnen werden. Ebenso sind gemischte Altholzfraktionen derzeit nicht wirtschaftlich sortierbar. Zusätzlich besteht ein Großteil unserer Gebrauchsgüter aus Materialverbänden, die selbst bei einer korrekten Entsorgung nicht vollständig in ihre Bestandteile zerlegt werden können oder recyclingfähig sind. Ein Verzicht auf nicht sortenrein trennbare Verbundstoffe ist deshalb ein wesentlicher Schritt in Richtung Kreislaufwirtschaft. Dafür muss der Gesetzgeber Anreize schaffen. Es gilt, die Ansätze des Circular Economy Action Plan der Europäischen Kommission und der neuen Ökodesignrichtlinie zu konkretisieren und in Deutschland und Bayern umfassend und wirksam umzusetzen.

3. *Design for Circular Economy* durch Verwendung, Rückbau- und Demontage geeigneter Produkte und Materialien

Die Entwicklung von leicht zu trennenden Produktkomponenten sollte unterstützt werden. Gleichzeitig kann eine Regulierung der Vermarktung schlecht trennbarer oder ersetzbarer Materialien kreislauffähiges Produktdesign fördern. Dazu sollten Vorgaben, begünstigende Rahmenbedingungen und finanzielle Anreize geschaffen werden, wie Bauteile oder Materialkomponenten beschaffen sein sollten. Hier besteht die Herausforderung darin, durch eine Verringerung der Materialvielfalt zwar eine unkomplizierte Wiederverwendung zu ermöglichen, dabei aber die Funktionalität sowie die Individualität und Besonderheiten des Produkts in der Gestaltung nicht einzuschränken.

4. Gezielte Unterstützung des Reparatursektors

Um eine transparente Lieferkette darzustellen, die Einblicke in alle Prozesse der Wertschöpfung unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte gewährt, sind gezielte Maßnahmen notwendig. Damit eine Reparatur oder Demontage bzw. erneute Verwendung von Produkten und Materialien gelingen kann, muss deren Zusammensetzung nachvollziehbar sein. Die Etablierung von Material-/Produktpässen kann Klarheit zu Inhaltsstoffen, verarbeiteten (Bau-) Materialien und der weiteren Zusammensetzung eines Produkts schaffen. Zudem können allgemeine Daten zur Produktionskette in dem

(digitalen) Material- oder Produktpass enthalten sein, welche in Anwendungen für das Produktlebenszyklusmanagement genutzt werden können. Dies ermöglicht und unterstützt die Operationalisierung intelligenter Nutzungs- und Kreislaufprozesse. Unternehmen können Produktdaten und Erkenntnisse, die sie während des Produktlebenszyklus gewonnen haben, als Feedback für Forschung und Entwicklung nutzen, um das zukünftige Produktdesign zu verbessern.¹⁵

Durch die Unterstützung bei der Einrichtung von Reparaturdiensten in Unternehmen kann eine Wiederverwendung oder Aufbereitung konkret in Produktionsprozesse integriert werden. Hier werden zusätzlich Arbeitsplätze geschaffen und Geschäftsfelder erweitert oder sogar neue geschaffen. Um die Reparatur von Gebrauchsgütern zu unterstützen, bietet sich eine reduzierte Mehrwertsteuer auf Reparaturdienstleistungen an, wie es beispielsweise bereits in Schweden umgesetzt wird.

5. Optimierung der Erfassung und Sortierung von Wertstoffen

Um für biobasierte sowie konventionelle Stoffe und Produkte, insbesondere Verpackungen, eine Kreislaufführung zu ermöglichen, muss zunächst die Erfassung verbessert werden (z.B. korrekte Sortierung im Haushalt, industrielle Sortierung). Die Sortierbarkeit von Verpackungen sollte durch material-spezifische Marker für Kunststoffe verbessert werden. Zudem muss die Zahl der Sortierfraktionen erweitert werden. Durch verbindliche Einsatzquoten von Rezyklaten könnte ein Markt für die neuen Stofffraktionen geschaffen werden. Eine für Verbraucher*innen verständliche Kennzeichnung der Verpackungen und Produkte würde die Abfalltrennung erleichtern. Dabei können auch Rücknahme- oder Pfandsysteme für Kunststoffe einen Beitrag zur Steigerung der Sammelmenge leisten.

Die noch fehlenden Sammelsysteme im Textilbereich für die ab 2025 gemäß der Abfallrahmenrichtlinie der EU getrennt zu sammelnden Textilien stellen eine Herausforderung für die Kreislaufwirtschaft dar. Zudem ist eine Sortierung nach Faserzusammensetzung erforderlich, damit Textilien, die nicht mehr für eine Second-Hand-Nutzung geeignet sind, sortenrein in ein hochwertiges Recycling gehen können.

Die Förderung der Nachfrage nach biobasierten und/ oder biologisch abbaubaren Sortierfraktionen oder Sekundärrohstoffen erweitert deren Verfügbarkeit. Durch gezielte Anreize müssen „Abfälle“ in Wert gesetzt werden und als Rohstoffe in den Nutzungskreislauf zurückgeführt werden.

¹⁴ im Sinne der AVV-Nr. 17 09 04 (gemischte Bau- und Abbruchabfälle)

¹⁵ Alcayaga, A.; Hansen, E. G. (2022): Internet of Things Enabling the Circular Economy: An Expert Study of Digitalisation Practices in B2B Firms (IQD Research 2022, No. 1).

Verfahren zur Sortierung und zum Recycling von Verpackungen aus oder mit Biopolymeren sollten weiterentwickelt werden. Mittels chemischen oder enzymatischen Recyclings könnten wertvolle Rohstoffe aus Verbundverpackungen gewonnen werden, die auch zur Herstellung anderer hochwertiger Produkte eingesetzt werden könnten.

6. Ausgleich von Wettbewerbsnachteilen durch ökologische Besteuerung

Eine nachhaltig orientierte Steuerung des Materialeinsatzes und Produktdesigns kann durch die ökologische Besteuerung (z.B. eine angemessene CO₂-Steuer, die Besteuerung nicht rezyklierbarer Kunststoffprodukte, wie z.B. die 2021 eingeführte Kunststoffabgabe auf EU-Ebene¹⁶ und die Bepreisung

externalisierter Kosten) gemäß der Kreislauffähigkeit von Produkten erfolgen. Der Wiedereinsatz bereits genutzter Ressourcen sollte wirtschaftlicher sein als eine Neuproduktion. Ebenso muss die mangelnde Reparaturfähigkeit bei Produkten zusätzlich bepreist werden.

Die Forschungs- & Entwicklungsphase bis hin zur Skalierung eines Produkts sind die zeit- und kostenintensivsten Schritte bei der Produkteinführung. Ein Ausgleich der aktuellen Wettbewerbsverzerrung in diesen Produktentwicklungsstadien ist für die Wettbewerbsfähigkeit und damit großflächige Verbreitung von Produkten der zirkulären Bioökonomie entscheidend.

¹⁶ vgl. https://ec.europa.eu/info/strategy/eu-budget/long-term-eu-budget/2021-2027/revenue/own-resources/plastics-own-resource_de, aufgerufen am 15.11.22.

Stand November 2022

