



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Schlussbericht vom 17. Oktober 2024

Kreislaufwirtschaft und industrielle Prozesse

Auslegung des Forschungs- und Handlungsbedarfs aus Sicht der Industrie



ECOPLAN Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.energieforschung.ch

Subventionsempfänger/innen:

Ecoplan
CH-3011 Bern
www.ecoplan.ch

Autor/in:

Sarah Hafner (Projektleitung), Ecoplan, sarah.hafner@ecoplan.ch
Carmen Steg, Ecoplan carmen.steg@ecoplan.ch
André Müller, Ecoplan, mueller@ecoplan.ch

BFE-Projektbegleitung:

Andreas Haselbacher, Bundesamt für Energie, andreas.haselbacher@bfe.admin.ch
Annina Faes, Bundesamt für Energie, annina.faes@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502713-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren/Autorinnen dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Kreislaufwirtschaftsansätze können einen Beitrag zur Dekarbonisierung von energie- und ressourcenintensiven industriellen Prozessen leisten. Diese Studie untersuchte den Forschungs- und Handlungsbedarf aus Sicht der Industrie, um die Energie- und Materiaeffizienz industrieller Prozesse zu erhöhen und Kreisläufe möglichst zu schliessen. Dazu wurden halbstrukturierte Interviews mit Industrieakteuren aus den Branchen Bau, Textil, Chemie / Pharma, Lebensmittel, Maschinen-Elektro-Metall sowie Verpackung durchgeführt. Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass wichtiger Forschungsbedarf zu neuen Prozessen und Technologien besteht, beispielsweise zur Entwicklung und Diffusion von neuen Recyclingtechnologien oder zum Austausch von Neben- und Abfallstoffen zwischen verschiedenen Branchen und Prozessen. Für letzteres ist es gemäss den interviewten Industrieakteuren beispielsweise auch erforderlich, die Potenziale für einen verstärkten Austausch von stofflichen Neben- und Abfallströmen zu kennen. Dazu könnte die Forschung Zukunftsvisionen für die Kreislaufwirtschaft mit entsprechenden «Transitionspfaden» erarbeiten. Zudem besteht gemäss den Interviewpersonen Forschungsbedarf im Bereich Wiederverwendbarkeit, Produkt Design und Diffusion, beispielsweise zu Themen wie Finanzierung von Sammel- und Recyclingsystemen oder der sozialen Akzeptanz von wiederverwendeten Produktmaterialien oder neuen, kreislaufwirtschaftsfähigen Geschäftsmodellen. Schliesslich gilt es auch zu analysieren, inwieweit die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft in der Industrie weiter angepasst werden müssen (z.B. Anforderungen an die Wiederverwendbarkeit von Produktmaterialien, Internalisierung externer Kosten).

Résumé

Les approches d'économie circulaire peuvent contribuer à la décarbonisation des processus industriels gourmands en énergie et en ressources. Cette étude a examiné les besoins en matière de recherche et d'action du point de vue de l'industrie afin d'augmenter l'efficacité énergétique et matérielle des processus industriels et de fermer les cycles autant que possible. Pour le faire, des entretiens semi-structurés ont été menés avec des acteurs industriels des secteurs de la construction, du textile, de la chimie/pharmacie, de l'alimentation, des machines-électro-métaux et de l'emballage. Les résultats des entretiens montrent qu'il existe un besoin important de recherche sur les nouveaux processus et technologies, par exemple sur le développement et la diffusion de nouvelles technologies de recyclage ou sur l'échange de substances secondaires et de déchets entre les différents secteurs et processus. Selon les acteurs industriels interrogés, il est par exemple nécessaire de connaître le potentiel d'un échange accru de flux de déchets et de sous-produits. Pour ce faire, la recherche pourrait élaborer des visions d'avenir pour l'économie circulaire avec des « voies de transition » correspondantes. De plus, selon les personnes interviewées, il existe un besoin de recherche dans le domaine de la réutilisation, de la conception des produits et de la diffusion, par exemple sur des thèmes tels que le financement de systèmes de collecte et de recyclage ou l'acceptation sociale de matériaux de produits réutilisés ou de nouveaux modèles commerciaux compatibles avec l'économie circulaire. Enfin, il convient d'analyser dans quelle mesure les conditions-cadres réglementaires existantes doivent être adaptées pour promouvoir l'économie circulaire dans l'industrie (p. ex. exigences en matière de réutilisation des matériaux de produits, internalisation des coûts externes).

Summary

Circular economy approaches can contribute to the decarbonisation of energy- and resource-intensive industrial processes. This study analysed the need for research and action from the perspective of industry in order to increase the energy and material efficiency of industrial processes and close loops as far as possible. Semi-structured interviews were conducted with industry players from the construction, textile, chemical / pharmaceutical, food, machine-electric-metal and packaging sectors. The results of



the interviews show that there is an important need for research into new processes and technologies, such as the development and diffusion of new recycling technologies or the exchange of by-products and waste materials between different industries and processes. According to the industry players interviewed, it is also necessary to recognise the potential for an increased exchange of material by-products and waste streams. To this end, research could develop future visions for the circular economy with corresponding 'transition paths'. According to the interviewees, there is also a need for research in the areas of reusability, product design and diffusion, for example on topics such as the financing of collection and recycling systems or the social acceptance of reused product materials or new, circular economy-capable business models. Finally, it is also necessary to analyse the extent to which the existing regulatory framework conditions need to be further adapted to promote the circular economy in industry (e.g. requirements for the reusability of product materials, internalisation of external costs).



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	3
Summary	3
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Ausgangslage und Ziele	7
2 Vorgehen	7
3 Ergebnisse	8
3.1 Interviews mit der Bundesverwaltung und Verbänden	8
3.1.1. Dekarbonisierung von Hochtemperaturprozessen	8
3.1.2. Eine ganzheitliche, branchenübergreifende Betrachtung ist wichtig.....	8
3.1.3. Weitere wichtige Themen	8
3.2 Interviews mit Industriekakteuren.....	9
3.2.1. Neue Industrieprozesse und Technologien.....	10
3.2.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen	11
3.2.3. Wiederverwendbarkeit, Produktdesign und Diffusion	12
3.2.4. Zielkonflikte, Synergien und Unsicherheiten	13
3.2.5. Unternehmensökosystem.....	14
3.3 Kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle	15
4 Anhang A: Interviewleitfaden generisch	16
4.1 Hintergrund und Zielsetzung	16
4.2 Gesprächsleitfaden.....	16
4.2.1. Einstieg	16
4.2.2. Relevanz und Potenzial.....	16
4.2.2.1. Relevanz von Branchen und Prozessen	16
4.2.2.2. Zukunftsbilder bis 2050	16
4.2.3. Bestehende Kreislaufwirtschaftslösungen für industrielle Prozesse	17
4.2.4. Abschluss und weiteres Vorgehen	17



Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
MEM-Industrie	Maschinen-Elektro-Metall-Industrie
CCS	Carbon capture and storage
CCU	Carbon capture and use



1 Ausgangslage und Ziele

Kreislaufwirtschaftsansätze können einen relevanten Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Schweizer Energie- und Klimaziele für energie- und ressourcenintensive industrielle Prozesse liefern. Die Kreislaufwirtschaft zielt dabei auf eine zirkuläre Wirtschaftsweise ab, bei der Rohstoffe, Energie, Materialien und Produkte möglichst lange genutzt und die Stoff- und Energiekreisläufe möglichst geschlossen werden.

Im Rahmen dieser Studie wurden folgende **Fragestellungen** aus Sicht der Industrie abgeklärt und eine erste **Auslegeordnung** erstellt:

- Wo liegt aus Sicht der Industrie der **Forschungs- und Handlungsbedarf**, damit ihre industriellen Prozesse hinsichtlich Energie- und Materialbedarf effizienter und Teil einer Kreislaufwirtschaft werden? (Bspw. welche Themen und Aspekte sind relevant)?
- Wie sehen mögliche **Zukunftsbilder** für die relevanten Industriesektoren für 2050 aus Sicht der Industrie aus?

2 Vorgehen

Um die obigen Fragestellungen zu adressieren und eine erste Auslegeordnung dazu zu erstellen, wurden Interviews geführt (vgl. Schritt 1 und 2). Anschliessend wurden die Interviewantworten synthetisiert und eine Auslegeordnung zum Forschungs- und Handlungsbedarf der Industrie erstellt (vgl. Schritt 3).

Das **Vorgehen** der Studie lässt sich somit grob in **drei Arbeitsschritte** unterteilen:

- **Schritt 1 - Explorative Phase:** In einem ersten Schritt wurde eine erste Prioritätensetzung in Bezug auf relevante Themen für den Forschungs- und Handlungsbedarf im Themenkomplex «Kreislaufwirtschaft und Industrielle Prozesse» vorgenommen. Dazu führten wir Interviews mit Expertinnen und Experten mit **Übersichtswissen** aus der Verwaltung (BFE, BAFU) sowie mit Verbänden (vgl. Kapitel 1.1). Diese erste Prioritätensetzung diente ausschliesslich zur Strukturierung der Interviewleitfäden und dem fokussierten Abfragen von relevanten Themenblöcken bei den Industrieakteuren. Die Ergebnisse dieser Interviews wurden jedoch bei der Synthese für die Forschungsempfehlungen nicht direkt berücksichtigt, da die Einschätzung und Sicht der Industrie im Fokus stehen.
- **Schritt 2 - Vertiefung:** In der Vertiefungsphase ging es darum, die **Sicht der Industrie** in Bezug auf den für sie relevanten Forschungs- und Handlungsbedarf abzuholen. Dazu führten wir teilstrukturierte Interviews mit Industrieakteuren durch (vgl. Kapitel 1.2 sowie Kapitel 1.4 für den Gesprächsleitfaden). Teilstrukturierte Interviews eignen sich dazu, einerseits Themen **gezielt** abzufragen und andererseits durch offene Fragen **neue** Themen aufzunehmen. Die Interview-Leitfäden für die Vertiefungsphase wurden dabei so aufgebaut, dass zu Beginn offene Fragen gestellt und im zweiten Block die im ersten Arbeitsschritt identifizierten Themen fokussiert abgefragt werden konnten.
- **Schritt 3 - Synthese:** Die Antworten der Interviewpersonen wurden anhand von Themenclustern strukturiert und ausgewertet (vgl. Kapitel 3).



3 Ergebnisse

3.1 Interviews mit der Bundesverwaltung und Verbänden

In einem ersten Schritt führten wir explorative Interviews mit Expertinnen und Experten mit **Übersichtswissen** aus der Verwaltung (BFE, BAFU) sowie mit Verbänden geführt. Im Folgenden werden die wichtigsten Fragen/Themenblöcke aus diesen Gesprächen vorgestellt.

3.1.1. Dekarbonisierung von Hochtemperaturprozessen

- Die Unternehmen haben i.d.R. ein Netto-Null Klimaziel und entsprechende Dekarbonisierungs-Roadmaps¹. Diese Roadmaps können jedoch gewisse Unsicherheiten beinhalten. Beispielsweise kann die Umsetzung von Carbon-Capture-Storage- (CCS) oder Wasserstofftechnologien in diesen Roadmaps vorgesehen sein, ohne dass dabei in jedem Fall klar ist, inwieweit sich diese Massnahmen zum vorgesehenen Zeitpunkt technisch und/oder wirtschaftlich umsetzen lassen.
- Die interviewten Personen gaben an, dass sie Hochtemperaturwärmepumpen, Elektrifizierung oder Wasserstoff als Alternativen zu Gas als Möglichkeit zum Betreiben von Hochtemperaturprozessen sehen.
- Weiter zeigte sich in diesen explorativen Interviews, dass die Themen Prozessintegration, Prozessdesign und höhere Effizienz wichtige Themen sind. Häufig konnten die befragten Personen allerdings nicht näher spezifizieren, wo dabei der weitere Forschungs- und Handlungsbedarf liegt.

3.1.2. Eine ganzheitliche, branchenübergreifende Betrachtung ist wichtig

- Die Bau-, Textil-, Lebensmittel- und Elektronikbranchen sowie die Abfallwirtschaft haben hohes Potenzial für die weitere Dekarbonisierung.
- Umweltfreundlichere Verpackungen sind (branchenübergreifend) ein wichtiges Thema.
- Recycling von Rohstoffen (z.B. seltene Erden, Lithium, Kobalt aus Elektroschrott) hätte hohes Potenzial, ist heute aber oft zu teuer.
- Ebenfalls sind «re-use» (bzw. die Erhöhung der Produktnutzungsdauer) und «Recycling» wichtige Themen, die auch bereits in der «Produktdesignphase» stärker berücksichtigt werden sollten.

3.1.3. Weitere wichtige Themen

- Fehlende Internalisierung der externen Kosten. Höhere Kosten von recycelten Materialien können die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen gefährden, was zur Folge hat, dass die Unternehmen je nach Fall weiterhin wirtschaftlich gesehen, einen Anreiz haben, Primärmaterialien zu verwenden;
- Kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle und die Skalierung dieser Geschäftsmodelle;
- Thema «Greenwashing» – Konsument/-innen können die Angaben bzw. Labels nicht einordnen;
- Erarbeitung von gemeinsamen branchenweiten Lösungen (z.B. Foodwaste, Swisstextiles) und Datenaustausch / Plattformen;
- Branchenweite Finanzierungs- (z.B. bei Rücknahmesystemen) und Versicherungslösungen (z.B. bei «Product as a Service» Angeboten) sind erforderlich;

¹ Mehr Informationen zu Dekarbonisierungroadmaps finden sich beispielsweise hier: <https://enaw.ch/angebot/roadmap-zur-dekarbonisierung>



- Bessere Sortiermaschinen für Metalle oder Textilien (z.B. chemisches Recycling);
- Teilweise verhindern Regulierungen (u.a. Qualitäts- & Sicherheitsanforderungen für Verpackungen in der Nahrungsmittelbranche oder im Gesundheitsbereich) die Einführung von Kreislaufwirtschaftslösungen. Diesbezüglich könnte beispielsweise im Rahmen eines Forschungsprojekts abgeklärt werden, inwieweit es sinnvoll wäre, diese Anforderungen (teilweise) anzupassen oder inwieweit bestehende Anforderungen zwingend relevant sind, um Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen zu erfüllen;
- Ökosysteme wären sinnvoll für die Kreislaufwirtschaft. Diese stehen aber häufig im Gegensatz vom Ziel der Unternehmen resilient und unabhängig von anderen Unternehmen zu sein.

3.2 Interviews mit Industrieakteuren

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse aus den Interviews mit Industrieakteuren dargestellt: Zuerst generell/übersichtsartig und anschliessend zusammenfassend pro ausgewertetes Thema. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der Relevanz der in dieser Studie ausgewerteten Themenbereiche. Die Zahlen darin geben an, wie oft ein Thema insgesamt über alle Interviews genannt wurde. *Wenn in einem Interviewgespräch mehrere, verschiedene Aspekte der bewerteten Themenblöcke genannt wurden, dann wurden diese verschiedenen Aspekte zu einem Thema jeweils alle (einzeln) gezählt*, damit die Bedeutung der verschiedenen Thematiken erfasst wird. Wenn beispielsweise in einem Gespräch zwei Aspekte zum Thema Geschäftsmodelle (z.B. «product as a service» und Akzeptanz bei Kundinnen und Kunden) genannt wurden, so wurde dies zweimal gezählt und somit als «2» erfasst.

Die **Themen/Kategorien** (z.B. Neue Industrieprozesse und Technologien, gesetzliche Rahmenbedingungen etc.), welche wir für die Auswertung der Interviews verwendet haben, beschreiben wir jeweils zu Beginn der einzelnen Kapitel in einer **blauen Box**. Diese Beschreibung legt fest, welche Inhalte / Themen der Interviews wir jeweils unter diesem Themenblock zusammenfassen.

Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse aus den Interviews mit Industrieakteuren

Sektor	Neue Industrieprozesse und Technologien		Gesetzliche Rahmenbedingungen		Wiederverwendbarkeit, Diffusion		Zielkonflikte, Synergien, Unsicherheiten		Unternehmens-ökosystem		KLW-Geschäftsmodelle		Branchentotal Anzahl
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Bau	7	37%	3	16%	7	37%	2	0%	0	0%	2	11%	19
Textil	5	24%	5	24%	6	29%	1	10%	2	10%	1	5%	21
Chemie / Pharma	12	60%	2	10%	3	15%	1	10%	0	0%	1	5%	20
Lebensmittel	7	39%	2	11%	2	11%	0	11%	5	28%	0	0%	18
Maschinen-Elektro-Metall	6	22%	4	15%	6	22%	1	26%	3	11%	1	4%	27
Verpackung	4	31%	3	23%	5	38%	0	8%	0	0%	0	0%	13
Total	41	35%	19	16%	29	25%	14	12%	10	8%	5	4%	118

Lesehilfe: Die absoluten Zahlen (Anzahl) zeigen an, wie oft ein Thema über alle Interviews genannt wurde. Wenn in einem Gespräch mehrere, verschiedene Aspekte eines Themas genannt wurden, so wurden diese auch mehrfach gezählt. Die angegebenen Prozentzahlen beziehen sich auf die totalen Antworten pro Branche (Branchentotal) bzw. auf die letzte Spalte.



3.2.1. Neue Industrieprozesse und Technologien

Erläuterung des Themenblocks «neue Industrieprozesse und Technologien»

Beispielhafte Unterthemen sind die Folgenden:

- *Nachhaltige Produktionstechnologien*: Produktionsprozesse mit erneuerbaren Energien (z.B. Hochtemperaturwärmepumpen) oder welche eine Produktion mit nachhaltigen Materialien erlauben.
- *Energie- oder Ressourceneffizienz*: Massnahmen oder Technologien im Produktionsprozess, welche zu einer erhöhten Energie- oder Ressourceneffizienz führen.
- *CCS/CCU*: Dies betrifft die Weiterentwicklung oder Umsetzung von Technologien zur Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid aus industriellen Prozessen sowie die Erforschung, Weiterentwicklung und Anwendung von Methoden zur Nutzung von abgeschiedenem CO₂ als Rohstoff für neue Produkte, z.B. in der chemischen Industrie.
- *Forschung zur Prozessumstellung*: Forschung oder Handlungsbedarf zu Prozessumstellungen (und Produktpassungen), um neue kreislaufwirtschaftsfähige Technologien in den Produktionsprozess zu integrieren (u.a. Anlagen oder Produktpassungen, welche sich mit erneuerbaren Energien betreiben bzw. herstellen lassen sowie energie- und/oder ressourceneffizienter sind).

Als wichtiges Ergebnis zu diesem Themenblock kann gesagt werden, dass die Industrie generell einen relevanten Bedarf an Forschung zu neuen Technologien und Prozessen sieht. Konkrete Ansätze bzw. Stossrichtungen dazu wurden jedoch nur teilweise genannt, da die befragten Personen in der Regel keinen (technischen) Überblick über alle Prozesse hatten und das Potenzial zur Umsetzung von Kreislaufwirtschaftslösungen daher für einzelne Personen oft unklar ist (in einzelnen Interviews wurde z.B. der Forschungsbedarf für CCS/CCU oder 3D-Drucker erwähnt).

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- **Bausektor**: Zusätzlich zur Dekarbonisierung der Prozesse für die bereits existierenden «Bausektor-Produkte» benötigt es aus Sicht der Industrie Forschung zur Produktion von neuen, nachhaltigen Materialien (z.B. Betonprodukte mit weniger Zementanteil).
- **Textilsektor**: Aktuell fehlen fortschrittliche Recyclingtechnologien, insbesondere im Bereich der Mischgewebe. Es besteht ein Bedarf an Forschung, um Lösungen für die Wiederverwertung dieser Materialien zu finden. Derzeit werden Garnreste beispielsweise hauptsächlich «downcycled», da ihre Faserlänge zu kurz ist, um sie anderweitig zu nutzen. Auch hier ist Forschung notwendig, um herauszufinden, in welchen Produkten Garnreste sinnvoll eingesetzt werden können. Ein weiteres wichtiges Forschungsfeld ist die Entwicklung attraktiver Textilien aus einem einzigen Material, sogenannten Monomaterialien. Gleichzeitig muss jedoch die Herausforderung des fehlenden Brandschutzes bei Monomaterialien berücksichtigt werden.
- **Pharma und Chemie**: Es benötigt beispielsweise Forschung dazu, wie **Lösungsmittel** aus Abfällen in der Produktion von neuen Chemikalien wiederverwendet werden können. Generell fehlt zudem eine Übersicht an vorhandenen Neben- und Abfallströmen, was es schwierig macht, die Möglichkeiten zur Verwendung solcher Neben- und Abfallprodukte der chemischen Industrie zu bestimmen.
- **Lebensmittel**: Bei den Gesprächen mit Industrieakteuren aus der Lebensmittelbranche standen Fragestellungen im Fokus, wie Abfall- oder Nebenprodukte (z.B. Molke, Trester) wieder verwendet werden können (z.B. durch den Aufbau einer Zusammenarbeit mit Partnerfirmen, neuen Prozessen) sowie die Erstellung von neuen «nachhaltigen» Rezepturen (d.h. Rezepturen mit z.B. Ausschüssen, Neben- oder Abfallprodukten).
- **Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM-Industrie)**: Industrieakteure dieser Branche signalisierten vor allem Forschungs- und Handlungsbedarf hinsichtlich des hohen Stromverbrauchs



für die Produktion sowie neuen Verfahren zur Trennung von fest verbauten Materialien und neuen Verfahren für 3D-Druck zur Abfallreduktion.

- **Verpackung:** Industrieakteure aus verschiedenen Branchen haben in den Interviews Forschungs- und Handlungsbedarf für ein verbessertes Recycling von Kunststoff signalisiert. Dazu bräuchte es beispielsweise bessere Verfahren für den Sortierprozess von Kunststoffverpackungen (d.h. eine bessere Auftrennung der Verpackungen in einzelne Bestandteile). Weiter könnten Verpackungen optimiert werden, indem dünnere Materialien oder Monomaterialien (mit gleicher Qualität) für Verpackungen eingesetzt werden.

3.2.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen

Erläuterung des Themenblocks «Gesetzliche Rahmenbedingungen»

In diesem Themenfeld subsumieren wir den Forschungs- bzw. Handlungsbedarf hinsichtlich notwendiger (neuer) Regulierungen (z.B. Mindest-Rezyklatanteil) oder der Schaffung von Anreizen (z.B. CO₂-Besteuerung, Internalisierung externer Kosten, Subventionen).

Zusammenfassend lässt sich zu diesem Themenblock sagen, dass viele Akteure aus der Industrie angaben, dass eine höhere Besteuerung zur Internalisierung externer Kosten (z.B. CO₂-Emissionen), finanzielle Förderung oder eine stärkere Regulierung (u.a. um einen neuen Markt zu schaffen) notwendig sind, um einen «Business Case» für bereits bestehende KLV-Lösungen zu generieren (und in weiterer Folge entsprechende Skaleneffekte zu erzielen). Dies ist gemäss den befragten Personen u.a. darauf zurückzuführen, dass die Konsumierenden von Produkten in vielen Sektoren preissensibel sind und nicht per se bereit sind, einen höheren Preis für nachhaltige Produkte zu bezahlen.

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- **Bausektor:** Industrieakteure aus der Baubranche gaben an, dass viele nachhaltige Lösungen derzeit noch nicht wirtschaftlich sind. Deswegen bräuchte es in der Anfangsphase finanzielle Unterstützung. Durch Skalierung könnten anschliessend die Kosten gesenkt werden. Es sollten zudem Mindestanforderungen für Recyclinganteile in Baumaterialien eingeführt werden.
- **Textilien:** Es wurde eine Besteuerung von ausländischen Produkten, welche bestimmte Anforderungen an die Nachhaltigkeit nicht erfüllten, gewünscht. Des Weiteren werden strengere Nachhaltigkeitsstandards für in der Schweiz zu verkaufende Textilprodukte vorgeschlagen (denn der Schweizer Markt würde gegenwärtig von günstigen, nicht-nachhaltigen Produkten aus dem Ausland überschwemmt).
- **Chemie / Pharma:** Bei nachhaltigen Ansätzen sei der «Business Case» oft nicht gegeben und eine Skalierung zum Senken der Kosten erforderlich. Es benötigte in dieser Branche daher staatliches Handeln bzw. Forschung, um effiziente Ansätze zur Lösung dieses Problems zu bestimmen.
- **Nahrungsmittel:** Es gab keine Rückmeldungen zu diesem Thema.
- **MEM-Industrie:** Die öffentliche Beschaffung sollte Nachhaltigkeitskriterien höher gewichten. Dazu sei es notwendig, entsprechende Datenbestände zu haben, um diese Kriterien überprüfen zu können. Zudem soll die Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), welche nachhaltige Produkte oder Prozesse entwickeln wollen, gestärkt werden.
- **Verpackung:** Akteure aus unterschiedlichen Branchen gaben an, dass eine Anpassung der Rahmenbedingungen (=Handlungsbedarf) sinnvoll sei und gesetzliche Anforderungen (z.B. Mindestanteile von wiederverwendeten Materialien für bestimmte Verpackungstypen, Materialanforderungen an Verpackungen) eingeführt werden sollten.



3.2.3. Wiederverwendbarkeit, Produktdesign und Diffusion

Erläuterung des Themenblocks «Wiederverwendbarkeit, Produktdesign und Diffusion»

Unter diesem Themenfeld fassen wir den Forschungs- und Handlungsbedarf zu Lösungen zur Wiederverwendbarkeit von Produkten sowie der Diffusion von bestehenden KWL-Lösungen zusammen. Dies schliesst beispielsweise das Schaffen von Systemen zur Sammlung und der Wiederverwendung von Produkten und ihren Komponenten mit ein. Aber auch Methoden zur effizienten Rückgewinnung von bestimmten Stoffen, Metallen oder Komponenten von Produkten. Ebenfalls beinhaltet dieses Thema die Entwicklung von langlebigeren bzw. besser wiederverwendbaren Produkten (d.h. Produktdesign).

Die Entwicklung und der Aufbau von Sammel- und Recyclingsystemen ist von sektorübergreifender Bedeutung. Wichtige Aspekte sind dabei die Koordination der verschiedenen Akteure, die Entwicklung und Finanzierung effizienter Sammelsysteme, neue Verfahren zur Trennung relevanter Komponenten und die Bereitstellung wiederverwendbarer Produkte und Komponenten. Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass in einigen Branchen (z.B. Textil, Elektronik) ein grosser Teil der Produktion im Ausland stattfindet.

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- **Bausektor:** In Bezug zur «Wiederverwendbarkeit» soll im Bausektor das «Modulare Bauen» zukunftsweisend sein. Eine Herausforderung besteht darin, dass recycelte bzw. bereits gebrauchte Materialien nicht immer akzeptiert sind bzw. die Baurichtlinien diese Materialien nicht zulassen (denn die Qualitätsanforderungen an Baumaterialien sind in der Schweiz hoch). Weiter erfordert der Rückbau von bestehenden Bauten und die anschliessende Wiederverwendung eine Zusammenarbeit von verschiedenen Akteuren (u.a. Materialhersteller, Rückbaufirmen, Architekten): Beispielsweise ist der Rückbau in der Baubranche schwierig, weil Gebäude oft komplexe, nicht standardisierte Konstruktionen haben und Materialien nicht immer leicht voneinander zu trennen sind.
- **Textilien:** Es braucht eine Kooperation zwischen Hersteller, Weiterverarbeiter und Endkunde, damit das gebrauchte Material vom Endkunden wieder zum Hersteller gebracht werden kann. Die ausländische Textilproduktion erschwert dabei die Entwicklung und Umsetzung von Recycling- und Sammelsystemen. Auch fehlende Materialangaben erschweren die Wiederverwendbarkeit von Produkten. Kunden müssten zudem über die Nachhaltigkeitsrelevanz bei Produkten sensibilisiert werden.
- **Chemie / Pharma:** In der Chemiebranche fehlt Transparenz über verfügbare Neben- und Abfallprodukte. Die Akteure sehen eine Datenbank mit diesen Informationen als möglichen Handlungsbedarf.
- **Nahrungsmittel:** Die Akteure sehen die Herausforderung, Rezepturen anzupassen, um Abfälle oder Restprodukte wiederzuverwenden. Ein zusätzlicher Hebel wäre eine höhere Akzeptanz von B-Produkten (z.B. Produkten, die nicht eine gewünschte Form aufweisen) oder Produkten kurz vor Ablaufdatum.
- **MEM-Industrie:** Eine zentrale Frage für die MEM-Branche ist folgende: Wie können Produkte standardisiert werden, damit Teile von verschiedenen Firmen wiederverwendet werden können? Die Rückwärtslogistik für Kleinstteile ist schwer skalierbar und ökonomisch schwierig (aufgrund der internationalen Wertschöpfungskette). Die Auswirkungen der Rückwärtslogistik auf das Produktdesign sind zudem oft unklar. Je nach Produktion sind internationale Transportsysteme erforderlich. Aufgrund der internationalen Wertschöpfungskette wären zudem auch nicht unbedingt recycelbare Materialien in der Schweiz vorhanden.
- **Verpackungsindustrie:** Eine Herausforderung liegt darin, dass Standardisierungen das Sammeln, Recyceln und Wiederverwenden erleichtern könnten, jedoch gleichzeitig die Differenzierungsmöglichkeiten der Verkäufer reduzieren (weswegen diese keine standardisierte Verpackungen verwenden). Weiterer Forschungs- bzw. Handlungsbedarf sehen die Akteure darin, Labels für



Verpackungen einzuführen, damit die Kund/-innen sich danach ausrichten können und auch ein entsprechendes Bewusstsein entwickeln.

Exkurs: Branchenprogramme

Im Folgenden werden zwei Branchenprogramme vorgestellt, welche beide das Ziel haben, die jeweiligen Branchen (Textilien, Verpackungen, Bau) kreislaufwirtschaftsfähig zu machen.

Sustainable Textiles Switzerland 2030 (STS 2030) ist ein Multi-Stakeholder-Programm mit der Mission, einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) im Schweizer Textil- und Bekleidungssektor entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu leisten. Dazu hat Sustainable Textiles Switzerland 2030 die wichtigsten Akteure der Schweizer Textil- und Bekleidungsbranche in einen Multi-Stakeholder-Dialog eingebunden. Die verpflichteten Akteure setzen die Massnahmen selbständig um. Sie werden dabei von STS 2030 unterstützt und können die zur Verfügung gestellte Toolbox nutzen. Diese bietet vielfältige Unterstützungsoptionen, die auf die Ziele von STS 2030 abgestimmt sind. Da ein grosser Teil der Textilproduktion ausserhalb der Schweiz stattfindet, wird das Programm gleichzeitig international koordiniert und auf die spezifischen Anforderungen des schweizerischen Kontextes zugeschnitten. Langfristig trägt das Multi-Stakeholder-Programm sowohl zur nachhaltigen Entwicklung als auch zur Wettbewerbsfähigkeit des Sektors entlang der gesamten Wertschöpfungskette bei.

Weitere Informationen: <https://www.sts2030.ch/>

RecyPac ist eine freiwillige, privatwirtschaftliche Branchenlösung für eine Schweizer Kreislaufwirtschaft. Der nicht-gewinnorientierte Verein will ein schweizweit flächendeckendes Recyclingsystem für Kunststoff und Getränkekarton aufbauen. Die Mitglieder von RecyPac sind Akteure der gesamten Wertschöpfungskette von Verpackungsproduzenten über Hersteller, Detailhandel, Gemeinden bis hin zu Recyclern. Bis 2030 möchte der Verein ein effizientes Recycling-System aufbauen und ehrgeizige Recyclingquoten von 55% bei Kunststoffverpackungen und 70% bei Getränkekartons erreichen. Die Branchenorganisation entwickelt Ziele analog der EU in allen Bereichen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Wirtschaft, Gesellschaft) bis 2030 und überprüft diese laufend mit einem umfassenden transparenten Zielsystem.

Weitere Informationen: <https://www.recypac.ch/>

«**Charta kreislauffähiges Bauen**»: Zwölf der grössten öffentlichen und privaten Bauauftraggeber in der Schweiz machen sich auf den Weg Richtung Kreislaufwirtschaft. Mit dem Unterzeichnen der «Charta kreislauffähiges Bauen» bekennen sie sich zu einer gemeinsamen Ambition, bis 2030 die Verwendung von nicht erneuerbaren Primärrohstoffen auf 50 Prozent der Gesamtmasse zu reduzieren, die grauen Treibhausgasemissionen zu erfassen und stark zu reduzieren sowie die Kreislauffähigkeit von Sanierungen und Neubauten zu messen und stark zu verbessern. Beim Bau und Unterhalt ihrer Liegenschaften sollen innovative Lösungen zur Erreichung dieser Ziele entwickelt werden: sanieren statt neu bauen, langfristig bauen, Materialeinsatz reduzieren, wiederverwenden.

Weitere Informationen: «[Charta Kreislauffähiges Bauen](http://cbcharta.ch)» (cbcharta.ch) sowie [Kreislaufwirtschaft beim Bauen: Zwölf Grosse machen vorwärts](http://www.kreislaufwirtschaft.admin.ch) ([admin.ch](http://www.kreislaufwirtschaft.admin.ch))

3.2.4. Zielkonflikte, Synergien und Unsicherheiten

Erläuterung des Themenblocks «Zielkonflikte, Synergien und Unsicherheiten»

In diesem Themenfeld fassen wir den Forschungs- und Handlungsbedarf zusammen, welcher sich im Hinblick auf Zielkonflikte, Synergien sowie Unsicherheiten hin zu einer Kreislaufwirtschaft bzw. in einem Zukunftsbild 2050 einer Kreislaufwirtschaft ergeben können. Diese können beispielsweise umfassen:

- *Technologieentwicklung*: Welche Technologien sich genau durchsetzen bzw. welche neuen Technologien sich bis 2050 vielleicht noch entwickeln können ist unsicher.
- *Entwicklung von Rahmenbedingungen*: Änderungen in der Gesetzgebung können unvorhergesehene Kosten und Anpassungsbedarf für Unternehmen verursachen.
- *Zukunftsvisionen und Transitionsszenarien*: Die Geschwindigkeit und der Verlauf der Kreislaufwirtschaft-Transition, allfällige Verhaltensänderungen, Präferenzen von Konsument/-innen oder auch die Effizienz von



verschiedenen Technologien (z.B. wann ist die stoffliche Verwertung effizienter als die energetische Verwertung?) sind alles unbekannte Faktoren hin zur Kreislaufwirtschaft.

Zu diesem Themenblock haben wir von verschiedenen Sektoren die Rückmeldung erhalten, dass oft nicht eindeutig sei, wann sich das Recyclen bzw. Schliessen von Stoffkreisläufen lohnt bzw. energieeffizient ist (da dies auch Energie benötigt). Weiter fällt aus, dass keine der befragten Personen eine klare Zukunftsvision davon hat, wie eine Kreislaufwirtschaft im Jahr 2050 aussehen kann.

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- **Bausektor:** Im Bausektor ist unklar, welche Rolle die Betonproduzenten in einer kreislauffähigen Wirtschaft einnehmen können.
- **Textilien:** Im Textilsektor bestehen Unsicherheiten über die Umwelteffekte verschiedener Materialien. Für Designer oder Produzenten ist also nicht immer ersichtlich, welche Materialien aus Umweltsicht vorteilhaft sind.
- **Chemie / Pharma:** In diesem Sektor wird von den befragten Akteuren teilweise in Frage gestellt, ob die stoffliche Verwertung von Abfällen bzw. Nebenprodukten immer energieeffizient ist. Dies bedeutet, dass aus ihrer Sicht in einigen Fällen ein Trade-off zwischen Energieeffizienz und Kreislauffähigkeit besteht (bzw. bestehen könnte). Das Recycling bzw. die Wiederaufbereitung von Materialien bedeutet oft einen hohen Energieaufwand (z.B. kann es bei Produkten für den Gesundheitsbereich energieeffizienter sein, ein Einwegprodukt zu verwenden, als dieses mit hohem Energieaufwand zu reinigen).
- **Nahrungsmittel:** Im Nahrungsmittelbereich wurde mehrmals erwähnt, dass unklar ist, ob sich der Energieaufwand (z.B. zur Zerkleinerung von Nebenströmen) in jedem Fall lohnt.
- **MEM-Industrie:** Produktstandardisierungen wären hilfreich für die Wiederverwendung von Produkten und ihrer Komponenten, führen aber gleichzeitig zu weniger Differenzierbarkeit zwischen den Herstellern. Deshalb haben diese wenig Interesse an Standardisierung. Zudem kann die Wiederaufbereitung auch im Konflikt mit neuen Produktdesigns stehen, da die Integration alter Produktteile in neue Lösungen erschwert würde.
- **Verpackungsindustrie:** Bezüglich Verpackungen bräuchte es gemäss unseren Gesprächspartner/-innen Forschung zu zukunftssträchtigen, nachhaltigen Verpackungsmaterialien.

3.2.5. Unternehmensökosystem

Erläuterung des Themenblocks «Unternehmensökosystem»

In diesem Themenfeld fassen wir den Forschungs- und Handlungsbedarf zusammen, welcher das Erweitern und Bilden von neuen Unternehmensökosystemen betrifft. Die Zusammenarbeit und Koordination zwischen den Akteuren ist entscheidend für den Erfolg der Kreislaufwirtschaft. Ökosysteme können die Innovation fördern und gemeinsame Ziele unterstützen, beispielsweise in folgenden Aspekten:

- Kooperation in der Lieferkette: Lieferanten und Hersteller können zusammenarbeiten, um Materialien effizient zu nutzen und Recyclingprozesse zu optimieren.
- Rücknahme- und Recyclingprogramme: Unternehmen können Partnerschaften mit Recyclingunternehmen und anderen Akteuren eingehen, um geschlossene Kreisläufe für ihre Produkte zu schaffen.
- Entwicklung von Infrastruktur und Dienstleistungsnetzwerke: Ein starkes Ökosystem kann die Bereitstellung von Dienstleistungen anstelle des Verkaufs von Produkten unterstützen.
- Entlang der Wertschöpfung und als Querschnitt zwischen verschiedenen Sektoren

Betreffend das Thema «Unternehmensökosystem» wurde von den befragten Unternehmen vielfach das Risiko von Abhängigkeiten von anderen Unternehmen bzw. Sektoren genannt (und damit die



Herausforderung, als Unternehmen resilient zu bleiben trotz – oder gerade aufgrund - der Kooperation mit anderen Unternehmen).

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- Bau-, Textil, Nahrungsmittel- und dem Verpackungssektor: Es erfolgten keine Rückmeldungen zu diesem Thema.
- Textilien: Identifikation von Sektoren/Prozessen, die anstelle umweltschädlicher Faserteile umweltfreundlichere (recycelte) Textilreste nutzen könnten?
- Chemie / Pharma: Die befragten Personen konnten keine eindeutige Aussage zur Relevanz von Ökosystemen machen (u.a. da sie die Nebenströme anderer Unternehmen zu wenig kennen). Jedoch wurden teilweise Bedenken hinsichtlich der Resilienz geäußert. Aus Sicht der Chemie-Branchen wären Partnerschaften zur Produktion von grünem Methanol interessant – das heisst, dass eine Partnerfirma grünes Methanol produzieren würde; unter dem Einsatz der abgeschiedenen Prozessemissionen der Chemiebranche.
- MEM-Industrie: Die interviewten Akteure haben eher keine Möglichkeit für vermehrte Unternehmensökosysteme gesehen u.a. da die Wertschöpfung dieser Branche international ist und die räumliche Nähe zur Umsetzung von Ökosystemen entscheidend sein kann. Im Rahmen von Forschungsprojekten könnte jedoch untersucht werden, ob und wenn ja, wie internationale Ökosysteme in der MEM-Industrie umsetzbar sind.

3.3 Kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle

Erläuterung des Themenblocks «Kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle»

Dieses Themenfeld fasst den Forschungs- und Handlungsbedarf zu kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodellen zusammen, welche auf den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft basieren (z.B. «Product-as-a-Service»-Geschäftsmodelle). Die Modelle zielen darauf ab, den Wert von Produkten, Materialien und Ressourcen so lange wie möglich zu erhalten und Abfall sowie Umweltbelastungen insgesamt zu reduzieren.

Kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle waren in verschiedenen Sektoren, aber nicht in allen Sektoren ein Thema (siehe unten). Eine Herausforderung für (neue) kreislaufwirtschaftsfähige Geschäftsmodelle ist oftmals die soziale Akzeptanz (z.B. möchten viele Konsument/-innen Produkte immer noch lieber besitzen als leihen).

Wichtige Themen pro Sektor werden im folgenden Abschnitt beispielhaft beschrieben:

- **Bausektor:** Gemäss den Rückmeldungen aus den Interviews mit den Akteuren aus der Baubranche könnten Geschäftsmodelle wie «product as a service» eine Lösung dafür sein, dass einerseits weniger Materialien eingesetzt werden (Entkoppelung des Preises vom Einsatz von Materialien) und andererseits die Materialien zurückgewonnen und anschliessend wieder verwendet werden können. Dazu sind je nachdem auch Kooperationspartner erforderlich (z.B. Rückbaufirmen).
- **Textilien:** Im Textilbereich liegt die grosse Herausforderung darin, dass es sich um einen internationalen Markt handelt (z.B. benötigt es zur Wiederverwendung/Recycling von Textilien internationale Partnerschaften).



4 Anhang A: Interviewleitfaden generisch

4.1 Hintergrund und Zielsetzung

Zur vollständigen Dekarbonisierung der Industrie bis 2050 reichen Lösungen wie z. B. Elektrifizierung oder die Erhöhung der Energieeffizienz nicht aus. Kreislaufwirtschaftsansätze können einen weiteren relevanten Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Schweizer Energie- und Klimaziele für (besonders für energie- und ressourcenintensive) industrielle Prozesse liefern. Die Kreislaufwirtschaft zielt dabei auf eine zirkuläre Wirtschaftsweise ab, bei der Rohstoffe, Energie, Materialien und Produkte möglichst lange genutzt und die Stoffkreisläufe geschlossen werden.

Im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) erarbeitet Ecoplan eine Auslegeordnung aus Sicht der Industrie zum **Forschungs- und Handlungsbedarf** zur **Kreislaufwirtschaft** und **industriellen Prozessen**. Dabei bearbeiten wir durch ein offenes Vorgehen folgende **Fragestellungen**:

- Wo liegt aus Sicht der Industrie der **Forschungs- und Handlungsbedarf**, damit ihre industriellen Prozesse hinsichtlich Energie- und Materialbedarf effizienter und Teil einer Kreislaufwirtschaft werden? (Bspw. welche Themen und Aspekte sind relevant)?
- Wie sehen mögliche **Zukunftsbilder** für die relevanten Industriesektoren für 2050 aus Sicht der Industrie aus?

Dazu führen wir in einem ersten Schritt Interviews mit Industrieakteuren durch und in einem zweiten Schritt einen Workshop mit Industrievertretern und weiteren relevanten Stakeholdern (z.B. relevante Umsetzungspartner).

4.2 Gesprächsleitfaden

4.2.1. Einstieg

Haben Sie Fragen zum Projekt und Vorgehen?

4.2.2. Relevanz und Potenzial

4.2.2.1. Relevanz von Branchen und Prozessen

- Bei welchen Produktionsprozessen bzw. Produktionsschritten sehen sie die Hauptherausforderungen bzw. -potenziale für die Textilindustrie zur Dekarbonisierung?
- Wo sehen Sie wichtige Herausforderungen bzw. Potenziale für Textil-Unternehmen bzw. ihre Branche beim Schliessen von Energie- und Materialkreisläufen (in industriellen Prozessen)?
 - o Wie beurteilen Sie die Herausforderungen (für die Schweiz) in Bezug auf Hochtemperaturprozesse? Welche KLV-Lösungen bis 2050 sind denkbar?
 - o Spielen Akteure anderer Branchen oder Umsetzungsakteure bei der Herstellung möglicher Kreisläufe eine relevante Rolle?

4.2.2.2. Zukunftsbilder bis 2050

- Gibt es Visionen für ein mögliches **Zukunftsbild** der Textilindustrie aus ihrer Sicht im Jahr 2050?
 - o Welche wichtigen Synergien und Zielkonflikte bestehen (z.B. zwischen verschiedenen Prozessen oder einzelnen Branchen)?
 - o Welche Unsicherheiten liegen vor?
 - o Welche Akteure sind für die Transformation bis 2050 besonders wichtig?
 - o Wo besteht zusätzlicher Forschungs- und Handlungsbedarf aus Sicht der Industrie?



4.2.3. Bestehende Kreislaufwirtschaftslösungen für industrielle Prozesse

- Gibt es bereits Kreislaufwirtschaftslösungen, welche die oben genannten Herausforderungen adressieren könnten, aber noch nicht angewendet werden?
 - o Warum werden Sie noch nicht angewendet?
 - o Was sind die wichtigsten Hindernisse und Treiber zur Anwendung?
- Haben Sie eine Einschätzung dazu, welchen Forschungs- und Handlungsbedarf besteht, damit technologisch denkbare oder sogar bereits bestehende Kreislaufwirtschaftslösungen in der Industrie angewendet werden?
 - o Braucht es **Technologieforschung**? Wenn ja, für welche Phase? Braucht es Pilot- oder Demonstrationsprojekte?
 - o Benötigt es Forschung zur Diffusion von bereits existierenden Kreislaufwirtschaftsansätzen (in der Kommerzialisierungs-Phase)? Beispielsweise zu neuen **Geschäftsmodellen, Unternehmensökosystemen, Finanzierungslösungen**, zu unterstützenden **Digitalisierungslösungen** oder neuen **Plattformen** (z.B. mit Daten zu nachgefragten und vorhandenen Abfall- bzw. Zwischenprodukten von industriellen Prozessen)?

4.2.4. Abschluss und weiteres Vorgehen

- Haben Sie noch weitere Bemerkungen, oder etwas Wichtiges, das Sie noch nicht gesagt haben?
- Die Erkenntnisse aus den Interviews werden in die weiteren Arbeiten einfließen.
- Vielen Dank für Ihre offene Auskunft und dass Sie sich die Zeit für das Gespräch genommen haben.