



#upperVISION2030
Wirtschafts- & Forschungsstrategie OÖ



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



Technology Roadmap: Sustainable Plastics Solutions

Endbericht



Sustainable Plastics Solutions – Roadmap

Projektleitung

Business Upper Austria – OÖ Wirtschaftsagentur GmbH

Hafenstraße 47-51, A-4020 Linz

DI Christian Mayr
christian.mayr@biz-up.at

Projektteam

Gamze Ilbeyi, MSc.
gamze.ilbeyi@biz-up.at

Ashna Mudaffer, MSc.
ashna.mudaffer@biz-up.at

Timna Reisenberger, BA BSc.
timna.reisenberger@biz-up.at

DI Daniel Rogl
Daniel.rogel@biz-up.at

Beteiligte Institute

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 4, 1210 Vienna
Center for Innovation Systems & Policy

DIⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Beatrix Wepner
beatrix.wepner@ait.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz Leitner
karl-heinz.leitner@ait.ac.at

Verfasst im Auftrag von

Business Upper Austria – OÖ Wirtschaftsagentur GmbH

Abteilung Policy & Standortstrategie
Hafenstraße 47-51, A-4020 Linz
DI Klaus Oberreiter, MBA
klaus.oberreiter@biz-up.at

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Abteilung V/6 – Abfallvermeidung, -verwertung
und -beurteilung
Stubenbastei 5, 1010 Wien
Mag.^a Christine Hochholdingner

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Partnern und Mitgliedern des(r)



für die Mitarbeit und Unterstützung. Ein besonderer Dank gilt den Vertreter:innen nachfolgender Unternehmen und Institutionen für die aktive Beteiligung:

AGRU Kunststofftechnik

ALPLA Werke Alwin Lehner GmbH & Co KG

Altstoff Recycling Austria Aktiengesellschaft

**Amt der Oö. Landesregierung Abteilung
Anlagen-, Umwelt- und Wasserrecht**

**Amt der Oö. Landesregierung Direktion Umwelt
und Wasserwirtschaft**

Berglandmilch eGen

Binder+Co AG

Borealis AG

Brantner Österreich GmbH

Coca-Cola HBC Austria GmbH

Constantia Flexibles International GmbH

DONAU KANOL GmbH & Co KG

Ecoplast Kunststoffrecycling GmbH

Eisberg Österreich GmbH

**Energie AG Oberösterreich Umwelt Service
GmbH**

ENGEL AUSTRIA GmbH

EREMA Group GmbH

FELIX Austria GmbH

FFoQSI GmbH

FH Campus Wien

FH Oberösterreich Campus Wels

Gmundner Molkerei eGen

Greiner Packaging GmbH

Hackl Container Abfallbehandlungs GmbH

Henkel Central Eastern Europe GmbH

Hipp Austria GmbH

Hofer KG

HUECK FOLIEN Gesellschaft m.b.H.

INTERSEROH Austria GmbH

JODL Verpackungen GmbH

Johannes Kepler Universität Linz

Josef Manner & Comp. Aktiengesellschaft

**Josef Recheis Eierteigwarenfabrik und
Walzmühle Gesellschaft m.b.H.**

Kompost & Biogas Verband Österreich	Rieger Recycling Gesellschaft m.b.H.
Kruschitz GmbH	Rudolf Großfurtner GmbH
Lenzing Plastics GmbH Co KG	S. Spitz GmbH
Lidl Österreich GmbH	Salzburg Schokolade GmbH
Lindner-Recyclingtech GmbH	SalzburgMilch GmbH
Linz AG	Saubermacher Dienstleistungs AG
LIT Factory	Schluga Kunststoffwerk Gesellschaft m.b.H
MA48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark	SPAR Österreichische Warenhandels-AG
MARESI Austria GmbH	Starlinger & Co Gesellschaft m.b.H.
Mondi AG	Stummer Kommunalfahrzeuge Ges.m.b.H
Montanuniversität Leoben	TCKT – Transfercenter für Kunststofftechnik GmbH
Neuburger GmbH & Co. OG.	Technische Universität Graz
Next Generation Recyclingmaschinen GmbH	Technische Universität Wien
NÖM AG	TECHNOFLEX Holding GmbH
O.Ö. Landes-Abfallverwertungsunternehmen GmbH	Unilever Austria GmbH
OFI Technologie & Innovation GmbH	UNIMARKT Handelsgesellschaft m.b.H. & Co. Kommanditgesellschaft
OMV Aktiengesellschaft	VIVATIS Holding AG
Oö. Zukunftsakademie	Volpini Verpackungen GmbH Austria Waizinger Ges.mbH & Co KG
Poloplast GmbH & Co KG	Walter Kunststoffe GmbH
PÖTTINGER Entsorgungstechnik GmbH	Werner & Weber GmbH
PreZero Polymers AG	
Procter & Gamble GmbH	
Reclay Systems GmbH	
REDWAVE a division of BT-Wolfgang Binder GmbH	
Resch&Frisch Holding GmbH	
REWE International AG	



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	8
2	Einleitung	10
2.1	Modellregion für Kreislaufwirtschaft	11
2.2	Der Weg zu nachhaltigen Kunststofflösungen	12
3	Zahlen, Daten und Fakten	14
3.1	Legislative Zielvorgaben für Kunststoffverpackungen	15
3.1.1	Zusammensetzung und Pro-Kopf-Anfall von Kunststoffverpackungsabfällen sowie Verwertungswege	16
4	Die Vision	18
5	Die Technologie-Roadmap	20
5.1	Themenkomplexe	22
5.1.1	Rahmenbedingungen	23
5.1.2	Design4Circularity	24
5.1.3	Sammlung, Sortierung, Recycling	26
5.1.4	Materialien, Technologien, F&E	31
6	Nächste Schritte	32
	Abbildungsverzeichnis/Quellenverzeichnis/ Impressum	38

1



Zusammenfassung

Ausgehend von der Vision, Österreich als anerkannte Modellregion für nachhaltige Kunststofflösungen und Kreislaufwirtschaft zu positionieren, startete die oberösterreichische Standortagentur Business Upper Austria gemeinsam mit dem Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie einen strukturierten Prozess, wie diese Vision erreicht werden kann. Ziel war es, eine Technologie-Roadmap mit dem Zeithorizont 2030 zu erstellen, welche konkrete Themenschwerpunkte und Handlungsoptionen beinhalten sollte.

Von Juli bis September 2021 fanden vier Workshops zum Thema "Sustainable Plastics Solutions" statt. Die rund 100 Teilnehmer:innen stammten aus Unternehmen des gesamten Wertschöpfungskreislaufs und arbeiteten getrennt in drei branchenspezifischen Gruppen zusammen: kunststoffverarbeitende Unternehmen, Unternehmen aus dem Lebensmittelbereich sowie Unternehmen der Abfallbranche.

Auf Basis der Ergebnisse der ersten drei Workshops wurden drei zentrale Themenkomplexe herausgearbeitet:

- **Design4Circularity**
- **Sammlung, Sortierung und Recycling**
- **Materialien, Technologien sowie Forschung und Entwicklung**

Im letzten Workshop mit Teilnehmer:innen aller Branchen lag der Fokus auf der Umsetzung von Maßnahmen innerhalb der Themenkomplexe, auf Rahmenbedingungen und Legislative sowie auf Businessmodellen. Daraus ergeben sich eine Reihe von Handlungsfeldern wie beispielsweise

... die Einführung eines einheitlichen Standards für die Kennzeichnung

... die Reduktion der Materialvielfalt

... das digitale Wasserzeichen etablieren und Sortieranlagen damit ausstatten

... ein österreichweit einheitliches Sammelsystem

... ein neuer Recyclingcode für biologisch abbaubare Kunststoffe auf EU-Ebene

... internationale Technologiepartnerschaften

... die Einführung einer Ökomodulation

... eine ganzheitliche Recyclingstrategie, die mechanisches, chemisches und lösemittelbasiertes Recycling inkludiert.

Und nicht zuletzt ist in der breiten Bevölkerung eine Bewusstseinsbildung für (Kunststoff)Abfall als neuen Wertstoff notwendig.

2



Einleitung

Die Technologie-Roadmap zu „Sustainable Plastics Solutions“ basiert auf mehreren voneinander unabhängigen Entwicklungen der Kunststoffindustrie. Es ist das gemeinsame Ziel aller, das Material Kunststoff mit dem Fokus auf Kunststoffverpackungen kreislauffähig und damit nachhaltiger weiterzuentwickeln. EU-Richtlinien zu Einwegplastik oder Recyclingquoten, die national umgesetzt werden, führen zur Verringerung von Kunststoffen bei Verpackungen. Zusätzlich will auch die Kunststoffbranche mit der jeweils entsprechenden Wertschöpfungskette Ressourcen effizienter einsetzen und Wertschöpfungskreisläufe etablieren. Ein aktuell vorherrschender Trend innerhalb der Kunststoffbranche ist ganz klar auf eine Kreislaufwirtschaft ausgerichtet.

Die wertschöpfenden Unternehmen der Kunststoffindustrie weisen in Österreich eine große KMU-Dichte auf. Viele dieser Unternehmen arbeiten seit Jahren im Kunststoff-Cluster, einem der größten Branchennetzwerke Europas, in verschiedensten Projekten zusammen. Die oö. Standortagentur Business Upper Austria als einer der Träger des Kunststoff-Clusters erstellt nun gemeinsam mit dem AIT

Austrian Institute of Technology und mit der Unterstützung des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie eine Technologie-Roadmap. Diese soll, erarbeitet von und mit Unternehmen des gesamten Wertschöpfungskreislaufes, dazu dienen, die notwendigen Innovationen und Rahmenbedingungen bis 2030, die es für nachhaltige Kunststofflösungen in Österreich braucht, zu definieren. Wie im Kapitel Vision angegeben, sollen ambitionierte Ziele erreicht und Vorgaben übertroffen werden, sodass **Österreich als Modellregion für Kunststoff-Kreislaufwirtschaft** wahrgenommen werden kann.

Innerhalb Österreichs kann Oberösterreich als Pionierregion gelten, da oberösterreichische Unternehmen den gesamte Wertschöpfungskreislauf abdecken. Dadurch ergibt sich ein sehr **hohes Potenzial für Innovation durch Kooperation**. Darüber hinaus liegt im Handlungsfeld „Nachhaltige Industrie & Produktion“ der oö. Wirtschafts- und Forschungsstrategie #upperVISION2030 ein klarer Fokus auf Kreislaufwirtschaft.

2.1 Modellregion für Kreislaufwirtschaft

Viele Länder stehen aufgrund des weltweit signifikant steigenden Verbrauchs von Kunststoffen und der damit verbundenen steigenden Abfallmengen vor großen Herausforderungen. Nur mit einer Industriepolitik, die auf Kreislaufwirtschaft als zentrale Grundlage setzt, wird es uns gelingen, die Klima- und Umweltziele der EU zu erreichen. Gerade Branchen mit hohem Kreislaufpotenzial schöpfen dies derzeit nicht voll aus. Das allgemeine Bewusstsein, dass Handlungsbedarf besteht und konkrete Maßnahmen notwendig sind, steigt. Um diese Veränderung anzustoßen, wurde ein Technologie-Roadmapping-Prozess gestartet. Technology Roadmapping (TRM) ist ein ideales Werkzeug zur strukturierten Planung, Umsetzung und Visualisierung von festgelegten Zielen.

Die TRM-Methode soll dabei unterstützen, Maßnahmen abzuleiten, wie Österreich in puncto Kunststoffe kreislauffähiger werden kann.

Österreich soll 2030 als lebenswertes und nachhaltig agierendes Industrieland wahrgenommen werden. Die verantwortungsvolle Nutzung und Wiederverwendung von Ressourcen ist ein wesentliches Element. Die Industrie ist dabei Teil der Lösung für künftige Herausforderungen und kann sich im globalen Spitzenfeld positionieren. Österreich nimmt dabei eine signifikante Rolle ein, dessen breite Kunststoffindustrie das Zugpferd sein wird. Die Wegweiser dafür sind klar: die Sustainable Development Goals der UN, die Paris-Ziele für eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80 bis 90 % bis 2050 sowie eine Dekarbonisierung der Industrie. Kreislaufwirtschaft

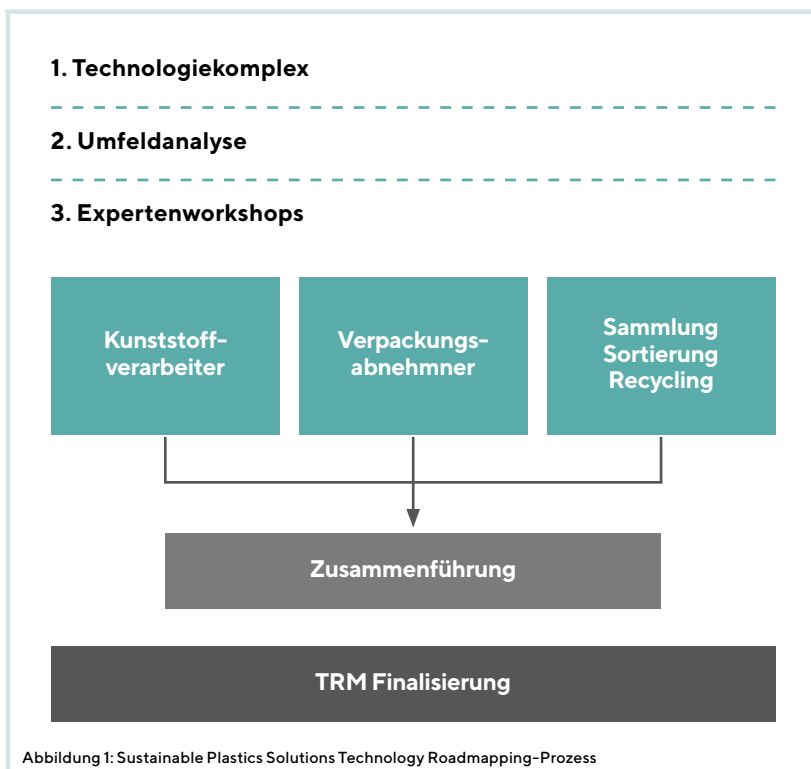
bzw. die Schließung von Kreisläufen bei verfahrenstechnischen Prozessen soll zu einer Erhöhung der Rohstoffproduktivität führen und dadurch einen wesentlichen Beitrag zu einer CO₂-reduzierten Wirtschaft leisten. Die starke, diversifizierte und vor allem KMU-definierte Kunststoffbranche Österreichs zeigt täglich, dass sie im Stande ist, Großes zu erreichen und innovativ zu bleiben. Gemeinsam mit der

Lebensmittelproduktion und der Abfallwirtschaft können zirkuläre Lösungen umgesetzt werden. Österreich repräsentiert den gesamten Wertschöpfungskreislauf von Kunststoffverpackungen und Kunststoffprodukten und ist somit prädestinierte Modellregion für eine etablierte Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen!

2.2 Der Weg zu nachhaltigen Kunststofflösungen

Mit dem AIT Austrian Institute of Technology wurde ein kompetenter und in Sachen Technologie-Roadmap erfahrener Kooperationspartner gewonnen, um gemeinsam den Roadmap-Prozess durchzuführen. Dazu veranstaltete die öö. Standortagentur Business Upper Austria mehrere Workshops mit unterschiedlichen Stakeholdern der gesamten Wertschöpfungskette. Konkret wurden die Stakeholder vorab in verschiedene Teilgruppen der Wertschöpfungs-

kette aufgeteilt und unabhängig voneinander befragt. Dabei waren jeweils die Unternehmen des Kunststoff-, Lebensmittel-, und Cleantech-Clusters bei den Workshops dabei. Somit wurde zuerst die produzierende und verarbeitende Industrie, anschließend die anwendungsorientierte Industrie (Lebensmittelproduzenten und Handel, die Verpackungen nutzen), deren Kunden und am Ende die Abfallwirtschaft zu Workshops eingeladen.



In einem weiteren Schritt wurden alle Stakeholder des gesamten Wertschöpfungskreislaufs zu einem großen Workshop eingeladen. Dieser fand am 14. September 2021 ganztägig in Linz statt. Dort wurden die Ergebnisse der ersten drei Workshops strukturiert und diskutiert und schließlich daraus konkrete

Maßnahmen für nachhaltige Kunststofflösungen aus Österreich abgeleitet. Die Workshop-Ergebnisse sind unter Punkt 6 angeführt. Die teilnehmenden Organisationen und Unternehmen bekannten ihr Engagement und deklarierten ihre Mitwirkung an der Umsetzung von konkreten Maßnahmen.



3



Zahlen, Daten und Fakten

Grundlage für diesen Technologie-Roadmapping-Prozess sind sowohl die Ziele der öö. Wirtschafts- und Forschungsstrategie #upperVISION2030 als auch aktuelle Entwicklungen Richtung Kunststoff-

Kreislaufwirtschaft, wo Österreich mit einer traditionell starken und technologisch hoch entwickelten Kunststoffbranche einen beträchtlichen Teil beisteuern kann.

3.1 Legislative Zielvorgaben für Kunststoffverpackungen

Zahlreiche Pläne, Plattformen und Verordnungen haben Kunststoffverpackungen im Fokus und fordern höhere Wiederverwertungsquoten. Circular Economy Action Plan, Kunststoffstrategie der EU, SUP-Verordnung, etc. wirken auf die Kunststoff-

Wertschöpfungskette nachhaltig ein. Die Recyclingquoten für den deutschsprachigen Raum sowohl für Kunststoffabfälle als auch Kunststoffverpackungsabfälle für das Jahr 2019 finden Sie nachfolgend in Abb. 3:

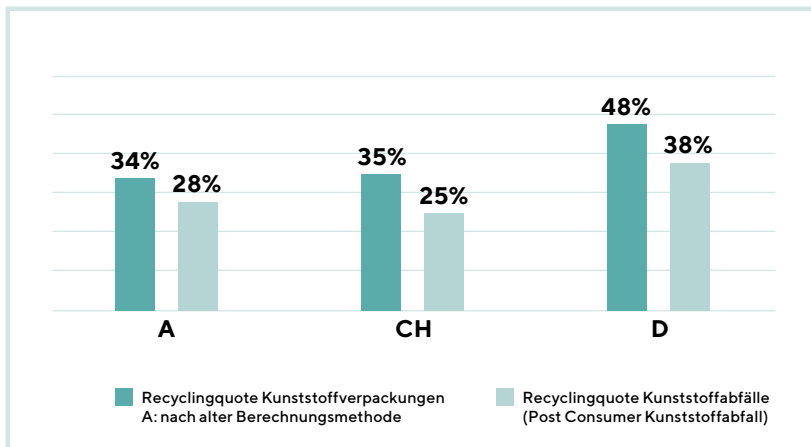


Abbildung 2: Recyclingquoten von Kunststoffverpackungen und -abfällen im DACH-Raum

Die Recyclingquoten-Vorgabe für Kunststoffverpackungen laut EU-Kunststoffstrategie:

- 50 % bis 2025
- 55 % bis 2030

Dies bedeutet für Österreich in realen Zahlen, bei 75.000 t (Eygen et al., 2018) Output-Quote aus stofflichem Recycling:

- Ziel 2025: 150.000 t
- Ziel 2030: 165.000 t

3.1.1 Zusammensetzung und Pro-Kopf-Anfall von Kunststoffverpackungsabfällen sowie Verwertungswege

Nachfolgend finden Sie die Verwertungswege von Kunststoffverpackungen sowie die Zusammensetzung des Kunststoffverpackungsabfalls in Österreich (2018).

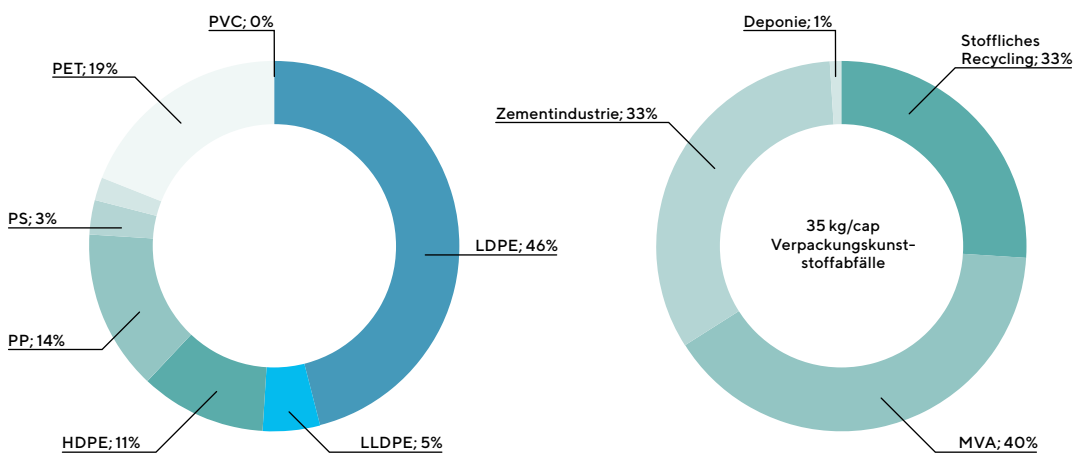


Abbildung 3: Kunststoffverpackungsabfälle (Eygen et al., 2018)

- Polyolefine machen mehr als die Hälfte des Kunststoffverpackungsabfalls aus
- Mit ca. 40 % sind Verpackungen (v. a. PE und PP) der größte Einsatzbereich von Kunststoffen (Quelle: Plastics Europe)

Nachfolgend aufgelistete Treiber der Kunststoffkreislaufwirtschaft weisen teils einen verbindlichen legislativen, teils einen freiwilligen Charakter auf.

Single Use Plastics Verordnung (Auszug)

- Verbote (ab 3. Juli 2021): Einwegbesteck, -teller, Trinkhalme, Rührstäbchen, Wattestäbchen, Luftballonstäbe, aus expandiertem Polystyrol (EPS) hergestellte Lebensmittelverpackungen, Getränkebehälter und -becher, Produkte aus oxoabbaubarem Kunststoff (siehe SUP RL);

- Anforderungen an das Produktdesign: Kunststoff-Getränkebehälter mit fixen Verschlüssen (ab 3. Juli 2024)

- ab 2025: PET-Getränkeflaschen: mindestens 25 % Rezyklatanteil
- ab 2030: Alle Getränkeflaschen aus Kunststoff: mindestens 30 % Rezyklatanteil (z. B. auch Flaschen für Joghurtgetränke)

- Getrennte Sammlung von Kunststoff-Einweggetränkeflaschen: mindestens

- 77 % ab 2025; mindestens 90 % ab 2029

- Reduktionsmaßnahmen für Kunststoffverpackungen und Getränkebecher

- Erweiterte Herstellerverantwortung

- Kostenbeteiligung bei Säuberungen und Aufräumaktionen



Circular Economy Action Plan/ Green Deal (Auszug)

- Erarbeitung verbindlicher Anforderungen an den Rezyklatanteil sowie Maßnahmen zur Abfallreduzierung für wichtige Produkte wie Verpackungen, Baustoffe und Fahrzeuge
- Stärkung der Bereiche nachhaltige Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle durch kohärenten Rahmen für die Produktpolitik
- Verringerung von (übertrieben aufwendigen) Verpackungen und Verpackungsabfällen, unter anderem durch Festlegung von Zielvorgaben und andere Maßnahmen zur Abfallvermeidung
- Förderung eines Designs mit Blick auf die Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit von Verpackungen, einschließlich der Prüfung von Beschränkungen für die Verwendung einiger Verpackungsmaterialien für bestimmte Anwendungen

- Prüfung der Verringerung der Komplexität von Verpackungsmaterialien, einschließlich der Anzahl der verwendeten Materialien und Polymere
- Festlegung von Regeln für das sichere Recycling von anderen Kunststoffen als PET zur Verwendung als Lebensmittelkontaktmaterialien

EUROPEAN PLASTICS PACT ZIELE

- 100 % der Verpackungen und Einweggeschirr sind wiederverwendbar oder recyclingfähig
- 20 % Rezyklatanteil in allen Verpackungen
- Erhöhung der Sammel-, Sortier- und Recycling-Rate um mind. 25 %
- Durchschnittliche Rezyklatanteile in Produkten und Verpackungen von mind. 30 Gew.-% bis 2025

4



Die Vision

Ziele der öö. Wirtschafts- und Forschungsstrategie #upperVISION2030 sind die Überführung von Forschungsergebnissen in die wirtschaftliche Anwendung, das Erkennen von disruptiven Technologien und die Identifikation von Anwendungsfeldern. Darauf basierend wurde im Rahmen von Workshops mit Teilnehmer:innen aus verschiedenen Branchen eine Vision zu Sustainable Plastics Solutions diskutiert und ergänzt:

- **„WirmachendengelbenSackzu100%nutzbar!“**
- Als Kunststoffstandort Oberösterreich tragen wir Verantwortung und bringen gemeinsam mit der Wertschöpfungskette **60.000 Tonnen Recyclingmaterial** aus der Sammlung in neue/hochwertige Produkte.
- Unter Berücksichtigung weiterer Abfallströme neben dem Gelben Sack (Restmüll, Gewerbliche Abfälle, Haushalt, Bau, etc.) übertreffen wir als **Modellregion Sustainable Plastics Solutions** bis 2030 die ambitionierten EU-Ziele der Kunststoff-Kreislaufwirtschaft.
- Wir erreichen die Ziele der Single-Use Plastics Verordnung der EU und des European Plastics Pact.

In den ersten drei Workshops wurden den unterschiedlichen Stakeholdern der Wertschöpfungskette die Vision präsentiert und die Teilnehmer:innen ergänzten diese. So wurde ein großer Schwerpunkt auf die Rahmenbedingungen gelegt, wie etwa die klare Kommunikation der Vision, um ein Bewusstsein bei den Menschen für Kunststoffe zu schaffen. Gleichzeitig wurde ein Schwerpunkt auf die Profitabilität des Kreislaufs ergänzt – so müssen Sortierung und Recycling wirtschaftlich sein, um die Ziele zu erreichen. Österreich soll international sichtbarer Leuchtturm für Kunststoff-Kreislaufwirtschaft werden und damit auch Forscher:innen, Studierende und Fachkräfte anziehen. Durch diese Modellregion entsteht ein Innovationsschub entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufs. Großer Wert wurde auf die Zusammenarbeit von Wirtschaft, Forschung und Politik sowie die Einbeziehung der Bürger:innen gelegt. Nur so werden Themen wie Mülltrennung und Nachhaltigkeit in der Bevölkerung gestärkt. Weiters ergänzten die Teilnehmer:innen, dass nicht nur Verpackungen im Fokus stehen sollen, sondern auch alle anderen Kunststoffe. Denn auch ein Kunststoffbauteil in einem Auto kann eine nachhaltige Funktion besitzen – Stichwort: Leichtbau.

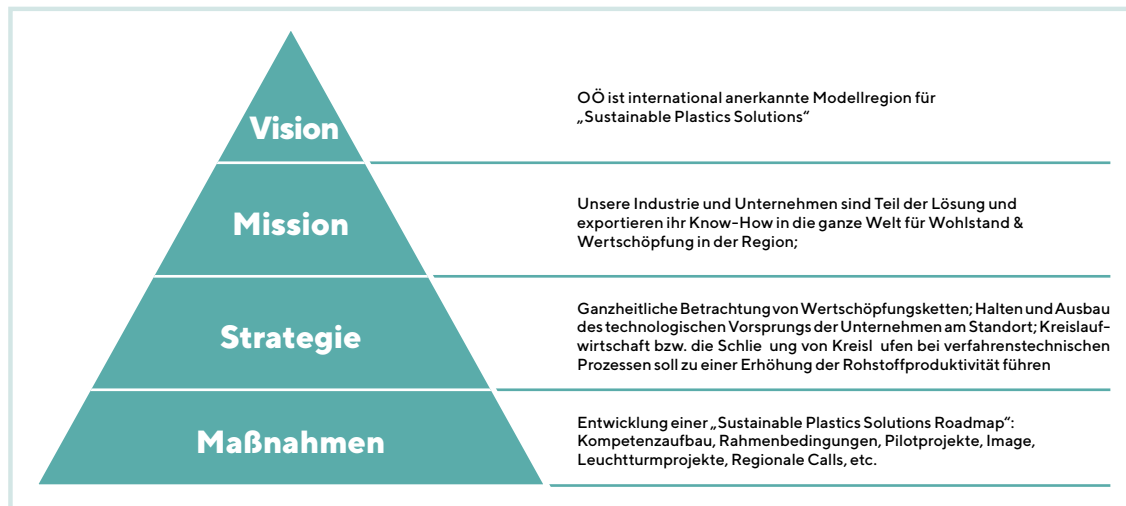


Abbildung 4: Vision-Mission-Pyramide der Modellregion für Sustainable Plastics Solutions

5



Die Technologie-Roadmap

Zentraler Bestandteil des Roadmapping-Prozesses ist die Technologie-Roadmap, die in den verschiedenen Workshops skizziert und letztlich mit konkreten Maßnahmen finalisiert wurde.

Untenstehend eine mögliche Roadmap, in der nachhaltige Kunststofflösungen verwirklicht werden können. So sollen mehrere Projekte sowie ein Leitprojekt entstehen, um die Technologie-Reifegrade kontinuierlich weiterzuentwickeln.

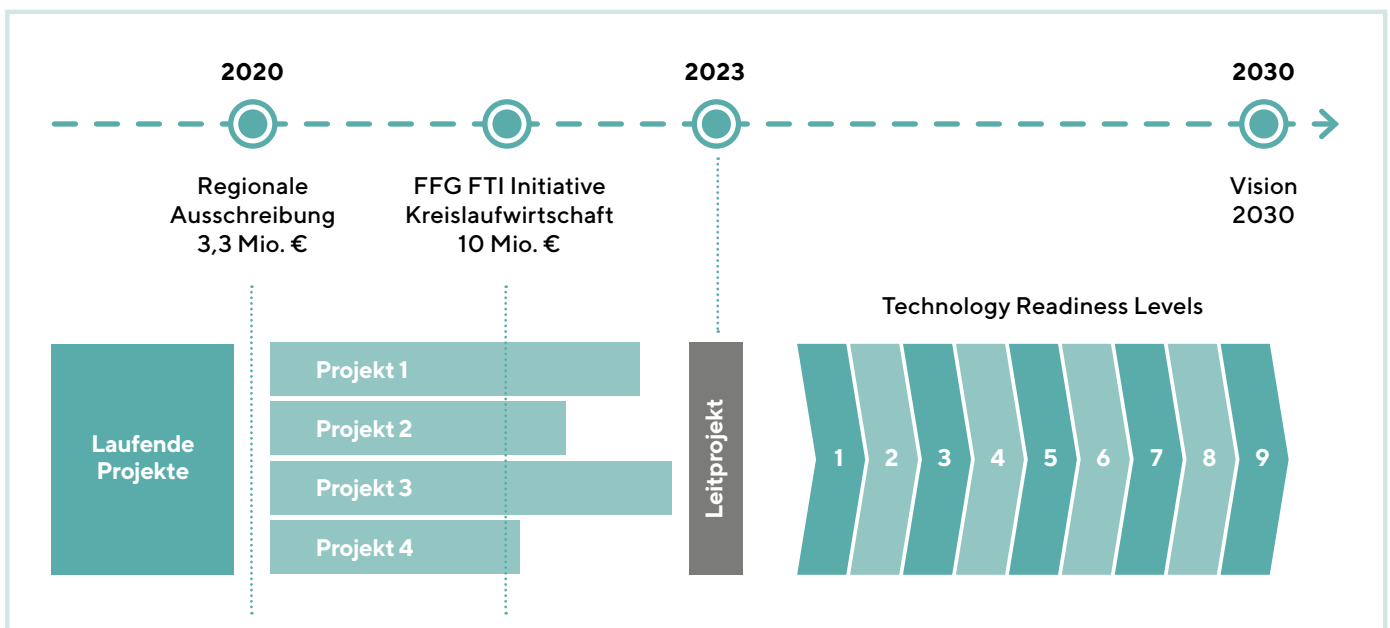


Abbildung 5: Beispielhafte Roadmap Kreislaufwirtschaft 2030

Roadmapping hat sich seit den ersten Ansätzen in den späten 1970er-Jahren mittlerweile einen fixen Platz bei den Methoden der Zukunftsforschung gesichert. Der Begriff Technologie-Roadmap knüpft bewusst an die Metapher einer Straßenkarte an, mit deren Hilfe auf konkreten Entwicklungspfaden in die Zukunft und in Richtung der Vision gesteuert wird. Zukünftige Anforderungen, definierte Ziele und daraus resultierende Maßnahmen und Aktivitäten werden visualisiert und leicht verständlich dargestellt. Die in diesem Projekt entwickelte Roadmap beschreibt den strategischen Rahmen und dient als Strategieinstrument und Orientierung, um Veränderungsprozesse im Kontext von gesellschaftlichen Trends anzustoßen, innovative Lösungen zu entwickeln und voranzutreiben. Sie verortet kurz bis mit-

telfristige Maßnahmen und stellt mittel bis langfristig notwendige Überlegungen zur Erreichung der Ziele dar.

Die Sustainable Plastics Solutions Roadmap wurde in vier Workshops gemeinsam mit Stakeholdern und Akteur:innen aus unterschiedlichen Branchen erstellt. Sie zielt auf die Erreichung der öö. Wirtschafts- und Forschungsstrategie #upperVISION2030 und die in den Workshops eingebrachten Beiträge der Stakeholder ab und vereint verschiedene Perspektiven und Erwartungen. Sie bietet Planungs- und Richtungssicherheit für alle Akteur:innen und vermittelt so ein klares Bild, in welche Richtung es gemeinsam gehen soll und wo Unterstützung notwendig ist (Laube & Abele, 2005).

Die Teilnehmer:innen der ersten Workshop-Runde stellten Überlegungen an, welche Prozesse, Strategien, Infrastrukturen und Vorgangsweisen sowie konkrete Technologien und Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette benötigt werden, um der vorformulierten Vision näher zu kommen. Mithilfe

einer grafischen Darstellung der Wertschöpfungskette wurden die Ideen der Teilnehmer:innen zu Design, Produktion, Business-to-Business, Business-to-Customer sowie Kreislaufwirtschaft („Closing the Loop“) gesammelt.

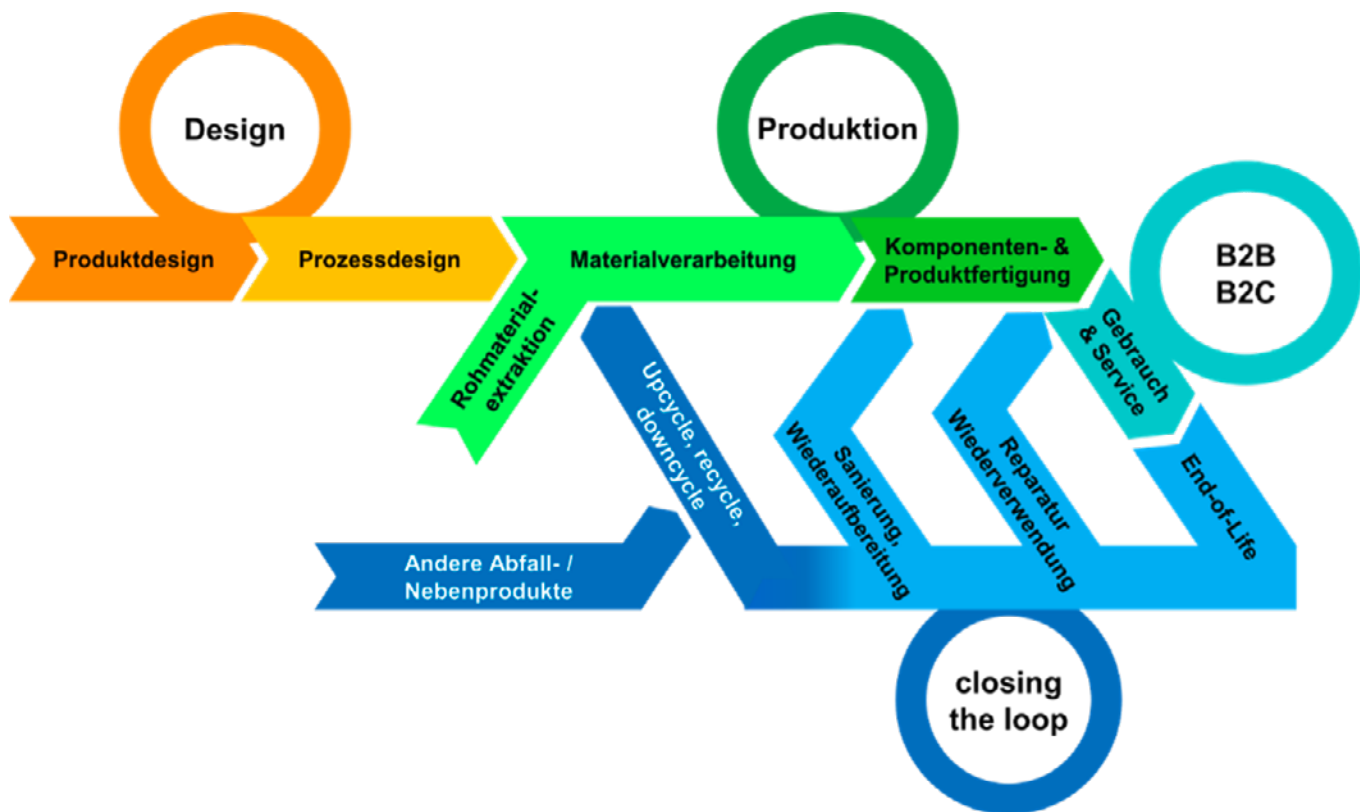


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Wertschöpfungskette nach Ford & Despeisse (2016)

5.1 Themenkomplexe

Aus den ersten drei Workshops mit den jeweils unterschiedlichen Stakeholdern der Wertschöpfungskette ergaben sich konkret drei Themenkomplexe, die im letzten großen Workshop mit allen Stakeholdern des Wertschöpfungskreislaufs thematisiert wurden. Bei den Maßnahmen wurde je nach Dringlichkeit in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen unterschieden.

Design4Circularity

Dieser Themenkomplex umfasst recyclingfähige Produkte und Verpackungen, nachhaltiges Design, Kennzeichnungsstandards, Mehrweg-Alternativen, Closed- und Open Loop-Systeme, etc.

Sammlung, Sortierung, Recycling

Dieser Themenkomplex umfasst die abfallwirtschaftlichen Herausforderungen bei Kunststoffabfällen wie einheitliche Sammelsysteme in Österreich, Sor-

tierinfrastruktur und Sortiertechnologien sowie qualitätsorientiertes Recycling.

Materialien, Technologie, Forschung & Entwicklung

Dieser Themenkomplex legt einen starken Fokus auf Forschung und Entwicklung, Kompetenzaufbau und Infrastruktur. Themen wie Digitalisierung, etwa in Form der Nutzung von Künstlicher Intelligenz im Sortierprozess bis hin zum Ausbau von maschinellen Inline-Steuerungssystemen, sowie Technologieweiterentwicklungen und Studien im Auftrag der Wissenschaft.

Die Rahmenbedingungen, die bei der Umsetzung der Maßnahmen eine zentrale und essenzielle Rolle spielen, werden als eigener Absatz angeführt.

5.1.1 Rahmenbedingungen

In den Diskussionsrunden tauchten immer wieder sich ähnelnde Rahmenbedingungen auf, die in vier große Themenblöcke zusammengefasst wurden:

- Rechtliche Rahmenbedingungen und Standardisierung
- Imagesteigerung und Kommunikation gerichtet an Konsument:innen
- Aus- und Weiterbildung
- Finanzierung



Abbildung 7: Maßnahmen zu den Rahmenbedingungen

Rechtliche Rahmenbedingungen und Standardisierung

Generell war der Ruf nach einheitlichen, einfachen und klaren Regelungen sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene sehr laut. Angefangen von einheitlichen Sammelsystemen, Kennzeichnungspflichten und Recyclingströmen gingen die Diskussionen vor allem in Richtung verpflichtender Rezyklateinsatz. Damit eng verbunden werden Mengenregulierungen, Zulassungen von Rezyklaten, Einführung von Pfandsystemen und die Erhöhung von Mehrwegquoten gesehen. Klare Kriterien für ein Abfallende und Materialspezifikationen müssen definiert werden. Neue Er- und Überarbeitungen von entsprechenden Regelungen sollen unter Einbeziehung von Politik, Behörden (z. B. EFSA) und betroffenen Stakeholdern aus Industrie und Handel erfolgen. Unbedingt beinhaltet sein sollen klare Übergangsfristen, um Investitionen besser planbar zu machen. Um Sammlung, Sortierung und nachfolgende Wiederverwertung zu erleichtern, wird eine europaweite Standardisierung für (sensorbasiertes) Sortieren als Ziel gesehen. Dies erleichtert ebenfalls die Qualitätssicherung im gesamten System.

Aus- und Weiterbildung

Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen werden insbesondere in Zusammenhang von Digitalisierung und Design als notwendig erachtet. Neue Technologien und Anwendungsmöglichkeiten für Digitalisierung sowie Design for Circularity müssen auf allen Ebenen in interdisziplinäre – auch berufsbegleitende – Ausbildungslehrgänge Eingang finden. Ebenso müssen neue Standardisierungen und rechtliche Rahmenbedingungen in die zielgerichteten Weiterbildungsmaßnahmen einfließen.

Imagesteigerung und Kommunikation gerichtet an Konsument:innen

Bewusstseinsbildung durch Imagekampagnen und zielgerichtete Kommunikation wurde insbesondere in Zusammenhang mit Sammlung und Sortierung genannt. Klar formulierte Informationen über korrekte Entsorgung und eventuelle Incentives und damit über den Wert von vermeintlichem Abfall sind Grundvoraussetzung, um bestehende Systeme und neue Regelungen optimal umzusetzen. Prozesse, um Feedback von Konsument:innen und Industrie einzuholen, sollen forciert werden.

Finanzierung

Investments für die Zukunft werden als notwendig erachtet. Für die bessere Planung dieser Investitionen werden jedoch klare und realistische Übergangsfristen gefordert. Langfristige Verträge können diese Investitionen erleichtern und ermöglichen einen besseren Fokus auf Forderungen nach mehr Qualität. Unterstützung wird durch vermehrte Förderausschreibungen erhofft.

Geeignete Rahmenbedingungen, ein neues neutrales und differenziertes Gebührensystem und Anreizsysteme („Incentives“), die von Seiten des Gesetzgebers geschaffen werden, führen zu einer recyclingfähigeren Eingangsware in den abfallwirtschaftlichen Anlagen und ermöglichen eine effizientere Trennung und Verwertung.

Ökomodulation ist dazu ein wirksames Mittel: Differenzierte Lizenztarife schaffen einen Anreiz für die recyclinggerechte Produktgestaltung und den verstärkten Einsatz von Recyclingrohstoffen. Nicht recyclingfähige Produkte sollten in eine schmerzhaft teurere Lizenzierungs-kategorie fallen. Damit kann bei den Produzenten und im Handel ein wirkungsvoller Lenkungseffekt erzielt werden.

5.1.2 Design4Circularity

Unter dem Themenkomplex Design4Circularity wurden folgende Schwerpunkte ausgearbeitet:

- Kennzeichnung (Digital Watermark, Piktogramme, etc.)
- Profitabler Kreislauf (Mehrwert für alle Stakeholder, Closed Loops, Reverse Logistics, etc.)
- Intelligente Verpackungen (Mindesthaltbarkeitsdatum, Produktschutz, etc.)
- Design (Mehrweg, Recyclingfähigkeit, Product as a Service, etc.)
- Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette (Stakeholder-Management, Denken in Kreisläufen, etc.)

Themenkomplex Design 4 Circularity				Zusammenfassung
Kennzeichnung (digital watermark, Piktogramme, etc.)	Suche von Standardkennzeichnung, die für alle Stakeholder verwendbar ist	Materialkennzeichnung via QR-Codes Fokus auf Watermark als Technologie für Recycling & zur Nutzung für weitere Produktinfos	Einheitliche Kennzeichnung EU/Weltweit umsetzen Vereinheitlichung der Sammelsysteme und weniger Fraktionen in Österreich/EU weit umsetzen	* Vereinheitlichung * Bessere Sichtbarkeit & Verständlichkeit von Markierungen * Watermark/DNA als Markierungsthema
	Umsetzung der Digimarc-Technologie	offensichtlichere und bessere Materialkennzeichnung auf der Verpackung wird etabliert	Projekt zu „DNA von Kunststoff“ umsetzen	
Profitabler Kreislauf (Mehrwert für alle Stakeholder, closed loops, reversed logistics, etc.)	Evaluierung und Planung Pfandsysteme	Abfall "Wert" geben	F&E: Einsatz Rezyklat in Lebensmittelverpackungen; mehr EFSA Food Grade Zulassungen; Barriereanforderungen überdenken	* Abfall einen Wert geben * Pfand, Kostenersatz, etc. * F&E-Thema: Einsatz von Rezyklaten (siehe Themenkomplex MTFE) * Einheitliche Bewertungstools
		Ökomodulation - Recyclingprämien umsetzen		
Intelligente Verpackungen (MHD, Produktschutz, etc.)	Definition von Produktgruppen für Verpackungen – MHD und Recyclingfähigkeit/Rezyklatanteil/Reduktion von Verpackungsmaterial	Einsatz neuer Technologien zur Steigerung des MHD: z.B. SiO2	RFID Technologie (Chip) - flächendeckende Ausrollung! Digital Marking als potentielle Technologie ansehen, um das MHD auszureizen	Siehe auch Themen Profitabler Kreislauf bzw. MTFE: * Additive vs. Recycling * Monomaterialentwicklung * Materialvielfalt reduzieren * einheitliche Designvorgaben
	Bewusstseinsbildung zu MHD			
Design (Mehrweg, Recyclingfähig, Product as a Service, etc.)	Verpackungszertifizierung für EU-Raum regeln	Monomaterialentwicklung forcieren		
Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette (Stakeholdermanagement, etc.)	Jour-Fixe für gesamten Wertschöpfungskreislauf organisieren			* Formate für Austausch, praxisnahe Versuche entwickeln
	Mehr Möglichkeiten für praxisnahe Versuche schaffen			

sofort

mittelfristig

langfristig

Kennzeichnung

Diskutierte Maßnahmen waren die Vereinheitlichung der Kennzeichnungen auf Verpackungen, eine bessere Sichtbarkeit und Verständlichkeit und der Einsatz neuer Technologien, z. B. Digital Watermark Technologie. Beim Thema Kennzeichnung geht es nicht nur um Vereinheitlichung, sondern auch um das Reduzieren redundanter Kennzeichnungen, sodass diese besser sichtbar sind und in der Bevölkerung einfacher kommuniziert werden können – beispielsweise durch den Einsatz von QR-Codes. Damit relevante Produktinformationen auf der Verpackung nicht verloren gehen, sollen auch innovative Technologien eingesetzt werden. Die Digital Watermark Technologie wurde intensiv diskutiert. Diese Technik verbirgt Daten, indem die Nachricht in ein Bild, einen Text oder ein anderes digitales Objekt eingebettet wird. Künftig sollen derartige neue Technologien die Sammlung, das Sortieren und das Recycling erleichtern.

Profitabler Kreislauf

Eine der größten Herausforderungen ist, eine Win-win-Situation für alle Beteiligten zu schaffen. Daher gilt es, bereits existierende Pfandsysteme und Gesamtsysteme zu identifizieren, zu evaluieren und mit diesen Ergebnissen neu zu planen. In diesem Zusammenhang wurde überlegt, ein Poolsystem für Pfand in weiteren Bereichen einzuführen, wodurch Abfall einen „Wert“ bekäme. Ein großes Ziel – aber auch eine Herausforderung – ist es, ein Kreislaufsystem für mehrmals wiederverwertbares Kunststoffgranulat zu etablieren. Idealerweise sollen alle Kunststoffverpackungen zu einem Großteil aus mehrmals rezykliertem Kunststoff wiederhergestellt werden können. Zudem braucht es mehr Forschung zum Einsatz von Rezyklaten im Lebensmittelbereich. Als wirtschaftlicher Anreiz soll die sogenannte Ökomodulation Hersteller für den Einsatz von Rezyklaten belohnen.

Intelligente Verpackungen

Dank digitaler Technologien gewinnen Verpackungen vermehrt an neuen Funktionen, beispielsweise, dass sie kommunizieren können. Insbesondere in Zusammenhang mit Lebensmittelverpackungen

wurde das Thema diskutiert. Durch den Einsatz neuer Technologien wie z. B. RFID-Technologien, kann das Mindesthaltbarkeitsdatum verlängert und unnötiger Lebensmittelabfall reduziert werden. Intelligente Verpackungen können die Haltbarkeit von Lebensmitteln überwachen und das tatsächliche Haltbarkeitsdatum kommunizieren. Damit diese intelligenten Verpackungen sinnvoll eingesetzt werden können, sollen geeignete Produktgruppen für derartige Verpackungen definiert werden. Verpackungen, bei denen es unabhängig vom Mindesthaltbarkeitsdatum möglich ist, sollen künftig aus recyclingfähigem Material hergestellt werden.

Design

Beim Fokusthema Design wurden unter anderem die Punkte Mehrweg, recyclingfähige Verpackungen sowie Product as a Service in einer Circular Economy diskutiert. Als wichtig wurde erachtet, dass die Verpackungszertifizierung EU-weit geregelt sein sollte. Wenn importierte und fertig verpackte Waren aus dem Ausland einer spezifischen EU-Norm entsprechen, können sie dann auch hier gesammelt und rezykliert werden. Weiters sollen Monomateriallösungen forciert werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob für den Lebensmittelkontakt oder nicht, da eine Reduktion von Additiven und Mischmaterialien eine Erleichterung im Recycling darstellt.

Zusammenarbeit entlang des Wertschöpfungskreislaufs

Die Kommunikation mit den unterschiedlichen Stakeholdern im Wertschöpfungskreislauf ist ein entscheidender Faktor, um die Industrie nachhaltiger zu gestalten und auch nachhaltige Produkte auf den Markt zu bringen. Deswegen forderten die Teilnehmer:innen auch einen Jour fixe oder ein ähnliches Format für alle im Wertschöpfungskreislauf beteiligten Unternehmen, um gemeinsam Ideen zu diskutieren. Vorbild könnte der Prozess bei Austrian Standards sein. Um die Innovationen schneller zu generieren, sollen mehr Möglichkeiten für praxisnahe Versuche geschaffen werden, sodass Unternehmen auch schnellere Forschungsarbeit leisten können.

5.1.3 Sammlung, Sortierung, Recycling

Der Themenkomplex Sammlung, Sortierung und Recycling umfasst die gesamte Abfallwirtschaft rund um Kunststoffabfälle. Dabei wurden folgende Fokusthemen herausgearbeitet:

- Österreichweites, einheitliches Sammel- und Sortiersystem etablieren (Anreizsysteme, öffentliche Plätze)
- Wiederverwendung und Mehrweg
- Sammelsystem für andere Kunststoffe (gewerblicher Abfall, Folien, kompostierbare Kunststoffe)
- Sortiertechnologie (KI, Nachrüstung, Retrofitting, NIR, Foliensortierung, Waschprozesse, Sensor-based sorting technologies, Objekterkennung, Geruchserkennung)
- Geschäftsmodell des Sammel- und Sortiersystems
- Effiziente Logistik (Abfall-/Sammellogistik)

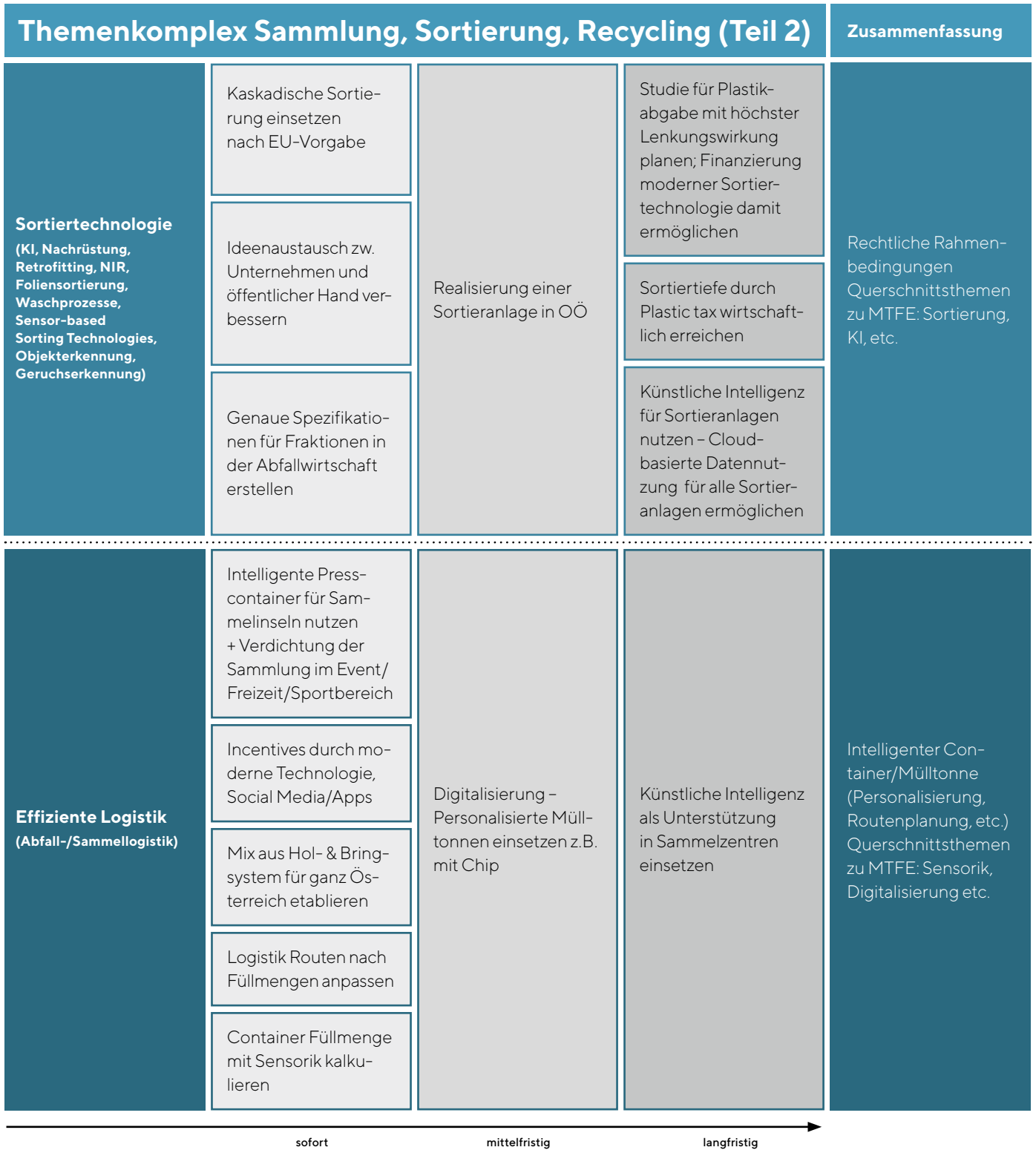


Abbildung 10: Maßnahmen zu Sammlung, Sortierung, Recycling – Teil 2



Österreichweites, einheitliches Sammel- und Sortiersystem etablieren (Anreizsysteme, öffentliche Plätze)

Die Etablierung eines österreichweiten, einheitlichen Sammel- und Sortiersystems wurde als möglicher Lösungsansatz für die Entwicklung hin zu einer kreislauffähigen Kunststoffindustrie diskutiert. Derzeit werden die Fraktionen Leichtverpackungen und Metalle in Österreich je nach Region entweder getrennt oder gemeinsam gesammelt. Je nach Effizienz und Vereinfachung der Nachbereitung der einzelnen Fraktionen von Kunststoff und Metallen, sollte man sich auf ein System einigen und dieses dann österreichweit anwenden. Als weiterer wesentlicher Faktor wurde die Bewusstseinsbildung bei Konsument:innen diskutiert. Hierbei wurden essenzielle Kernpunkte ermittelt, die dazu beitragen sollen, die Bereitschaft zur Abfalltrennung der Konsument:innen anzuheben. Social-Media-Kampagnen sollen dabei unterstützen, unsere Gesellschaft zum „richtigen“ Mülltrennen zu animieren. Öffentliche Sammelstellen sollen als Vorbilder bei der privaten Sammlung dienen. Konsument:innen sollen durch öffentliche Entsorgungssysteme lernen, wie Abfälle richtig getrennt werden und dies dann in den eigenen vier Wänden umsetzen. Als langfristiges Ziel wurden Technologie-Partnerschaften angedacht. Die Idee dahinter: Nachdem in Österreich ein stabiles Sam-

mel-, Sortier- und Recyclingsystem erreicht worden ist, sollen die Technologien und Dienstleistungen in geringer entwickelte Länder exportiert werden.

Sammelsysteme für andere Kunststoffabfälle (Nicht-Verpackungskunststoffe, gewerblicher Abfall, Folien, kompostierbare Kunststoffe)

Für die Entwicklung von Sammelsystemen für andere Kunststoffabfälle, abseits von Gelber Sack/Gelbe Tonne, wurden vor allem gewerbliche Abfälle und deren richtige Trennung fokussiert. Hierbei soll die Sammlung von Nicht-Verpackungen eine wichtige Rolle spielen. Weiters sollen Bewusstseinsbildungsmaßnahmen bei Lieferanten eine Awareness für das Thema Gewerbeabfall schaffen. Ein mögliches Tool zur Verbreitung der Informationen über die korrekte Entsorgung könnte beispielsweise der QR-Code sein. Dabei kann der Informationsfluss schnell und einfach mittels digitaler Technologien vermittelt und weitergeleitet werden. Um die Trenn- und Sammelquote von biologisch abbaubaren Kunststoffen anzuheben, soll langfristig ein eigener Recyclingcode für diesen Bereich entwickelt werden. Der Fokus in diesem Bereich, so der einhellige Tenor der Beteiligten, soll aber beim weiteren Ausbau der Sammlung von Nicht-Verpackungskunststoffen vor allem im Gewerbe und bei der Sammlung biologisch abbaubarer Kunststoffe liegen.

Geschäftsmodell des Sammel- und Sortiersystems

Funktionierende Geschäftsmodelle werden als einer der wesentlichsten Faktoren für eine erfolgreiche Recyclingwirtschaft gesehen. Es ist wichtig, Modelle zu entwickeln, die dazu führen, Kunststoffrezyklate entlang der gesamten Wertschöpfungskette profitabel und wirtschaftlich attraktiv zu gestalten.

Die Plastic Tax sollte als Wirkungshebel gestaltet werden, um Recyclingquoten anzuheben und vor allem Rezyklate im Vergleich zu Virgin-Material kostengünstiger zu halten. Mittels einer Ökomodulation soll ein differenziertes Gebühren- und Anreizsystem erstellt werden, das Rezyklate preislich deutlich attraktiver macht und so langfristig die eingesetzten Mengen steigert. Ein weiterer Schritt in Richtung Geschäftsmodellentwicklung ist die Änderung der Wettbewerbsbedingungen in der Abfallbranche. Ein weiterer Ansatz, um die Rezyklatqualität zu verbessern, ist die Sammlung nach Gewicht und die anschließende Sortierung nach Qualität. Dies soll zwar privatwirtschaftlich geführt, jedoch durch die Ökomodulation mitfinanziert werden, um die absolute Sortierung nach Qualität überhaupt leistbar gestalten zu können. Langfristig gesehen sollte die Verantwortung neu ausgelegt werden. Zurzeit wird vor allem Gewicht auf die Herstellerverantwortung gelegt. Eine adäquate Verteilung der Verantwortung entlang der Wertschöpfungskette – beginnend beim Hersteller der Granulate bis hin zum Inverkehrbringer der Produkte – sowie auch ein „Mitdenken“ der Konsument:innen soll gesamtheitlicher und vor allem fairer sein, als die alleinige Verantwortung beim Hersteller.

Wiederverwendung und Mehrweg

Als zeitnahe Maßnahme wird hier auf die Fortführung des Reparaturbonus in Österreich gesetzt, der in einigen Bundesländern schon von Bürger:innen genutzt wurde. Um die Wiederverwendung zu forcieren, wird auch eine Vereinheitlichung von Produktdesign und Materialien gewünscht. Dieses Querschnittsthema findet sich auch im Kapitel 5.1.2 Design4Circularity. Ein Mehrwegsystem für spezifische Kunststoffverpackungen wie z. B. Waschmittel, Weichspüler oder auch Körperpflegeprodukte, wie es vereinzelt schon in Drogeriemärkten umgesetzt wird, sollte ausgebaut werden. Dabei kann mit einem Anreizsystem (Nutzung von Mehrweg = Gutschein) die verstärkte Nutzung dieser Mehrwegverpackungen forciert werden. Als mittelfristige Maßnahmen wurden regionale Wertschöpfungskreisläufe genannt, speziell wenn es um Molkereiprodukte oder Mineralwasser geht.

Mittelfristig sollte jedenfalls rechtlich geklärt werden, wem der Abfall bzw. die Ressource zu welchem Zeitpunkt gehört, da es hier schon in der Vergangenheit zu Unklarheiten gekommen ist.

Sortiertechnologie

Beim Fokusthema Sortiertechnologie wurden insbesondere Punkte wie Künstliche Intelligenz, Nachrüstung von bestehenden Anlagen, Foliensortierung, sensorbasierte Sortierung und Objekterkennung, etc. behandelt. Unter anderem wurden folgende konkrete Maßnahmen diskutiert: Eine kaskadische Sortierung nach EU-Vorgabe, wo als Stufe 1 eine Vorsortierung stattfindet, als Stufe 2 nach Qualität sortiert wird und bei Sortierstufe 3 nach einem EU-weiten Standard sortiert wird. Weiters soll die Kommunikation zwischen Unternehmen und öffentlicher Hand, etwa durch zu etablierende Plattformen, verbessert werden.

Als kurzfristige Maßnahme wird auch die Erstellung von genauen Spezifikationen für die diversen Abfallfraktionen gefordert, um Qualitätssicherheit gewährleisten zu können. Mittelfristig soll es auch in Oberösterreich eine moderne Sortieranlage geben, um entsprechend Sortierkapazität in Österreich aufzubauen. Langfristig erachteten die Teilnehmer:innen die Erstellung einer Studie für die richtige Implementierung der Plastic Tax als notwendig, damit höchste Lenkungswirkung und die Finanzierung von moderner Sortier- und Recycling-Infrastruktur mit adäquater Sortiertiefe ermöglicht wird. Digitalisierung muss vermehrt Einzug in die Abfallwirtschaft halten, Künstliche Intelligenz muss genutzt werden. Ein Vorschlag ist eine österreichweite Cloud, in der alle Daten bzgl. Abfallfraktionen gespeichert sind und auf die alle Sortier- und Recyclinganlagen transparent zugreifen können.

Effiziente Logistik

Die Digitalisierung könnte für Optimierungsmaßnahmen genutzt werden. Intelligente Presscontainer für Sammelseln würden zwei Probleme lösen: Ein personalisierter Zugang zu Sammelseln könnte die Müllverfrachtung auf Pendelstrecken reduzieren. Andererseits würden die oft überfüllten Müllcontainer durch Komprimierung des Abfalls vor Ort zusätzlich Volumen gewinnen. Eine mögliche Anpassung der Logistikrouten von Sammelfahrzeugen je nach Füllmenge wäre ein weiterer Vorteil. In Altstoffsammelzentren kann KI als Unterstützung bei der Trennung dienen. Gleichzeitig können Social-Media-Kanäle und Apps dafür verwendet werden, die Mülltrennung an die Menschen zu bringen. Darüber hinaus soll ein effizienter Mix aus Hol- und Bringsystem in ganz Österreich etabliert werden, um die Sammelquoten zu erhöhen.

5.1.4 Materialien, Technologien, F&E

Folgende Themen wurden unter dem Komplex Materialien, Technologien und Forschung & Entwicklung zusammengefasst:

- Optimale/effiziente Verwertungsstrategie (ein Mix aus mechanischem, chemischem Recycling und thermischer Verwertung)
- Wasch- und Sortiertechnologie verbessern (Food-Grade, etc.)
- Digitalisierung (Prozesssteuerung, KI, Maschinenbau, Digitaler Zwilling, etc.)
- Technologie-Weiterentwicklung bei Lebensmittelverpackungen (smart, reduziert, nachhaltig)
- Technologie-Weiterentwicklung (reinerer, hochwertiger Rezyklate, Materialwissen, Biokunststoffe aus Lebensmittelabfall, etc.)
- Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette

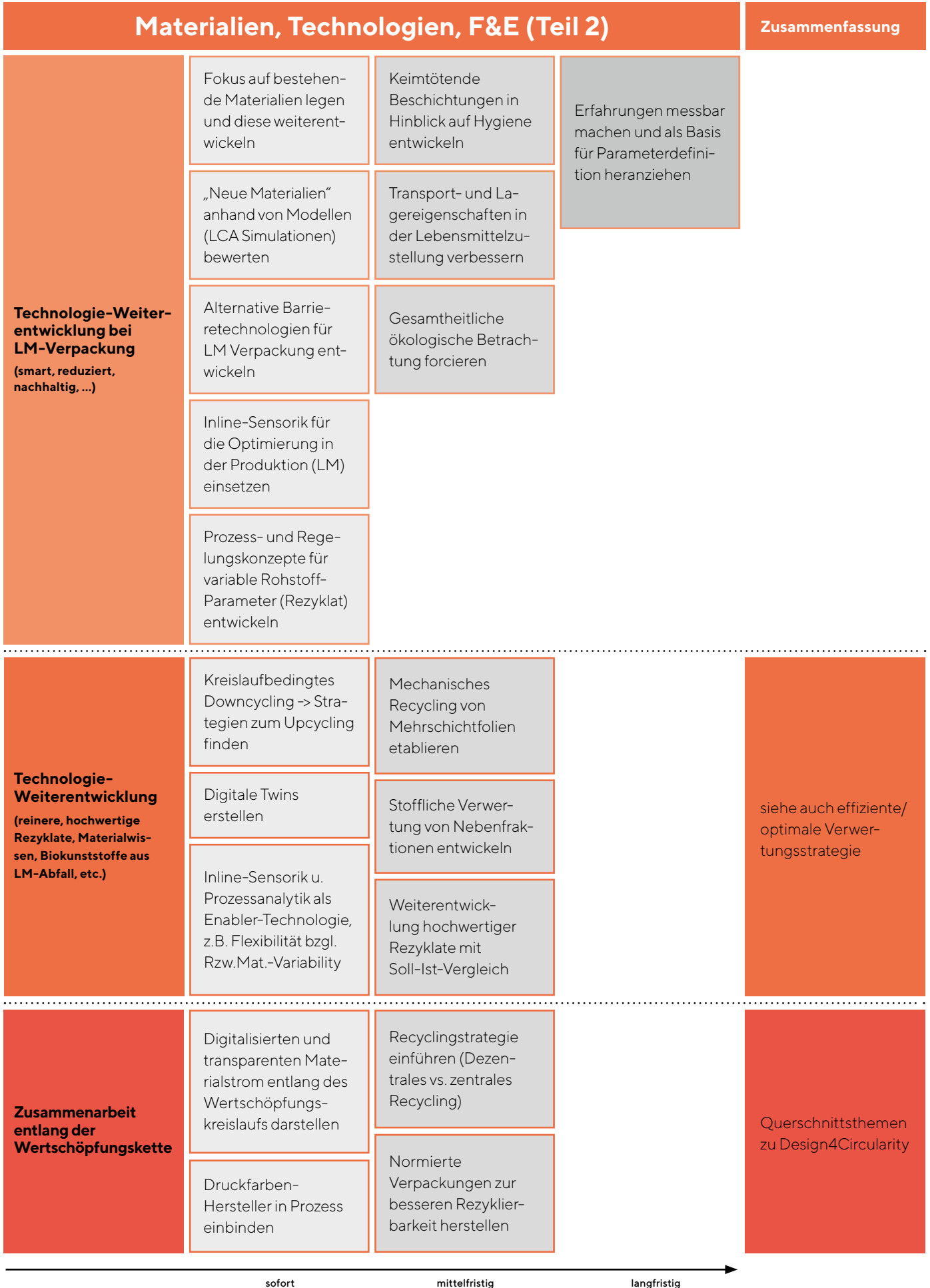
Materialien, Technologien, F&E (Teil 1)				Zusammenfassung
Optimale/Effiziente Verwertungsstrategie (Mix aus mechanischem, chemischem Recycling und thermischer Verwertung)	Sozioökonomische Effizienzanalyse durchführen	Behörden, Regelwerke für Demo-, Forschungsanlagen -> Standort	Enzymatisches Recycling weiterentwickeln	* Input-/Output Analysen * Massen- und Ökobilanzen * Potenzialanalysen * Parameterdefinition * Technologieauswahl, etc.
	Recyclingstrategie für Kunststoffe einführen	Forschung erhöhen bei gemischten Inputfraktionen im Recycling	Composite-Bauteile mit thermoplastischer Matrix wiederverwerten	
	Qualitätsanforderungen nach Verwendungsweg definieren	Mass Balance Approval Approach -> Zertifizierung für synthetische Öle	Detailtechnologien versus Verwertung durch Verbrennung (CCS+CCU) vergleichen	
	Pilotanlage für zukunftsfähiges Recycling bauen	Einbringung -> Abnahme bei chem. Recycling		
	Lebenszyklusanalysen für Recyclingtechnologien erstellen			
Wasch- und Sortiertechnologie verbessern (Food-Grade etc.)	Verbesserung der Waschtechnologien			
	Waschprozess hinsichtlich Energieverbrauch und Zirkularität optimieren			
Digitalisierung (Prozesssteuerung, KI, Maschinenbau, digital Twin, etc.)	Steuerungsstrategie (für Sortierung) abgeleitet aus der Simulation und Robotik etablieren	Einsatz neuer Sensortechnologien für die Sortierung	Grundlagenforschung für das "Technical Lifecycle Scouting"	* Digitalisierung, Sensorik in allen Bereichen * lernfähige Sortiersysteme (Siehe auch SSR ausschreiben: Sammlung, Sortierung, Recycling)
	Lernfähige Sortiersysteme einrichten und Optimierungen ableiten			
	Zusammenführung von live Sensordaten zur Prozessoptimierung (AI)			

sofort

mittelfristig

langfristig

Abbildung 11: Maßnahmen zu Materialien, Technologien, F&E - Teil 1



sofort

mittelfristig

langfristig

Abbildung 12: Maßnahmen zu Materialien, Technologien, F&E - Teil 2



Optimale/effiziente Verwertungsstrategie

Um den optimalen Mix aus chemischem, mechanischem Recycling und thermischer Verwertung zu finden, wurden sozioökonomische Effizienzanalysen gefordert. Damit einhergehen auch die Entwicklung von Optimierungsstrategien, die Definition von Inputparametern sowie die Anwendung von Simulationen für Effizienzanalysen. Entsprechend dieser Analysen soll auch eine Recyclingstrategie für Kunststoffe etabliert werden, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen chemischem und mechanischem Recycling sowie auch thermischer Verwertung.

Darüber hinaus wird die Definition von Qualitätsanforderungen je nach Verwendungsweg (mechanisches Recycling, chemisches Recycling, etc.) gefordert, um mithilfe dieser Spezifikationen die Qualität des Recyclingmaterials zu heben. In diesem Zusammenhang sind auch die Anforderungen der EFSA miteinzubinden, wie in Kapitel 5.1.2 bereits erwähnt.

Zur Erreichung der geforderten Ziele soll ein Projekt zum Thema „Ökobilanz für Recyclingtechnologien“ durchgeführt werden. Die Projektergebnisse bilden

die Basis, um die entsprechenden Technologien für den optimalen Mix zu definieren. Die Entwicklung neuer Technologien und Anwendungen erfordert eine Pilot- und Demonstrationsanlage für zukunftsfähiges Recycling. Dies erfordert den Ausbau des aktuellen Standorts oder überhaupt die Wahl eines neuen Standorts, wozu Betriebsbewilligungen und existierende gesetzliche Vorschriften einzuhalten sind.

Weitere Forschungsanstrengungen sind notwendig, um optimale Strategien für das Recycling von gemischten Inputfraktionen im operativen Betrieb umsetzen zu können, wozu die Auswirkungen gesamtheitlich zu bewerten sind.

Langfristig gesehen soll chemisches und enzymatisches Recycling weiterentwickelt und in verstärktem Ausmaß eingesetzt werden, wobei die Einbringung der unterschiedlichen Materialien und deren Effizienz zu untersuchen ist. In diesem Kontext benötigt es auch die Zertifizierung der erstellten synthetischen Öle. Der Mass Balance Approval Approach (Massenbilanzansatz) ist eine wichtige Strategie im Recycling und unterschiedliche Kalkulationsansätze sind weiterzuentwickeln. Das Recycling von Com-



posite-Bauteilen mit thermoplastischer Matrix ist ein Forschungsthema, das erst längerfristig effiziente Lösungen verspricht. Langfristig entsteht ein Spannungsfeld zwischen dem Recycling durch Detailtechnologien und einer stärkeren Nutzung von Carbon Capture and Storage (CCS) sowie Carbon Capture and Utilisation (CCU).

Wasch- und Sortiertechnologien

Hier werden die Themen Sammlung, Sortierung und Recycling im Detail behandelt. In Hinblick auf Materialien wurde in diesem Zusammenhang die Verbesserung der Waschtechnologien besonders hervorgehoben. Dabei wurden Aspekte wie wasserlösliche Etiketten, Folien, Post-Consumer-Rezyklate, Behandlung von Abrieb und Mikroplastik im Waschprozess genannt.

Der Waschprozess soll darüber hinaus hinsichtlich Energieverbrauch und Zirkularität optimiert werden. Hierfür werden Life Cycle Assessments als sinnvolles Tool genannt.

Digitalisierung

Innovationen durch Digitalisierung können vor allem der Optimierung von Prozessen dienen. Ein Beispiel dafür sind Live-Sensordaten aus verschiede-

nen Stoffströmen. Durch die Einrichtung lernfähiger Sortiersysteme werden Optimierungen abgeleitet und mithilfe von Simulationen können entsprechende Steuerungsstrategien für die Sortierung etabliert werden. Es gibt in diesem Bereich zahlreiche Überschneidungen mit dem Themenkomplex Sammlung, Sortierung und Recycling, so etwa die mittelfristige Zielsetzung, neue Sensortechnologien für die Sortierung einzusetzen. Es wurden auch neue Technologien wie Water Marking, Image Recognition, Highspeed Robotik, berührungslose Inline-Technologie für die Identifikation von Materialien sowie multimodale Sensorik für die Sortierung genannt.

Langfristig wird im Themenbereich Digitalisierung auch Grundlagenforschung gefordert, etwa um mithilfe von Modellen und Simulation entsprechende Stellschrauben zu identifizieren und den Prozess optimieren zu können.

Technologieweiterentwicklung (Fokus Lebensmittelverpackungen)

Bei Lebensmittelverpackungen wurde der Fokus auf die Weiterentwicklung bestehender Materialien gelegt. Dies betrifft zum einen die reduzierte Materialvielfalt durch dickere Wandstärken, sofern Recy-

cling sichergestellt werden kann. Zum anderen sollen bestehende Materialien, die bereits gut rezyklierbar sind, ebenso für neue Anwendungen und Produkte eingesetzt werden. Darüber hinaus sollen bestehende Materialien bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften weiterentwickelt werden, beispielsweise hinsichtlich verbesserter Fließigenschaften. Werden neue Materialien entwickelt, sind diese vorab anhand von Modellen (LCA-Simulationen) zu analysieren und entsprechend ihrer Sinnhaftigkeit zu bewerten. Alternative Barrieretechnologien für Lebensmittelverpackungen wurden als zukunftsweisendes Entwicklungsfeld genannt. Auch bei diesem Themenfokus bestanden Schnittstellen zu anderen Bereichen wie etwa Digitalisierung oder Design4Circularity.

Avancierte Prozess- und Regelungskonzepte (siehe auch Digitalisierung) sollten weiterentwickelt werden, damit variable Rohstoffe eingesetzt bzw. die entsprechenden Parameter berücksichtigt werden können.

Mittelfristig sollen in diesem Bereich gesamtheitliche ökologische Betrachtungen forciert werden (LCA und LCA-basierte Technologieauswahl). Auch die Verbesserung von Transport- und Lagereigenschaften in der Lebensmittelzustellung wurden gefordert. Langfristig sollen Erfahrungen im betrieblichen Einsatz messbar gemacht werden und als Basis für die Parameterdefinition und die Weiterentwicklung der Anlagen (bspw. durch Machine Learning) herangezogen werden. Dazu sind (existierende) Anlagen mit Sensoren auszustatten, um die Daten zu erheben.

Technologieweiterentwicklung (Fokus Materialien)

Im Rahmen des TRM-Prozesses wurde das Thema Technologieweiterentwicklung sehr eng mit dem optimalen Mix der Verwertungsstrategien diskutiert. Vorschläge zur Verbesserung wurden vor allem hinsichtlich der Technologieweiterentwicklung im Bereich stofflicher Verwertung verschiedener Fraktionen genannt, wie Mehrschichtfolien oder Nebenfraktionen. Auch die Weiterentwicklung hochwertiger Rezyklate durch entsprechende Qua-

litätssicherung und die daraus abgeleiteten Anforderungen an die Zertifizierungen wurden gefordert.

Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette

Grundsätzlich forderten alle Teilnehmer:innen eine Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette in allen Themenbereichen. Dies lässt sich auch aus den vielen Querschnittsthemen, die mehrere Themenkomplexe betreffen, ableiten. Ein Beispiel dafür ist die Forderung nach normierten Verpackungen zur verbesserten Rezyklierbarkeit. Dies gehört zum Themenkomplex Design4Circularity. Es braucht dafür eine enge Zusammenarbeit von Herstellern, Konsument:innen und Recyclern. Auch Druckfarbenhersteller sollen zukünftig in den Prozess eingebunden werden. In eine ähnliche Richtung geht die Forderung nach abgestimmten Recyclingstrategien, die prinzipiell zentral (wenige größere Sammel- und Sortierzentren für spezifische Materialien) oder dezentral (viele kleinere Infrastrukturen) ausgerichtet sein können.

Die Digitalisierung spielt auch hier eine zentrale Rolle: Materialströme sollen künftig digitalisiert und transparent entlang der gesamten Wertschöpfungskette abbildbar sein.

6



Nächste Schritte

Der Erstellungsprozess der Technologie-Roadmap Sustainable Plastics Solutions brachte relevante Akteur:innen entlang der gesamten Kunststoff-Wertschöpfungskette an einen Tisch. Vertreter:innen aus Wirtschaft, Forschung und Politik haben gemeinsam Themenfelder und Handlungsoptionen erarbeitet, die dazu beitragen, die bestehenden und kommenden Herausforderungen zu bewältigen und Chancen zu ergreifen. Der Prozess zeigte klar auf, dass das Vernetzen und die Zusammenarbeit aller Stakeholder unverzichtbar für eine effiziente Kreislaufwirtschaftsstrategie der Kunststoffindustrie sind. Im Rahmen der gemeinsamen Workshops wurden bereits konkrete Projektideen von den Teilnehmer:innen entwickelt, die dazu beitragen sollen, aktuelle Herausforderungen zu meistern. Gleichzeitig wurden potenzielle Rahmenbedingungen mitgedacht, die als Anreizsystem für eine Recyclingwirtschaft dienen können.

Durch das gemeinsame Erarbeiten von Lösungsmöglichkeiten und Maßnahmen haben sich schon während des Erstellungsprozesses potenzielle Konsortien gebildet, die gemeinsam künftige Kreislaufwirtschaftsprojekte forcieren wollen. Diese können dann beispielsweise bei der FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft eingereicht werden.

Aus Sicht des Projektteams erscheinen nachfolgende allgemeine Handlungsempfehlungen bzw. nächste konkrete Schritte sinnvoll:


- Vergleich der im Roadmapping-Prozess erarbeiteten Themenschwerpunkte und Handlungsoptionen mit bestehenden/laufenden Projekten aus der z. B. regionalen Ausschreibung Kreislaufwirtschaft OÖ bzw. der nationalen FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft
- Identifikation von „weißen“ Flecken und Ableitung von entsprechenden thematischen Schwerpunkten für künftige regionale und nationale Initiativen und Ausschreibungen
- Erstellung einer „Kompetenz-Matrix“ im Bereich Forschung und Entwicklung

- Erstellung eines Kommunikationskonzepts, Durchführung einer Medienkampagne

Darüber hinaus gibt es bereits eine Reihe von potenziellen Projektideen seitens der Teilnehmer:innen:

- Dazu gehört beispielsweise die Entwicklung einer Recyclingstrategie für Kunststoffe. Hierbei sollen Qualitätsanforderungen zu den jeweiligen Verwendungszwecken angepasst und definiert werden. Somit soll im Vorhinein schon festgelegt werden, für welchen Zweck, z. B. mechanisches oder chemisches Recycling, die Kunststoffabfälle wieder genutzt werden sollen.
- Eine weitere Projektidee ist die Erstellung von Ökobilanzen für Recyclingtechnologien und Rezyklate. Diese sollen aufzeigen, in welchen konkreten Bereichen noch Optimierungspotenziale stecken. Hierfür wird bereits in Kooperation mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen an einem Qualifizierungsangebot gearbeitet.
- Weitere Recherche soll seitens der Unternehmen, Kompetenzzentren und Universitäten zum Thema Geschäftsmodellentwicklungen betrieben werden. Hierbei liegt ein starker Fokus auf der Finanzierung von hohen Kosten entlang der Wertschöpfungskette durch Ökomodulation und Kunststoffabgaben. So soll eine wissenschaftliche Studie zeigen, wie die Plastic Tax die größte Wirkung für eine nachhaltige Kunststoffwirtschaft entfalten kann.
- Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass durch den TRM-Prozess und die durchgeführten Workshops die Unternehmen aus den verschiedensten Bereichen der Wertschöpfungskette zusammengeführt worden sind und nun gemeinsam an Projekten, Strategien und Technologien forschen, um die gesamte Kreislaufwirtschaftsstrategie der Kunststoffbranche voranzutreiben.

Beteiligte Organisationen:

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

**Abbildungsverzeichnis:**

Abbildung 1: Sustainable Plastics Solutions Technology Roadmapping-Prozess	12
Abbildung 2: Recyclingquoten von Kunststoffverpackungen und -abfällen im DACH-Raum	15
Abbildung 3: Kunststoffverpackungsabfälle (Eygen et al., 2018)	16
Abbildung 4: Vision-Mission-Pyramide der Modellregion für Sustainable Plastics Solutions	19
Abbildung 5: Beispielhafte Roadmap Kreislaufwirtschaft 2030	21
Abbildung 6: Grafische Darstellung der Wertschöpfungskette nach Ford & Despeisse (2016)	22
Abbildung 7: Maßnahmen zu den Rahmenbedingungen	23
Abbildung 8: Maßnahmen zu Design4Circularity	25
Abbildung 9: Maßnahmen zu Sammlung, Sortierung, Recycling - Teil 1	27
Abbildung 10: Maßnahmen zu Sammlung, Sortierung, Recycling - Teil 2	28
Abbildung 11: Maßnahmen zu Materialien, Technologien, F&E - Teil 1	31
Abbildung 12: Maßnahmen zu Materialien, Technologien, F&E - Teil 2	32

Quellenverweise:

- Eygen, E. Van, Laner, D., & Fellner, J. (2018). Wo steht Österreich auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft für Kunststoffverpackungsabfälle? Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>
- Laube, T., & Abele, T. (2005). *Technologie-Roadmap: Strategisches und taktisches Technologiemanagement*. Ein Leitfaden.

Hinweis:

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im gesamten Programmbuch darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Soweit personenbezogene Bezeichnungen nur in männlicher Form angeführt sind, beziehen sie sich auf Männer und Frauen in gleicher Weise.

Impressum:

Herausgeber: Business Upper Austria – OÖ Wirtschaftsagentur GmbH
Redaktionsadresse: Hafestraße 47-51, 4020 Linz, +4373279810, www.biz-up.at
Für den Inhalt verantwortlich: DI (FH) Werner Pamminer MBA
Layout: Gestalterei Werbeagentur, www.gestalterei.at



