

Szenarien für die biobasierte Industrie in Österreich

BBI-Szenarien

T. Steffl, V. Reinberg

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

17/2022

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Szenarien für die biobasierte Industrie in Österreich

BBI-Szenarien

Ing. Thomas Steffl, MSc.
scenario editor e.U.

DIⁱⁿ (FH), Mag.^a Veronika Reinberg
alchemia-nova GmbH

Sooß und Wien, Februar 2022

Ein Projektbericht im Rahmen der Schriftenreihe Nachhaltig Wirtschaften,
Berichte aus Energie- und Umweltforschung.

Das Projekt wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz,
Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) durchgeführt.

Vorbemerkung

Das 21. Jahrhundert stellt die Menschheit vor enorme Herausforderungen. Klimakrise, Umweltverschmutzung, die Zerstörung von Ökosystemen und der damit einhergehende Biodiversitätsverlust sowie die zunehmende Verknappung endlicher Ressourcen zeigen die Grenzen linearen Wirtschaftens auf und machen ein Umdenken notwendig. Nachhaltigen Wirtschaftskonzepten, wie jenen der Kreislaufwirtschaft oder der Bioökonomie, wird zur Lösung der genannten Herausforderungen eine entscheidende Rolle zugesprochen.

In einer kreislauforientierten Wirtschaft etwa werden Rohstoffe sowie die daraus produzierten Güter möglichst ressourcenschonend hergestellt, die Lebensdauer der Erzeugnisse prolongiert sowie deren Nutzung intensiviert, um so Energie- und Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen und Schadstoffausstoß auf ein Minimum zu reduzieren. Erst wenn Produkte nicht mehr anderweitige Verwendung finden, werden diese dem Abfallstrom zugeführt, um daraus durch Recycling Sekundärrohstoffe zu gewinnen. Jene Abfälle, die sich – z.B. aufgrund ihres Schadstoffgehalts – nicht zur stofflichen Verwertung eignen, können unter anderem energetisch genutzt werden.

In Ergänzung dazu steht die Bioökonomie – ein Konzept, das in möglichst allen Bereichen und Anwendungen fossile Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzen soll. Aber auch biogene Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar. Daher ist es sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen notwendig, Biomasse möglichst vollständig zu verwerten, beziehungsweise Konzepte zu entwickeln, die eine ressourceneffiziente Nutzung berücksichtigen und höhere Wertschöpfung erzielen. Zugleich soll auch hier eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft unterstützt werden, welche – neben der kaskadischen Nutzung – auf die Rückführung von biogenem Material in den Produktionskreislauf, die Verwertung von Reststoffen und eine vollständige Schließung des Kohlenstoffkreislaufs abzielt.

Für eine Transformation unseres linearen Wirtschaftssystems hin zur Kreislaufwirtschaft sind neue technologische Ansätze, innovative Geschäftsmodelle, systemisches interdisziplinäres Denken, enge Vernetzung der Akteure und verbessertes Informationsmanagement notwendig. Um diese Umgestaltung zu unterstützen, fördert das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gezielt angewandte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in den Themenbereichen Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft, mit dem Ziel Innovationen anzustoßen und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des österreichischen Wirtschaftsstandorts zu stärken.

Der vorliegende Bericht dokumentiert in umfassender Weise die Ergebnisse eines Projekts im Themenbereich „Biobasierte Industrie“, gefördert im Rahmen der FTI Initiative Kreislaufwirtschaft der Sektion Innovation im BMK. Unsere Motivation ist es, kontinuierlich Ergebnisse geförderter Projekte zentral, themenübergreifend und öffentlich zugänglich zu machen. Damit

wollen wir einen Anstoß zur Lösung unserer großen gesellschaftlichen Herausforderungen geben und folgen dem Ziel des BMK, unter der Initiative „open4innovation“ (www.open4innovation.at) die Basis für Vernetzung und für die Gestaltung von Neuem zu schaffen.

Theodor ZILLNER / René ALBERT

Thementeam Ressourcen

Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,

Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	9
2	Summary	11
3	Hintergrund und Zielsetzung	13
4	Methodik und Datenquellen	14
5	Hauptergebnisse in den Szenarien	16
	5.1. Szenario: Technology & Market Readiness	18
	Szenario: Utilisation Cascades Increase	22
	5.2. Szenario: Circular Economy Focus	26
	5.3. Vergleich der Szenarien	30
6	Weiterführende Abschätzungen	34
	6.1. Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte.....	34
	6.2. Abschätzung der Klimaschutzeffekte.....	34
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	36
8	Verzeichnisse	38
	8.1. Abbildungsverzeichnis	38
	8.2. Tabellenverzeichnis.....	38
	8.3. Literaturverzeichnis	38
9	Anhang	49

1 Kurzfassung

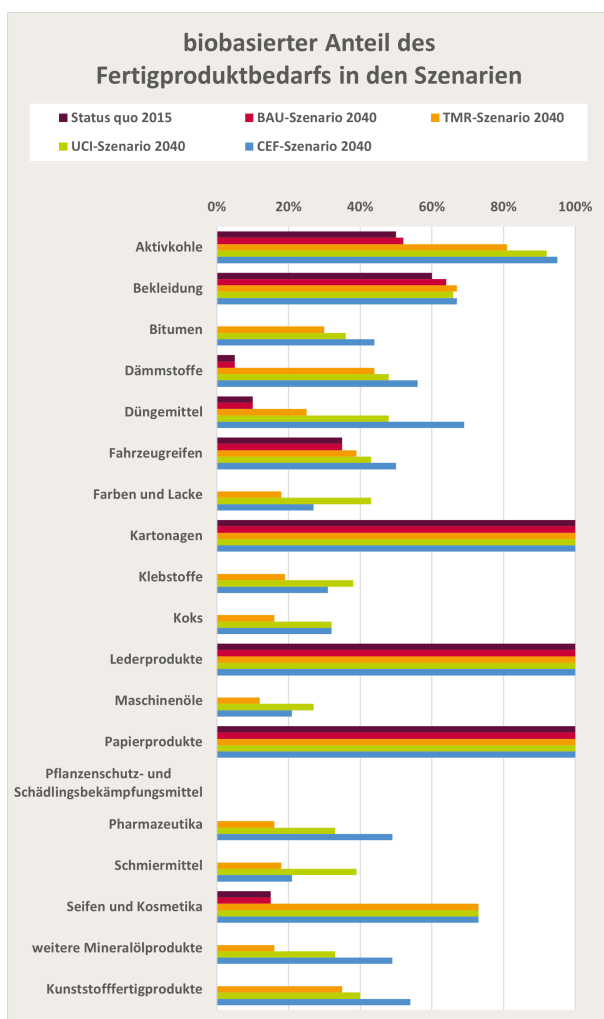
Um die Umsetzung der österreichischen Bioökonomiestrategie Österreichs (BMNT, BMBWF & BMVIT, 2019) zu unterstützen, wurden drei Szenarien für die biobasierte Industrie in Österreich entwickelt. Diese drei Szenarien decken unterschiedliche realistische Transformationspfade für die biobasierte Industrie ab und sollen damit sowohl die Diskussion zur Strategiefindung innerhalb der biobasierten Industrie und in weiterer Folge der Bioökonomie maßgeblich vorantreiben.

Diese drei Szenarien fokussieren sich auf die ...

- Forcierung von bereits möglichst ausgereiften biobasierten Technologiepfaden (TMR),
- Erweiterung der bestehenden und möglichen biobasierten Nutzungskaskaden (UCI) und
- Fokussierung auf eine so weit als möglich biobasierte Kreislaufwirtschaft (CEF).

Die vorliegende Studie soll als solide Übersicht und als Startpunkt für weitere Detailstudien auch von weiteren ForscherInnen dienen.

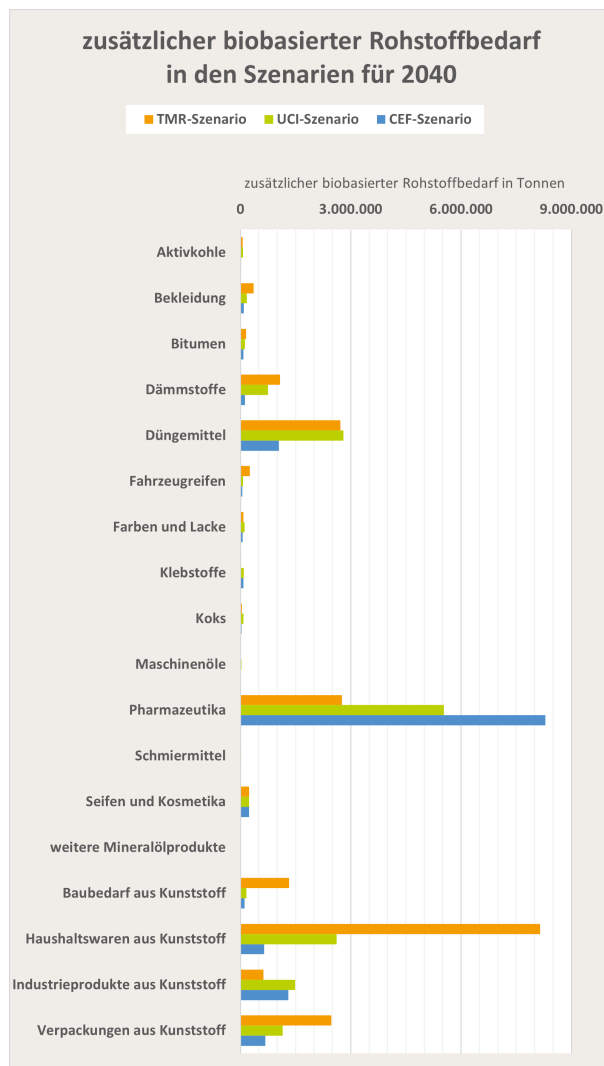
Abbildung 1: Biobasierter Anteil des Fertigproduktbedarfs in den Szenarien (eigene Darstellung)



Ein wesentliches Ergebnis aus den Szenarien ist, wie sich der biobasierte Anteil innerhalb der betrachteten Fertigproduktgruppen in den drei Szenarien entwickelt (siehe Abbildung 1).

Im TMR-Szenario (Technology & Market Readiness) zeigen sich die geringsten biobasierten Anteile, wenngleich diese im Vergleich zum BAU-Szenario deutliche Sprünge nach oben darstellen. Das UCI-Szenario (Utilisation Cascades Increase) stellt eine weitere Steigerung in puncto biobasierte Anteile dar. Im CEF-Szenario (Circular Economy Focus) sinkt dieser Anteil bei manchen Fertigproduktgruppen und steigert sich weiter bei anderen Gruppen. Dies liegt darin begründet, dass im UCI-Szenario durch die Erweiterung der Nutzungskaskaden mehr Druck darauf liegt, biobasierte Rohstoffe einzusetzen. Das zeigt sich vor allem bei den Fertigproduktgruppen Farben und Lacke, Klebstoffe, Maschinenöle und Schmiermittel, die trotz allgemein höheren biobasierten Anteiles im CEF-Szenario im UCI-Szenario den höheren spezifischen biobasierten Anteil aufweisen.

Abbildung 2: Zusätzlicher biobasierter Rohstoffbedarf in den Szenarien (eigene Darstellung)



Aus den erarbeiteten Stoffmengengerüsten, den biobasierten Anteilen und den gewählten Technologiepfaden wurde der jeweilige zusätzliche biobasierte Rohstoffbedarf berechnet. Zusätzlich heißt in diesem Kontext, dass in allen drei Szenarien die Differenz zum BAU-Szenario (Business As Usual) gebildet wurde. Somit sind bereits weitestgehend vollständig biobasierte Industriesparten wie zum Beispiel die Papierindustrie gänzlich ausgeklammert worden. Ebenso bereits aktuell biobasierte Anteile.

Abbildung 2 zeigt, dass ein hoher zusätzlicher biobasierter Rohstoffbedarf für Pharmazeutika sowie für Haushaltswaren, Verpackungen, Industrieprodukte und Baubedarf aus Kunststoffen zu erwarten ist. Hier zeigten sich Technologiepfade auf Basis von Lignocellulose als deutlich rohstoffeffizienter. Selbstverständlich senken auch geschlossene Rohstoffkreisläufe den benötigten Rohstoffverbrauch deutlich.

Zu betonen ist, dass zum Beispiel bei Pharmazeutika mit dem berechneten und abgebildeten Rohstoffbedarf nicht nur die rund

14.000 Tonnen Inlandsverbrauch abgedeckt sind, sondern auch die knapp 102.000 Tonnen Exporte.

Weitere große Bedarfsmengen treten bei den Fertigproduktgruppen Haushaltswaren, Verpackungen, Industrieprodukte und Baubedarf aus Kunststoffen auf.

Für die drei Szenarien wurde für die neu hinzukommende biobasierte Industrie eine Spanne von 17.292 Beschäftigte im TMR-Szenario über 21.062 Beschäftigte im UCI-Szenario bis 26.656 Beschäftigte im CEF-Szenario berechnet. Diese Anzahl stellt die Beschäftigten in der biobasierten Industrie im Vergleich zum BAU-Szenario dar. Ob und wie viele „konventionelle“ Beschäftigte in der jeweiligen Industriebranche wegfallen, konnte mit dem generischen Ansatz nicht ermittelt werden und bräuchte einen branchenspezifischen Ansatz, um eine belastbare Aussagekraft zu haben.

Darüber hinaus wurde abgeschätzt, dass eine Spanne an Emissionseinsparungen von 1,78 Mio. CO₂-Äquivalenten im TMR-Szenario über 2,16 Mio. CO₂-Äquivalente im UCI-Szenario bis hin zu 2,74 Mio. CO₂-Äquivalente im CEF-Szenario möglich sind. Das entspricht 11 bis 16 % der gesamten aktuellen Treibhausgase in der Industrie (Anderl, et al., 2022), die durch die zusätzlich hinzukommende biobasierte Industrie eingespart werden könnte.

2 Summary

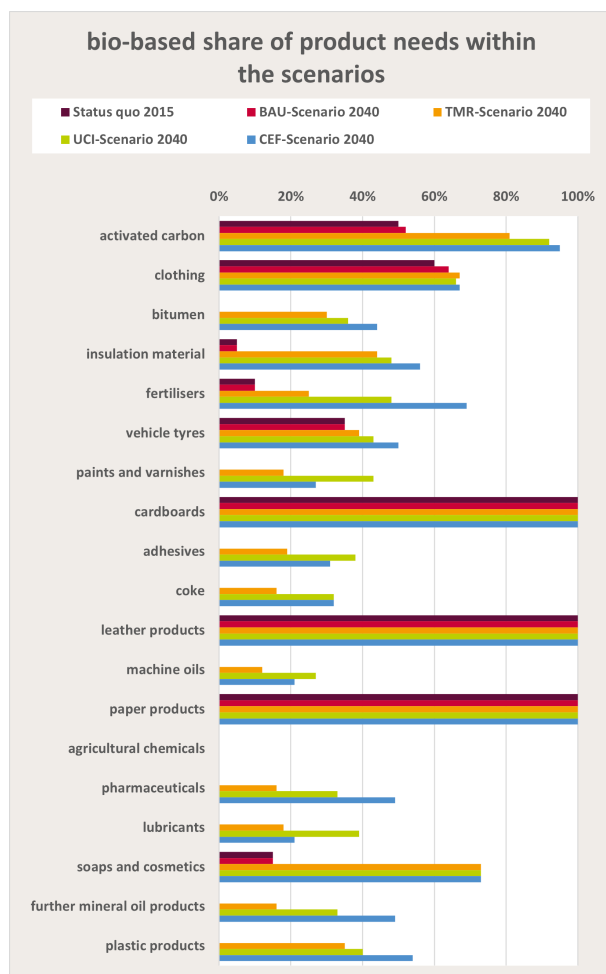
In order to support the implementation of the Austrian Bioeconomy Strategy, three scenarios for the bio-based industry in Austria were developed. These three scenarios cover different realistic transformation paths for the bio-based industry and are intended to significantly advance the discussion on strategy development within the bio-based industry and subsequently the bioeconomy.

These three scenarios focus on the...

- Promotion of bio-based technology paths that are already as mature as possible (TMR),
- Extension of the existing and possible bio-based utilization cascades (UCI) and
- Focus on a bio-based circular economy as much as possible (CEF).

The present study is intended to serve as a solid overview and as a starting point for further detailed studies by other researchers.

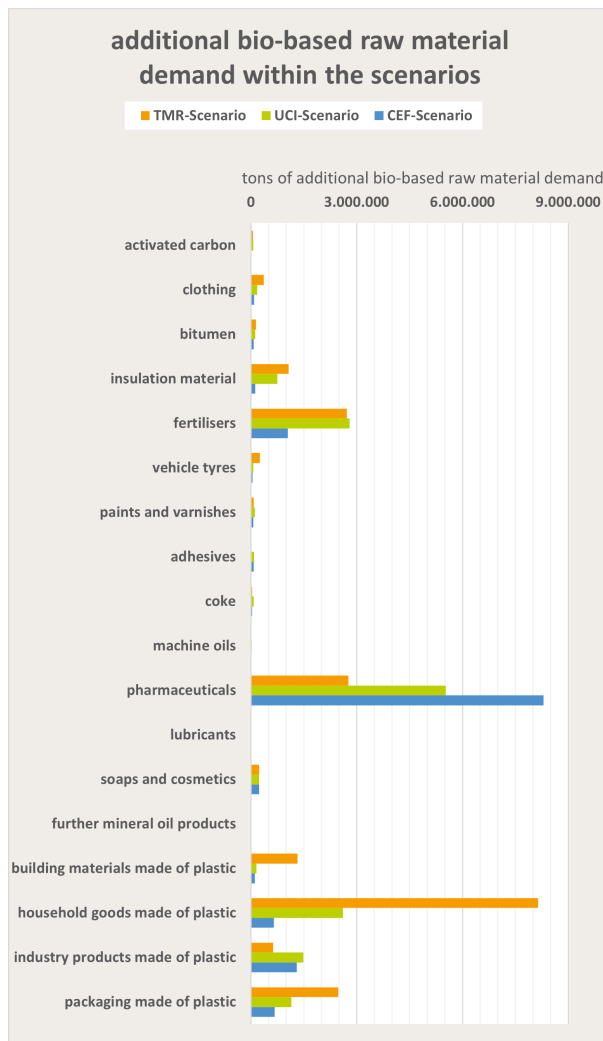
Figure 1: bio-based share of product groups in the scenarios (own illustration)



A key result from the scenarios is how the bio-based shares develop within the considered product groups in the three scenarios (see Figure 1).

The TMR scenario (Technology & Market Readiness) shows the lowest bio-based shares, although these represent significant leaps upwards compared to the BAU scenario. The UCI scenario (Utilisation Cascades Increase) represents a further increase in terms of bio-based shares. In the CEF scenario (Circular Economy Focus), these shares decrease for some product groups and continues to increase for other groups. This is due to the fact that in the UCI scenario is more pressure to use bio-based raw materials due to the expansion of usage cascades. This is particularly evident in the product groups of paints and varnishes, adhesives, machine oils and lubricants, which, despite the generally higher bio-based content in the CEF scenario, have the higher specific bio-based content in the UCI scenario.

Figure 2: additional bio-based raw material demands in the scenarios (own illustration)



The additional bio-based raw material demands were calculated from the developed numerical model, the bio-based shares and the selected technology paths. In this context this means that in all three scenarios the difference to the BAU scenario (Business As Usual) was formed. Thus, nearly completely bio-based industrial sectors such as the paper industry have already been excluded.

Figure 2 shows that a high additional bio-based raw material demand for pharmaceuticals as well as for household goods, packaging, industrial products and building materials made of plastic is to be expected. Here, technology paths based on lignocellulose proved to be significantly more resource-efficient. Of course, closed raw material cycles also significantly reduce the required raw material consumption.

It should be emphasized that, for pharmaceuticals, for example, the calculated and illustrated raw material demand not only covers the approximately 14,000 tons of domestic consumption, but also the almost 102,000 tons of exports.

Other large quantities are required for the product groups of household goods, packaging, industrial products and building supplies made of plastic.

For the three scenarios, a range of 17,292 employees in the TMR scenario, 21,062 employees in the UCI scenario and 26,656 employees in the CEF scenario was calculated for the newly added bio-based industry. This number represents the employees in the bio-based industry in comparison to the BAU scenario. Whether and how many "conventional" employees will be eliminated in the respective industrial sector could not be determined using this generic approach and would require a sector-specific approach to be appropriate meaningful.

In addition, it was estimated that a range of greenhouse gas emission savings from 1.78 million CO₂-equivalents in the TMR scenario, to 2.16 million CO₂-equivalents in the UCI scenario, and up to 2.74 million CO₂-equivalents in the CEF scenario scenario are possible. This corresponds 11 to 16% of the total current greenhouse gas emissions in industry in Austria, which could be saved by the addition of bio-based industry.

3 Hintergrund und Zielsetzung

In der Vision der Bioökonomiestrategie Österreichs (BMNT, BMBWF & BMVIT, 2019) wird im ersten Satz die Bioökonomie als Wirtschaftskonzept beschrieben, das fossile Ressourcen möglichst in allen Bereichen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt. Im Rahmen der gegenständlichen Studie wurde für den industriellen Bereich in Österreich ein Set aus drei Szenarien erarbeitet, wie diese Transformation in einem realistischen Rahmen erfolgen kann.

Hierfür wurde bewusst der Fokus auf den möglichen Ausbau der biobasierten Industrie in Österreich gelegt und die weiteren Bereiche der Bioökonomie als statische Rahmenbedingungen gesehen. Durch diese „ungestörte“ Betrachtung konnten für die biobasierte Industrie optimale Szenarien erarbeitet werden. In der Diskussion über mögliche Ziel- und Ressourcenkonflikten im Rahmen der gesamten Bioökonomie ist damit ein klarer Standpunkt für die zukünftige biobasierte Industrie gegeben.

Um diese Diskussion bestmöglich zu unterstützen, wurden im Rahmen dieser Studie drei Szenarien für die biobasierte Industrie in Österreich für das Jahr 2040 erstellt, die unterschiedliche Transformationspfade und damit Schwerpunktsetzungen abdecken. Das Hauptergebnis des gegenständlichen Projektvorhabens sind somit die drei aus heutiger Sicht vielversprechendsten Strategien:

- Forcierung von bereits möglichst ausgereiften biobasierten Technologiepfaden,
- Erweiterung der bestehenden und möglichen biobasierten Nutzungskaskaden und
- Fokussierung auf eine so weit als möglich biobasierte Kreislaufwirtschaft.

Damit kann mit der gegenständlichen Studie der Rahmen abgesteckt werden, innerhalb dessen sich die biobasierte Industrie in Österreich entwickeln kann, falls entsprechende Strategien ausgerollt werden und je nachdem welcher Strategie-Mix gewählt wird. Eine exakte Prognose stellt die Studie selbstverständlich nicht dar. Vielmehr soll die Studie als solide Übersicht und als Startpunkt für weitere Detailstudien auch von weiteren ForscherInnen dienen.

Die Bioökonomiestrategie Österreichs benennt sechs Zielfelder. Das gegenständliche Studie adressiert mit seiner Grundausrichtung direkt das Ziel „Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Rohstoffen reduzieren“. Durch eine erste Abschätzung der in den Szenarien vermiedenen Treibhausgasemissionen und der wahrscheinlich ausgelösten Arbeitsplatzeffekte werden auch die Ziele „Erreichung der Klimaziele“ und „Arbeitsplätze sichern und schaffen“ bearbeitet.

4 Methodik und Datenquellen

Am Beginn der Arbeiten für die vorliegende Studie stand die Entwicklung der drei Szenarien. Dazu wurde ein Ansatz gewählt, bei dem in **Prämissen und Parametern** qualitative Aspekte für die Szenarien gesammelt und zusammengestellt wurden. Als Prämissen wurde jene Aspekte festgelegt, die für alle Szenarien die gleiche Gültigkeit haben, etwa dass die Szenarien Österreich im Jahr 2040 abbilden sollen. Als Parameter wurden die Spezifika der einzelnen Szenarien bezeichnet, zum Beispiel dass die Auswahl der biobasierten Technologiepfade sich vorwiegend am aktuellen Technologiereifegrad orientiert. Die auf diese Weise erhaltenen Prämissen und Parameter wurden zu einer verbalen Beschreibung der drei Szenarien zusammengefasst und dienten damit auch für die spezifische Auswahl der biobasierten Technologiepfade als hilfreicher Leitfaden.

Auf Basis der erarbeiteten Prämissen und Parameter wurde das benötigte **Stoffmengengerüst** Schritt für Schritt aufgebaut. Der erste Arbeitsschritt hierzu war, die zu betrachtenden Stoffströme zu definieren. Basierend auf den Recherchen aus Vorprojekten – vor allem (Steffl, et al., 2018) und (Reinberg, et al., 2020) – wurden 22 Fertigproduktgruppen ausgewählt, die für die biobasierte Industrie bereits relevant sind oder zukünftig werden.

Tabelle 1: Für die biobasierte Industrie in Österreich relevante Fertigproduktgruppen

Aktivkohle	Klebstoffe
Baubedarf aus Kunststoffen	Koks
Bekleidung	Lederprodukte
Bitumen	Maschinenöle
Dämmstoffe	Papierprodukte
Düngemittel	Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel
Fahrzeugreifen	Pharmazeutika
Farben und Lacke	Schmiermittel
Haushaltswaren aus Kunststoff	Seifen und Kosmetika
Industrieprodukte aus Kunststoff	weitere Mineralölprodukte
Kartonagen	Verpackungen aus Kunststoff

Für diese 22 Fertigproduktgruppen wurden – ausgenommen für Kartonagen, Lederprodukte, Papierprodukte sowie Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel – biobasierte **Technologiepfade** recherchiert und nach den drei Szenarien zugeordnet. Somit konnte ein Technologiepfad in einem, zwei oder auch allen drei Szenarien Anwendung finden. Für Kartonagen, Lederprodukte und Papierprodukte wurde davon ausgegangen, dass diese bis 2040 in ihren bestehenden biobasierten Technologiepfaden verbleiben. Für Pflanzenschutz- und

Schädlingsbekämpfungsmittel konnten keine eindeutigen und belastbaren Technologiepfade recherchiert werden.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde das bislang qualitative Modell vollständig quantifiziert. Diese **Quantifizierung** umfasste drei wesentliche Teilschritte: Erstens, die Ableitung von Konversionsfaktoren, um vom Fertigproduktbedarf zu einem quantitativen Verbrauch an biobasierten Rohstoffen zu gelangen. Zweitens, die Erarbeitung des Fertigproduktbedarfs für das Referenzjahr 2015. Drittens, die Berechnung des wahrscheinlichen Bedarfs für das Zieljahr 2040 anhand historischer Daten und Branchenstudien, die die zukünftige Marktentwicklung abschätzen.

Inwiefern die Entwicklung des Bedarfs bis 2040 der relevantesten Fertigproduktgruppen von der Fortschreibung der Historie wahrscheinlich abweichen wird, wurde in einer **Online-Befragung** mit ausgewählten BranchenkennerInnen, an der fünf ExpertInnen teilnahmen, abgefragt und entsprechend angepasst. In derselben Befragung wurde auch der Zielwert für den biobasierten Anteil am jeweils gesamten Fertigproduktbedarf nachgeschärft.

Der **Fertigproduktbedarf** als die zentrale Kenngröße wurde definiert als:

Fertigproduktbedarf = Produktion in AT + Importe nach AT = Inlandsverbrauch + Exporte aus AT

Damit wurden auch der Exportanteil und sämtlicher Handel mitberücksichtigt und somit die tatsächlichen Aktivitäten der Industriesparte abgebildet und nicht nur der in Österreich produzierte Anteil. Für das Stoffmengengerüst an sich ist dadurch auch nicht relevant, welcher Anteil vom Fertigproduktbedarf tatsächlich in Österreich hergestellt wird. Im Vordergrund stand, dass die gesamten Aktivitäten der jeweiligen Industriesparte berücksichtigt sind.

Für die Abschätzung der **Arbeitsplatzeffekte** wurde ein Konversionsfaktor angewandt, der dem aktuellen Verhältnis aus Beschäftigtenzahl und Output der chemischen Industrie in Österreich entspricht. Zusätzlich wurde ein Produktivitätsgewinn von 2 % pro Jahr einkalkuliert. Für die Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte wurde nicht der gesamte Fertigproduktbedarf berücksichtigt, sondern davon ausgegangen, dass der Anteil der Produktion in Österreich am gesamten Fertigproduktbedarf bis 2040 gleichbleibt. Berechnet wurden jene Arbeitsplätze, die durch die neuen Technologiepfade in Österreich theoretisch entstehen, wobei der Fokus klar auf der Fertigproduktproduktion und nicht der Rohstoffproduktion liegt, die hierbei methodisch unterrepräsentiert ist.

Darüber hinaus wurde abgeschätzt, wie viele **Treibhausgasemissionen** durch die neuen Technologiepfade eingespart werden können. Es wurde davon ausgegangen, dass diese biobasierten Pfade im Schnitt 80 % der bestehenden fossilen Pfade an Emissionen einsparen können. Damit wurde ein Konversionsfaktor berechnet, der dem aktuellen Quotienten aus den Treibhausgasemissionen der gesamten Industrie in Österreich und deren Output entspricht. Wie bei den Arbeitsplatzeffekten wurde für die Abschätzung des Klimaschutzeffekts der Anteil der Produktion in Österreich berücksichtigt und nur für diesen das Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen berechnet.

Als **Datenquellen** wurden zahlreiche aktuelle Studien und Papers zu biobasierten Technologiepfaden recherchiert und dokumentiert, wobei hierbei auch auf die Erfahrungen aus dem Vorprojekt „Austrian BioCycles“ (Reinberg, et al., 2020) zurückgegriffen werden konnte. Für die Branchendaten wurden vor allem die Statistik Austria, die PRODCOM-Datenbank und die vom FCIO aufbereiteten Statistiken als Datenquellen herangezogen.

5 Hauptergebnisse in den Szenarien

Allen drei Szenarien gemein ist, dass sie ein mögliches Österreich im Jahr 2040 abbilden. In den Szenarien ist die biobasierte Industrie in einem realistischen Rahmen gestärkt und ausgebaut. Biobasierte Rohstoffe werden vorzugsweise im Inland gewonnen, Österreich behält seine bestehenden Exporttätigkeiten und ein moderates Wirtschaftswachstum wird erzielt.

Neue Rohstoffquellen werden etwa bei der Nutzung von Rauchgas von Biomasse-Heizkraftwerken oder der stofflichen Nutzung von Siedlungsabwässern erschlossen.

Die ausformulierten Prämissen, die für alle drei Szenarien gelten, lauten:

Bioökonomie im Allgemeinen

- Die Ziele und Leitlinien der Bioökonomiestrategie Österreichs stehen im Vordergrund.
- Betrachtet wird Österreich im Jahr 2040, um das Ziel der Bundesregierung „Klimaneutralität bis 2040“ als Ankerpunkt mitberücksichtigen zu können.
- Das Energiesystem ist soweit fossilfrei in Anlehnung an z. B. das Transition-Szenario des Umweltbundesamtes.
- Aktuelle Exportströme der Bioökonomie bleiben erhalten.

Bevölkerung und Lebensmittel

- Die Bevölkerung entwickelt sich wie in der aktuellen Hauptvariante der Bevölkerungsprognose der Statistik Austria.
- Vermeidbare Lebensmittelabfälle fallen nicht mehr an.

Landwirtschaft und Forstwirtschaft

- Der Anteil der Bio-Landwirtschaft verdoppelt sich auf 50 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Österreich.
- Der Viehbestand in der Landwirtschaft reduziert sich analog der publizierten Ernährungspyramide des österreichischen Gesundheitsministeriums.
- Die Auswahl an Nutzpflanzen, die in der Landwirtschaft angebaut werden, wird der zu erwarteten Klimaveränderung angepasst.
- Der Waldbestand verändert sich gemäß ExpertInnen-Einschätzungen weg von Fichten hin zu Buchen, Eichen und Birken.

Biobasierte Industrie

- Der Ressourcenbedarf der bereits heute bestehenden biobasierten Industrie wächst gemäß dem Wachstumstrend der jüngeren Vergangenheit.
- Der Ressourcenbedarf für substituierte Fertigprodukte berücksichtigt bereits heute erkennbare Trends in puncto Materialeffizienz und Ecodesign.
- Carbon Capture and Use wird bei Biomasse-Heizkraftwerken zunehmend etabliert und steht als Kohlenstoffquelle zur Verfügung.

Über die Prämissen hinaus wurden folgende Parameter für die drei unterschiedlichen Szenarien definiert.

Tabelle 2: Erarbeitete Parameter für die drei Szenarien

Parameter	TMR-Szenario (Technology & Market Readiness)	UCI-Szenario (Utilisation Cascades Increase)	CEF-Szenario (Circular Economy Focus)
Bei der Auswahl der eingesetzten Technologien und damit auch berücksichtigten Stoffgruppen vorausgesetzte Technologiereife.	TRL 7-9	TRL 5-9*	TRL 5-9*
Forstwirtschaftliche Biomasse wird vermehrt stofflich genutzt, um eine stoffliche Nutzungsphase vor der Verbrennung anzustreben.	nicht prioritär	ja	ja
Die Nutzung von Nebenprodukten steht im Vordergrund, um insgesamt einen möglichst geringen Flächenbedarf zu erzielen (z. B. Stroh zur Gewinnung von Lignocellulose).	nicht prioritär	ja	ja
Kommunale Abwässer werden je nach Kläranlagen-Kategorie bestmöglich für die Biomasse-Rückgewinnung genutzt.	nein	nein	ja
In kommunalen Kläranlagen wird die Nährstoff-Rückgewinnung (v. a. Phosphor und Stickstoff) in den Vordergrund gerückt.	nein	nur in Großanlagen	in möglichst allen Anlagen
Welcher Pfad wird vorwiegend als End-of-Life-Konzept eingeschlagen?	Verbrennung & Kompostierung	Verbrennung	Recycling
Kunststoffe, die aufgrund ihrer Anwendung (z. B. in der Landwirtschaft) leichter in der Umwelt landen, müssen verpflichtend biologisch abbaubar sein.	nein	ja	ja
Biologisch abbaubare Kunststoffe müssen auch in einfachen Haushaltskompostern vollständig abgebaut werden können.	nein	ja	nein
Produktionsprozesse (in weiterer Folge Stoffkreisläufe) werden in puncto Materialbedarf optimiert.	gar nicht	soweit es sich ökonomisch darstellen lässt	sehr stark

*) sofern betriebswirtschaftlich in einem interessanten Bereich und rohstoff- und verarbeitungsseitig mit Bezug zu Österreich

Den Fertigproduktgruppen wurden, je nach Technologiepfad für die biobasierte Herstellung, ein bis drei Rohstoff- bzw. Zwischenproduktgruppen zugeordnet.

5.1. Szenario: Technology & Market Readiness

Im TMR-Szenario stehen die Technologie- und Marktreife (Technology & Market Readiness) der gewählten Anbau-, Ernte-, Aufbereitungs- und Verarbeitungstechnologien im Vordergrund. Somit werden jene Technologien forciert eingesetzt, die bereits heute schon weiter entwickelt bis hin zu ausgereift sind. Mit dem TMR-Szenario wird also ein Blick gewährt, welcher Weg möglichst schnell und hinreichend sicher zum Ziel „Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Rohstoffen reduzieren“ (eine Zielformulierung der Bioökonomie-Strategie) führt. Gleichzeitig stellt das TMR-Szenario den wahrscheinlichsten Transformationspfad dar, falls keine gezielten Eingriffe hin zu einer anderen Strategie gemacht werden.

Im Folgenden wird das Stoffmengengerüst des Szenarios tabellarisch in komprimierter Form dargestellt. In der Tabelle ist jeweils pro Fertigproduktgruppe dargestellt, wie sich die gesamte Fertigproduktgruppe im Szenario entwickeln wird, also bestehender biobasierter Anteil plus neuer biobasierter Anteil plus fossiler Anteil. Hierzu sind die Werte für das Bezugsjahr 2015 und das Zieljahr 2040 angeführt und die resultierende jährliche Wachstumsrate (CAGR, Compound Annual Growth Rate) ausgerechnet. Je nach biobasiertem Herstellungsprozess ergibt sich aus dem Fertigproduktbedarf 2040 ein theoretischer Rohstoffbedarf 2040, welcher wiederum durch ein gruppenspezifisches End-of-Life-Konzept auf den praktischen Rohstoffbedarf 2040 reduziert wird. Zur besseren Übersicht sind an dieser Stelle nur die wesentlichsten Tabelleninhalte angeführt. Die vollständige Tabelle findet sich im Anhang.

Tabelle 3: Stoffmengengerüst des TMR-Szenarios

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
Aktivkohle (gesamt)	12.408	+4,0%	33.078		
Aktivkohle aus Lignocellulose	6.204	+6,0%	26.874	67.185	60.467
Bekleidung (gesamt)	228.600	+2,1%	386.294		
Bekleidung aus Pflanzenfasern	0	n.a.	26.282	105.129	84.103
Bekleidung aus Zuckerrüben	0	n.a.	19.712	347.518	278.014
Bekleidung aus Trester	0	+0,0%	0	0	0
Bitumen (gesamt)	562.861	+2,4%	1.013.660		
Bitumen aus Sägenebenprodukten	0	n.a.	300.532	1.000.773	150.116

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Bitumen aus Altholz	0	+0,0%	0	0	0
Bitumen aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
Dämmstoffe (gesamt)	623.531	+0,8%	760.708		
Dämmstoffe aus Pflanzenölen	0	n.a.	76.071	69.985	34.993
Dämmstoffe aus Kohlendioxid	0	+0,0%	0	0	0
Dämmstoffe aus Pflanzenrest-stoffen, -fasern und Stroh	23.585	+10,1%	259.435	2.075.480	1.037.740
Düngemittel (gesamt)	206.288	+0,2%	216.854		
Düngemittel aus Lignocellulose	0	n.a.	10.566	2.347.717	1.643.402
Düngemittel aus Klärschlamm	0	+0,0%	0	0	0
Düngemittel aus Gülle (als Trockenmasse)	21.288	+2,9%	43.510	1.531.559	1.072.092
Fahrzeugreifen (gesamt)	132.579	+3,9%	342.831		
Fahrzeugreifen aus Zuckerrüben	0	n.a.	13.141	281.212	253.091
Fahrzeugreifen aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
Farben und Lacke (gesamt)	262.211	-1,2%	191.959		
Farben und Lacke aus Pflanzenölen	0	n.a.	35.126	77.276	77.276
Farben und Lacke aus Kohlendioxid	0	+0,0%	0	0	0
Farben und Lacke aus Altölen	0	+0,0%	0	0	0
Kartonagen	2.802.161	+0,2%	2.945.683		
Klebstoffe (gesamt)	56.888	+1,9%	91.366		
Klebstoffe aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
Klebstoffe aus Kohlendioxid	0	+0,0%	0	0	0
Klebstoffe aus Pflanzenölen	0	n.a.	17.239	18.963	18.963
Koks (gesamt)	28.281	+4,1%	77.226		

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Koks aus Lignocellulose	0	n.a.	12.236	40.380	40.380
Lederprodukte	327.088	+1,6%	486.415		
Maschinenöle (gesamt)	65.416	-0,4%	59.334		
Maschinenöle aus Pflanzenölen	0	n.a.	6.992	17.480	13.984
Papierprodukte	6.353.067	-0,1%	6.196.131		
Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel	82.402	-0,1%	80.366		
Pharmazeutika (gesamt)	115.864	+1,6%	172.302		
Pharmazeutika aus nachwachsenden Rohstoffen	0	n.a.	28.219	2.765.479	2.765.479
Schmiermittel (gesamt)	20.793	-0,1%	20.077		
Schmiermittel aus Pflanzenölen	0	n.a.	3.582	8.955	8.060
Seifen und Kosmetika (gesamt)	103.670	+1,8%	163.419		
Seifen und Kosmetika aus Pflanzenölen	0	n.a.	119.497	238.995	238.995
weitere Mineralölprodukte (gesamt)	4.877	+1,6%	7.253		
weitere Mineralölprodukte aus Pflanzenölen	0	n.a.	1.188	2.970	2.970
Kunststofffertigprodukte (gesamt)	1.417.317	+2,6%	2.663.563		
Kunststofffertigprodukte aus Zuckerrüben	0	n.a.	630.221	12.672.620	3.801.786
Kunststofffertigprodukte aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Altspeiseöl	0	n.a.	124.494	16.287.556	8.143.778
Kunststofffertigprodukte aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Weizen	0	n.a.	164.674	1.249.876	624.938
Kunststofffertigprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus grüner Biomasse	0	+0,0%	0	0	0

Tabelle 4: Stoffmengengerüst des TMR-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe)

Kunststoff-Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
KS-Baubedarf (gesamt)	308.429	+2,9%	632.795		
KS-Baubedarf aus Zuckerrüben	0	n.a.	162.183	4.421.108	1.326.332
KS-Baubedarf aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
KS-Haushaltswaren (gesamt)	154.707	+2,4%	279.201		
KS-Haushaltswaren aus Altspeiseöl	0	n.a.	124.494	16.287.556	8.143.778
KS-Haushaltswaren aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
KS-Haushaltswaren aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
KS-Industrieprodukte (gesamt)	358.496	+2,6%	687.844		
KS-Industrieprodukte aus Weizen	0	n.a.	164.674	1.249.876	624.938
KS-Industrieprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
KS-Verpackungen (gesamt)	595.685	+2,3%	1.063.723		
KS-Verpackungen aus Zuckerrüben	0	n.a.	468.038	8.251.513	2.475.454
KS-Verpackungen aus grüner Biomasse	0	+0,0%	0	0	0
KS-Verpackungen aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
KS-Verpackungen aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0

Der jeweils gesamte Bedarf in den einzelnen Fertigproduktgruppen folgt dem erstellten BAU-Szenario (Business As Usual). Spezifisch für das TMR-Szenario wurde der zusätzliche biobasierte Anteil modelliert. Über die erarbeiteten Konversionsfaktoren wurde der aus dem Fertigproduktbedarf resultierende Rohstoffbedarf errechnet, welcher durch das jeweilige End-of-Life-Konzept (Recycling, Verbrennung usw.) entsprechend reduziert wurde. Im TMR-Szenario werden aus 20.351 kt biobasierter Rohstoffe 1.920 kt Fertigprodukte erzeugt.

5.2. Szenario: Utilisation Cascades Increase

Das UCI-Szenario fokussiert sich auf eine Erweiterung der möglichen biobasierten Nutzungskaskaden (Utilisation Cascades Increase). Dadurch wird mit jeder Nutzungskaskade ein Downcycling ermöglicht und dennoch eine mehrstufige Nutzung des Rohstoffs realisiert. Darüber hinaus können Kuppel- und Nebenprodukte auch in verkürzten Nutzungskaskaden eingesetzt werden, um insgesamt einen möglichst effektiven Rohstoffeinsatz zu erzielen. Mit dem UCI-Szenario wird also ein Zielpfad aufgezeigt, der den Gesamtaufwand für die Bedarfsdeckung möglichst geringhält.

Im Folgenden wird das Stoffmengengerüst des Szenarios tabellarisch in komprimierter Form dargestellt. In der Tabelle ist jeweils pro Fertigproduktgruppe dargestellt, wie sich die gesamte Fertigproduktgruppe im Szenario entwickeln wird, also bestehender biobasierter Anteil plus neuer biobasierter Anteil plus fossiler Anteil. Hierzu sind die Werte für das Bezugsjahr 2015 und das Zieljahr 2040 angeführt und die resultierende jährliche Wachstumsrate (CAGR, Compound Annual Growth Rate) ausgerechnet. Je nach biobasiertem Herstellungsprozess ergibt sich aus dem Fertigproduktbedarf 2040 ein theoretischer Rohstoffbedarf 2040, welcher wiederum durch ein gruppenspezifisches End-of-Life-Konzept auf den praktischen Rohstoffbedarf 2040 reduziert wird. Zur besseren Übersicht sind an dieser Stelle nur die wesentlichsten Tabelleninhalte angeführt. Die vollständige Tabelle findet sich im Anhang.

Tabelle 5: Stoffmengengerüst des UCI-Szenarios

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
Aktivkohle (gesamt)	12.408	+4,0%	33.078		
Aktivkohle aus Lignocellulose	6.204	+6,6%	30.319	75.798	68.218
Bekleidung (gesamt)	228.600	+2,1%	386.294		
Bekleidung aus Pflanzenfasern	0	n.a.	63.078	252.310	176.617
Bekleidung aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
Bekleidung aus Trester	0	+0,0%	0	0	0
Bitumen (gesamt)	562.861	+2,4%	1.013.660		
Bitumen aus Sägenebenprodukten	0	+0,0%	0	0	0

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Bitumen aus Altholz	0	n.a.	360.639	1.200.928	120.093
Bitumen aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
Dämmstoffe (gesamt)	623.531	+0,8%	760.708		
Dämmstoffe aus Pflanzenölen	0	+0,0%	0	0	0
Dämmstoffe aus Kohlendioxid	0	n.a.	152.142	167.356	66.942
Dämmstoffe aus Pflanzenreststoffen, -fasern und Stroh	23.585	+9,2%	212.265	1.698.120	679.248
Düngemittel (gesamt)	206.288	+0,2%	216.854		
Düngemittel aus Lignocellulose	0	n.a.	21.132	4.695.434	1.878.174
Düngemittel aus Klärschlamm	0	n.a.	28.175	402.909	161.163
Düngemittel aus Gülle (als Trockenmasse)	21.288	+3,8%	54.076	1.903.475	761.390
Fahrgreifen (gesamt)	132.579	+3,9%	342.831		
Fahrgreifen aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
Fahrgreifen aus Lignocellulose	0	n.a.	26.281	120.895	72.537
Farben und Lacke (gesamt)	262.211	-1,2%	191.959		
Farben und Lacke aus Pflanzenölen	0	n.a.	11.709	25.759	25.759
Farben und Lacke aus Kohlendioxid	0	n.a.	23.417	25.759	25.759
Farben und Lacke aus Altölen	0	n.a.	46.834	60.884	60.884
Kartonagen	2.802.161	+0,2%	2.945.683		
Klebstoffe (gesamt)	56.888	+1,9%	91.366		
Klebstoffe aus Lignocellulose	0	n.a.	17.239	68.956	68.956
Klebstoffe aus Kohlendioxid	0	n.a.	17.239	18.963	18.963
Klebstoffe aus Pflanzenölen	0	+0,0%	0	0	0
Koks (gesamt)	28.281	+4,1%	77.226		

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Koks aus Lignocellulose	0	n.a.	24.472	80.759	80.759
Lederprodukte	327.088	+1,6%	486.415		
Maschinenöle (gesamt)	65.416	-0,4%	59.334		
Maschinenöle aus Pflanzenölen	0	n.a.	16.315	40.787	28.551
Papierprodukte	6.353.067	-0,1%	6.196.131		
Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel	82.402	-0,1%	80.366		
Pharmazeutika (gesamt)	115.864	+1,6%	172.302		
Pharmazeutika aus nachwachsenden Rohstoffen	0	n.a.	56.438	5.530.959	5.530.959
Schmiermittel (gesamt)	20.793	-0,1%	20.077		
Schmiermittel aus Pflanzenölen	0	n.a.	7.881	19.702	15.761
Seifen und Kosmetika (gesamt)	103.670	+1,8%	163.419		
Seifen und Kosmetika aus Pflanzenölen	0	n.a.	119.497	238.995	238.995
weitere Mineralölprodukte (gesamt)	4.877	+1,6%	7.253		
weitere Mineralölprodukte aus Pflanzenölen	0	n.a.	2.376	5.939	5.939
Kunststofffertigprodukte (gesamt)	1.417.317	+2,6%	2.663.563		
Kunststofffertigprodukte aus Zuckerrüben	0	n.a.	312.025	5.501.008	1.100.202
Kunststofffertigprodukte aus Lignocellulose	0	n.a.	309.846	3.255.771	1.142.906
Kunststofffertigprodukte aus Altspeiseöl	0	n.a.	31.124	4.071.889	1.628.756
Kunststofffertigprodukte aus Algen	0	n.a.	234.019	257.421	51.484
Kunststofffertigprodukte aus Weizen	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	n.a.	188.199	3.716.928	1.486.771
Kunststofffertigprodukte aus grüner Biomasse	0	+0,0%	0	0	0

Tabelle 6: Stoffmengengerüst des UCI-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe)

Kunststoff-Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
KS-Baubedarf (gesamt)	308.429	+2,9%	632.795		
KS-Baubedarf aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
KS-Baubedarf aus Lignocellulose	0	n.a.	185.352	797.013	159.403
KS-Haushaltswaren (gesamt)	154.707	+2,4%	279.201		
KS-Haushaltswaren aus Altspeiseöl	0	n.a.	31.124	4.071.889	1.628.756
KS-Haushaltswaren aus Algen	0	+0,0%	0	0	0
KS-Haushaltswaren aus Lignocellulose	0	n.a.	124.494	2.458.757	983.503
KS-Industrieprodukte (gesamt)	358.496	+2,6%	687.844		
KS-Industrieprodukte aus Weizen	0	+0,0%	0	0	0
KS-Industrieprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	n.a.	188.199	3.716.928	1.486.771
KS-Verpackungen (gesamt)	595.685	+2,3%	1.063.723		
KS-Verpackungen aus Zuckerrüben	0	n.a.	312.025	5.501.008	1.100.202
KS-Verpackungen aus grüner Biomasse	0	+0,0%	0	0	0
KS-Verpackungen aus Algen	0	n.a.	234.019	257.421	51.484
KS-Verpackungen aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0

Der jeweils gesamte Bedarf in den einzelnen Fertigproduktgruppen folgt dem erstellten BAU-Szenario (Business As Usual). Spezifisch für das UCI-Szenario wurde der zusätzliche biobasierte Anteil modelliert. Über die erarbeiteten Konversionsfaktoren wurde der aus dem Fertigproduktbedarf resultierende Rohstoffbedarf errechnet, welcher durch das jeweilige End-of-Life-Konzept (Recycling, Verbrennung usw.) entsprechend reduziert wurde. Im UCI-Szenario werden aus 15.496 kt biobasierter Rohstoffe 2.367 kt Fertigprodukte erzeugt.

5.3. Szenario: Circular Economy Focus

Im CEF-Szenario wird der Schwerpunkt auf eine weitestgehend realisierte Kreislaufwirtschaft gelegt (Circular Economy Focus), in der das Downcycling möglichst minimiert wird. Die Fertigprodukte werden nach jeder Nutzungsphase wieder (soweit möglich) zu gleichwertigen Rohstoffen aufbereitet. Dadurch muss dem System nur der Schwund aus Verarbeitungs-, Transport- und Sammlungsverlusten zugeführt werden. Das CEF-Szenario zeigt damit einen Zielpfad auf, der möglichst wenig Primär-Rohstoffe benötigt, um den gegebenen Bedarf zu decken.

Im Folgenden wird das Stoffmengengerüst des Szenarios tabellarisch in komprimierter Form dargestellt. In der Tabelle ist jeweils pro Fertigproduktgruppe dargestellt, wie sich die gesamte Fertigproduktgruppe im Szenario entwickeln wird, also bestehender biobasierter Anteil plus neuer biobasierter Anteil plus fossiler Anteil. Hierzu sind die Werte für das Bezugsjahr 2015 und das Zieljahr 2040 angeführt und die resultierende jährliche Wachstumsrate (CAGR, Compound Annual Growth Rate) ausgerechnet. Je nach biobasiertem Herstellungsprozess ergibt sich aus dem Fertigproduktbedarf 2040 ein theoretischer Rohstoffbedarf 2040, welcher wiederum durch ein gruppenspezifisches End-of-Life-Konzept auf den praktischen Rohstoffbedarf 2040 reduziert wird. Zur besseren Übersicht sind an dieser Stelle nur die wesentlichsten Tabelleninhalte angeführt. Die vollständige Tabelle findet sich im Anhang.

Tabelle 7: Stoffmengengerüst des CEF-Szenarios

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
Aktivkohle (gesamt)	12.408	+4,0%	33.078		
Aktivkohle aus Lignocellulose	6.204	+6,7%	31.303	78.258	15.652
Bekleidung (gesamt)	228.600	+2,1%	386.294		
Bekleidung aus Pflanzenfasern	0	n.a.	78.847	315.388	63.078
Bekleidung aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
Bekleidung aus Trester	0	n.a.	52.565	142.976	28.595
Bitumen (gesamt)	562.861	+2,4%	1.013.660		
Bitumen aus Sägenebenprodukten	0	+0,0%	0	0	0

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Bitumen aus Altholz	0	+0,0%	0	0	0
Bitumen aus Algen	0	n.a.	450.799	811.438	81.144
Dämmstoffe (gesamt)	623.531	+0,8%	760.708		
Dämmstoffe aus Pflanzenölen	0	+0,0%	0	0	0
Dämmstoffe aus Kohlendioxid	0	n.a.	304.283	334.711	33.471
Dämmstoffe aus Pflanzenreststoffen, -fasern und Stroh	23.585	+6,6%	117.925	943.400	94.340
Düngemittel (gesamt)	206.288	+0,2%	216.854		
Düngemittel aus Lignocellulose	0	+0,0%	0	0	0
Düngemittel aus Klärschlamm	0	+0,0%	0	0	0
Düngemittel aus Gülle (als Trockenmasse)	21.288	+8,1%	149.168	5.250.715	1.050.143
Fahrzeugreifen (gesamt)	132.579	+3,9%	342.831		
Fahrzeugreifen aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
Fahrzeugreifen aus Lignocellulose	0	n.a.	52.563	241.790	48.358
Farben und Lacke (gesamt)	262.211	-1,2%	191.959		
Farben und Lacke aus Pflanzenölen	0	+0,0%	0	0	0
Farben und Lacke aus Kohlendioxid	0	n.a.	17.563	19.319	19.319
Farben und Lacke aus Altölen	0	n.a.	35.126	45.663	45.663
Kartonagen	2.802.161	+0,2%	2.945.683		
Klebstoffe (gesamt)	56.888	+1,9%	91.366		
Klebstoffe aus Lignocellulose	0	n.a.	17.239	68.956	68.956
Klebstoffe aus Kohlendioxid	0	n.a.	11.493	12.642	12.642
Klebstoffe aus Pflanzenölen	0	+0,0%	0	0	0
Koks (gesamt)	28.281	+4,1%	77.226		

Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
Koks aus Lignocellulose	0	n.a.	24.472	30.591	30.591
Lederprodukte	327.088	+1,6%	486.415		
Maschinenöle (gesamt)	65.416	-0,4%	59.334		
Maschinenöle aus Pflanzenölen	0	n.a.	12.236	30.591	15.295
Papierprodukte	6.353.067	-0,1%	6.196.131		
Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel	82.402	-0,1%	80.366		
Pharmazeutika (gesamt)	115.864	+1,6%	172.302		
Pharmazeutika aus nachwachsenden Rohstoffen	0	n.a.	84.658	8.296.438	8.296.438
Schmiermittel (gesamt)	20.793	-0,1%	20.077		
Schmiermittel aus Pflanzenölen	0	n.a.	4.299	10.746	6.448
Seifen und Kosmetika (gesamt)	103.670	+1,8%	163.419		
Seifen und Kosmetika aus Pflanzenölen	0	n.a.	119.497	238.995	238.995
weitere Mineralölprodukte (gesamt)	4.877	+1,6%	7.253		
weitere Mineralölprodukte aus Pflanzenölen	0	n.a.	3.563	8.909	8.909
Kunststofffertigprodukte (gesamt)	1.417.317	+2,6%	2.663.563		
Kunststofffertigprodukte aus Zuckerrüben	0	+0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Lignocellulose	0	n.a.	596.101	4.560.576	751.109
Kunststofffertigprodukte aus Altspeiseöl	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Algen	0	n.a.	361.823	637.034	93.084
Kunststofffertigprodukte aus Weizen	0	+0,0%	0	0	0
Kunststofffertigprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	n.a.	329.348	6.504.623	1.300.925
Kunststofffertigprodukte aus grüner Biomasse	0	n.a.	156.013	5.909.762	590.976

Tabelle 8: Stoffmengengerüst des CEF-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe)

Kunststoff-Fertigproduktgruppen	Fertigproduktbedarf AT 2015	CAGR	Fertigproduktbedarf AT 2040	theoretischer Rohstoffbedarf AT 2040	praktischer Rohstoffbedarf AT 2040
	[t]		[t]	[t]	[t]
KS-Baubedarf (gesamt)	308.429	+2,9%	632.795		
KS-Baubedarf aus Zuckerrüben	0	+0,0%	0	0	0
KS-Baubedarf aus Lignocellulose	0	n.a.	259.493	1.115.819	111.582
KS-Haushaltswaren (gesamt)	154.707	+2,4%	279.201		
KS-Haushaltswaren aus Altspeiseöl	0	+0,0%	0	0	0
KS-Haushaltswaren aus Algen	0	n.a.	49.798	293.806	58.761
KS-Haushaltswaren aus Lignocellulose	0	n.a.	149.393	2.950.509	590.102
KS-Industrieprodukte (gesamt)	358.496	+2,6%	687.844		
KS-Industrieprodukte aus Weizen	0	+0,0%	0	0	0
KS-Industrieprodukte aus Kohlendioxid und Lignocellulose	0	n.a.	329.348	6.504.623	1.300.925
KS-Verpackungen (gesamt)	595.685	+2,3%	1.063.723		
KS-Verpackungen aus Zuckerrüben	0	+0%	0	0	0
KS-Verpackungen aus grüner Biomasse	0	n.a.	156.013	5.909.762	590.976
KS-Verpackungen aus Algen	0	n.a.	312.025	343.228	34.323
KS-Verpackungen aus Lignocellulose	0	n.a.	187.215	494.248	49.425

Der jeweils gesamte Bedarf in den einzelnen Fertigproduktgruppen folgt dem erstellten BAU-Szenario (Business As Usual). Spezifisch für das CEF-Szenario wurde der zusätzliche biobasierte Anteil modelliert. Über die erarbeiteten Konversionsfaktoren wurde der aus dem Fertigproduktbedarf resultierende Rohstoffbedarf errechnet, welcher durch das jeweilige End-of-Life-Konzept (Recycling, Verbrennung usw.) entsprechend reduziert wurde. Im CEF-Szenario werden aus 12.894 kt biobasierter Rohstoffe 3.011 kt Fertigprodukte erzeugt.

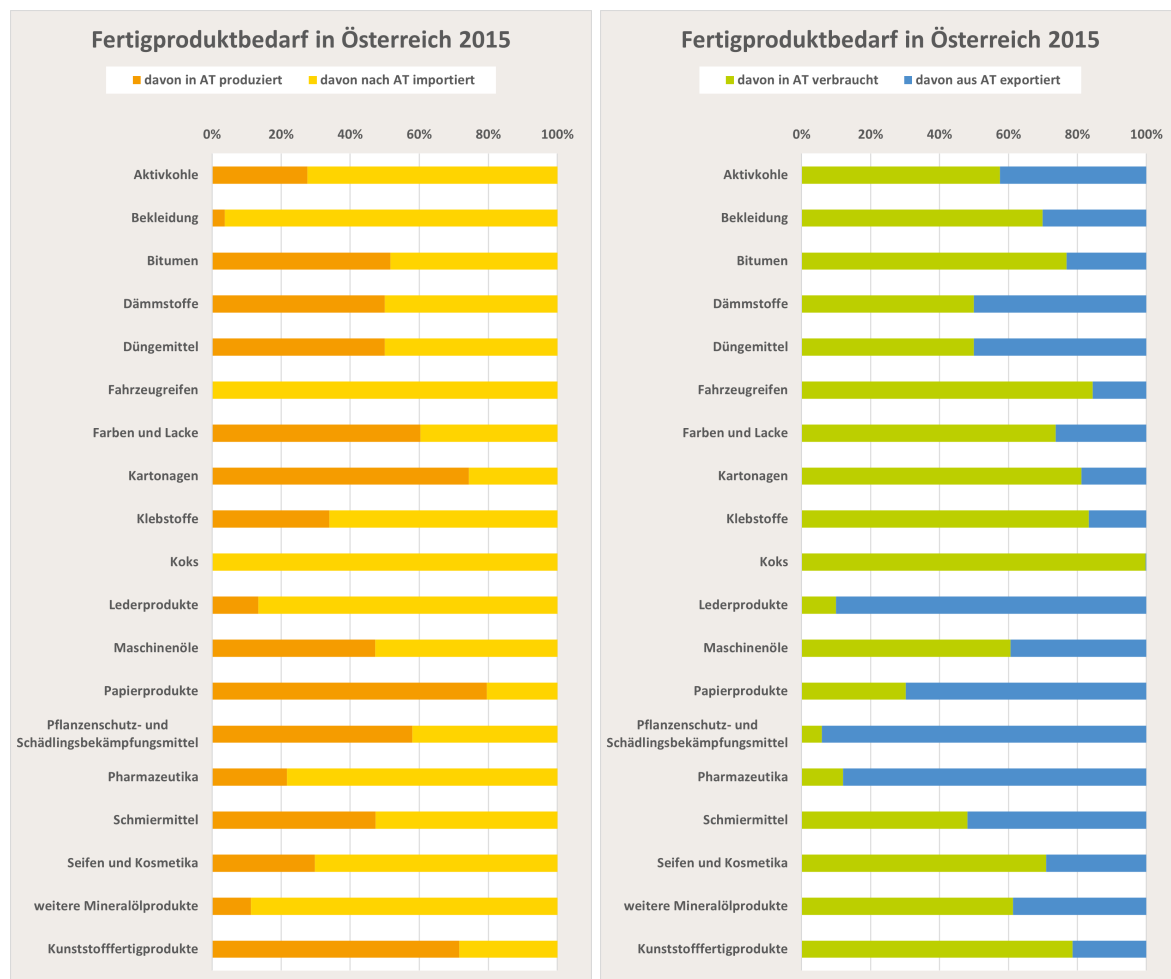
5.4. Vergleich der Szenarien

Die drei Szenarien lassen sich in vielerlei Hinsicht vergleichen. Zwei besonders relevante Aussagen liefert die vorliegende Studie in puncto Entwicklung des biobasierten Anteils in den einzelnen Fertigproduktgruppen und der zusätzliche biobasierte Rohstoffbedarf unter Berücksichtigung der jeweiligen End-of-Life-Konzepte.

Um bei den einzelnen Fertigproduktgruppen besser interpretieren zu können, welche jeweiligen Mengen für die Produktion und den Verbrauch in Österreich relevant sind, wird an dieser Stelle die Verteilung des Fertigproduktbedarfs dargestellt. Hierbei gilt:

$$\text{Fertigproduktbedarf} = \text{Produktion in AT} + \text{Importe nach AT} = \text{Inlandsverbrauch} + \text{Exporte aus AT}$$

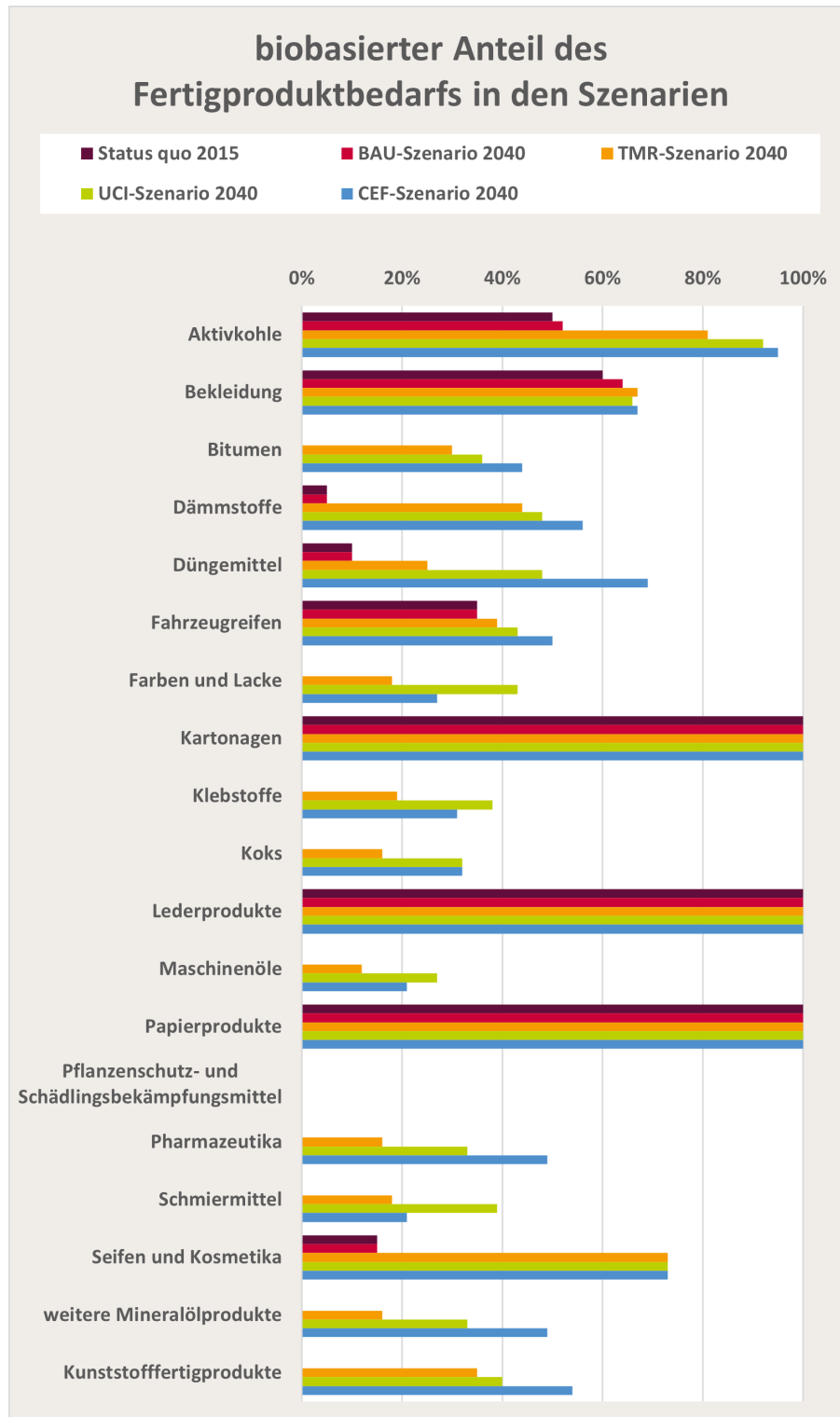
Abbildung 3: Fertigproduktbedarf in Österreich nach Inlandsproduktion, Importanteil, Inlandsverbrauch und Exportanteil (eigene Darstellung)



Wie in Abbildung 3 gut ersichtlich ist, gibt es bei den Fertigproduktgruppen Aktivkohle, Bekleidung, Fahrzeugreifen, Klebstoffe, Koks, Lederprodukte, Maschinenöle, Pharmazeutika, Schmiermittel, Seifen und Kosmetika sowie weitere Mineralölprodukte eine Importquote größer 50 %. Eine relativ niedrige Importquote weisen Kartonagen, Papierprodukte und Kunststofffertigprodukte auf. Auf der anderen Seite sind Dämmstoffe, Düngemittel, Lederprodukte, Papierprodukte, Pflanzenschutz- und

Schädlingsbekämpfungsmittel, Pharmazeutika sowie Schmiermittel Fertigproduktgruppen mit einer Exportquote größer 50 %.

Abbildung 4: Biobasierter Anteil des Fertigproduktbedarfs in den Szenarien (eigene Darstellung)



Diese Verhältnisse stellen den Status quo im Referenzjahr 2015 dar und wurden für die erstellten Szenarien nicht variiert, um die Vergleichbarkeit zu erhalten. Das heißt aber auch, dass zum Beispiel mit einem hohen Rohstoffbedarf für Pharmazeutika auch die hohen Import- und Exportquoten

mitabgedeckt sind und nicht nur die Eigenversorgung Österreichs dargestellt werden. Somit sind die gesamten wirtschaftlichen Aktivitäten der jeweiligen Industriesparte dargestellt, da davon ausgegangen wurde, dass diese auch zukünftig auftreten werden.

Ein wesentliches Ergebnis aus den Szenarien ist, wie sich der biobasierte Anteil in den drei Szenarien entwickelt. Diese Entwicklungen und als Referenz das BAU-Szenario (Business As Usual) und der Status quo sind in Abbildung 4 dargestellt.

Im TMR-Szenario (Technology & Market Readiness) zeigen sich die geringsten biobasierten Anteile, wenngleich diese im Vergleich zum BAU-Szenario deutliche Sprünge nach oben darstellen. Das UCI-Szenario (Utilisation Cascades Increase) stellt eine weitere Steigerung in puncto biobasierte Anteile dar. Im CEF-Szenario (Circular Economy Focus) sinkt dieser Anteil bei manchen Fertigproduktgruppen und steigert sich weiter bei anderen Gruppen. Dies liegt darin begründet, dass im UCI-Szenario durch die Erweiterung der Nutzungskaskaden mehr Druck darauf liegt, biobasierte Rohstoffe einzusetzen. Das zeigt sich vor allem bei den Fertigproduktgruppen Farben und Lacke, Klebstoffe, Maschinenöle und Schmiermittel, die trotz allgemein höheren biobasierten Anteiles im CEF-Szenario im UCI-Szenario den höheren spezifischen biobasierten Anteil aufweisen.

Aus den Stoffmengengerüsten, wie sie in den vorangegangenen Unterkapiteln beschrieben wurden, dem biobasierten Anteilen und den gewählten Technologiepfaden wurde der jeweilige zusätzliche biobasierte Rohstoffbedarf berechnet. Zusätzlich heißt in diesem Kontext, dass in allen drei Szenarien die Differenz zum BAU-Szenario (Business As Usual) gebildet wurde. Somit sind bereits weitestgehend vollständig biobasierte Industriesparten wie zum Beispiel die Papierindustrie gänzlich ausgeklammert worden. Ebenso bereits aktuell biobasierte Anteile.

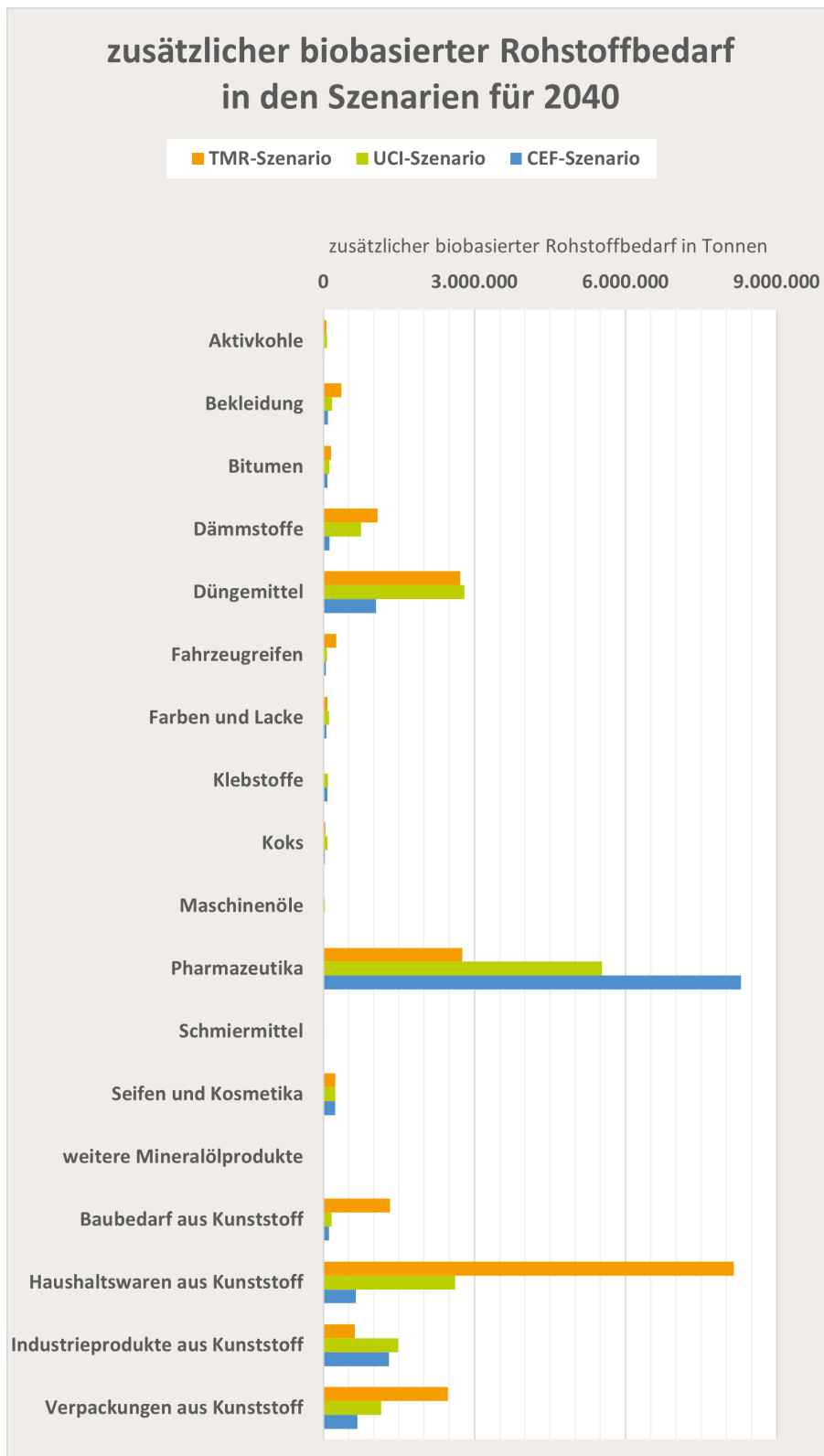
Abbildung 5 zeigt, dass der biobasierte Rohstoffbedarf für Pharmazeutika besonders hoch ausfällt. Dies liegt darin begründet, dass aufgrund der hohen Reinheit und vielfältigen teils hochkomplexen Verbindungen ein entsprechend hoher Konversionsfaktor angesetzt wurde. Da eine Kreislaufführung im engeren Sinn bei Pharmazeutika nicht möglich ist, steigt dieser Bedarf direkt proportional mit dem biobasierten Anteil in der Fertigproduktgruppe. Zu betonen ist, dass mit diesem Rohstoffbedarf nicht nur die aktuell rund 14.000 Tonnen Inlandsverbrauch an Pharmazeutika abgedeckt sind, sondern auch die knapp 102.000 Tonnen Exporte.

Weitere große Bedarfsmengen treten bei den Fertigproduktgruppen Haushaltswaren, Verpackungen, Industrieprodukte und Baubedarf aus Kunststoffen auf. Hier zeigten sich Technologiepfade auf Basis von Lignocellulose als deutlich rohstoffeffizienter. Selbstverständlich senken auch geschlossene Rohstoffkreisläufe den benötigten Rohstoffverbrauch deutlich.

Bei der Fertigproduktgruppe Düngemittel konnte im CEF-Szenario der Rohstoffbedarf durch ein konsequentes Recycling über Gülle und Klärschlamm deutlich reduziert werden.

Bei Dämmstoffen benötigt es ebenso klare Recyclingstrategien, die nicht als trivial angesehen werden sollten. Zum Beispiel bei Stroh als Dämmstoff muss dieses bis zur Weiterverwendung vollkommen trocken gelagert werden, was ein neuartiges Handling bei Abrissmaterial darstellt. Ebenso wäre etwa bei Dämmplatten aus expandiertem Polystyrol aus rückgewonnenem Kohlendioxid das Problem, dass diese in der Anwendung verklebt werden und somit ein einfacher Rückbau nach mehreren Jahrzehnten Einsatz kompliziert sein kann.

Abbildung 5: Zusätzlicher biobasierter Rohstoffbedarf in den Szenarien (eigene Darstellung)



6 Weiterführende Abschätzungen

Die Hauptergebnisse der vorliegenden Studie sind die Stoffmengengerüste in den einzelnen Szenarien. Darüber hinaus wurden Abschätzungen zu Arbeitsplatzeffekten und Klimaschutzeffekten der drei Szenarien erarbeitet. Diese sind mit relativ großen Unsicherheiten behaftet, da praktisch ausschließlich Verfahren und Prozesse beurteilt wurden, die noch nicht im finalen industriellen Maßstab angewandt werden. Somit konnten auch keine spezifischen Konversionsfaktoren für beide Effekte abgeleitet werden und es musste ein generischer Ansatz gewählt werden, der eine hinreichende Genauigkeit und Aussagekraft liefert.

6.1. Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte

Für die Berechnungen wurde das Verhältnis aus dem Jahr 2015 von Beschäftigten und dem Output in der chemischen Industrie herangezogen, um möglichst vergleichbar mit den breit gestreuten Verfahren in der „neuen“ biobasierten Industrie zu sein. Gleichzeitig wurde damit auch die innovative KMU-Landschaft abgebildet, die die chemische Industrie darstellt.

- Konversionsfaktor = 0,0140 Beschäftigte pro Tonne Fertigprodukt

Allgemein zeigte sich, dass – methodisch bedingt – bei jenen Industriesparten die größten Arbeitsplatzeffekte eintreten, bei denen auch die größten Produktionsvolumina in Österreich liegen. Diese finden sich bei den Fertigproduktgruppen Bitumen, Dämmstoffe und Kunststoffe.

Als die Anzahl der Beschäftigten wurde analog zur Statistik Austria tatsächlich die Anzahl der Beschäftigten und nicht etwa Vollzeitäquivalente herangezogen.

Für die drei Szenarien wurde für die neu hinzukommende biobasierte Industrie eine Spanne von 17.292 Beschäftigte im TMR-Szenario über 21.062 Beschäftigte im UCI-Szenario bis 26.656 Beschäftigte im CEF-Szenario berechnet. Diese Anzahl stellt die Beschäftigten in der biobasierten Industrie im Vergleich zum BAU-Szenario dar. Ob und wie viele „konventionelle“ Beschäftigte in der jeweiligen Industriebranche wegfallen, konnte mit dem generischen Ansatz nicht ermittelt werden und bräuchte einen branchenspezifischen Ansatz, um eine belastbare Aussagekraft zu haben.

Die detaillierten Berechnungsergebnisse können vollständig im Anhang eingesehen werden.

6.2. Abschätzung der Klimaschutzeffekte

Für die Berechnungen wurde das aktuelle Verhältnis der Treibhausgasemissionen in der Industrie (ohne Energiewirtschaft) und dem Output in der Industrie herangezogen. Darüber hinaus wurde abgeschätzt, dass die biobasierten Technologiepfade gegenüber der konventionellen Produktion

etwa 80 % der Treibhausgasemissionen¹ einsparen können. Dadurch konnte der Klimaschutzeffekt hinreichend genau für eine erste Aussage abgeschätzt werden.

- Konversionsfaktor = 1,4371 Tonnen eingesparte CO₂-Äquivalente pro Tonne Fertigprodukt

Mit dieser Abschätzung wurde ermittelt, dass eine Spanne an Emissionseinsparungen von 1,78 Mio. CO₂-Äquivalenten im TMR-Szenario über 2,16 Mio. CO₂-Äquivalente im UCI-Szenario bis hin zu 2,74 Mio. CO₂-Äquivalente im CEF-Szenario möglich sind. Das entspricht 11 bis 16 % der gesamten aktuellen Treibhausgase in der Industrie (Anderl, et al., 2022), die durch die zusätzlich hinzukommende biobasierte Industrie eingespart werden könnte.

Die detaillierten Berechnungsergebnisse können vollständig im Anhang eingesehen werden.

¹ Analog zur Treibhausgasinventur wurde das Einsparpotenzial für den Industriesektor abgeschätzt. Energie, Landwirtschaft, LULUCF und Abfälle sind hierbei andere Sektoren und damit nicht berücksichtigt, da auch dafür benötigte Einsparmaßnahmen in thematisch andere Bereiche fallen.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den Studienergebnisse folgt sehr klar, dass auch wenn keine konkrete Kreislaufstrategie verfolgt wird, möglichst hohe Recyclingquoten von zentraler Bedeutung sind. Zum Beispiel bei Bitumen wird dieses in einer postfossilen Gesellschaft eigens hergestellt oder ein entsprechender Ersatz gefunden werden müssen. Ohne Recycling mit entsprechend geringem Downcycling-Anteil wird der hohe Bitumenbedarf schnell zu einem Ressourcenproblem.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Kunststoffen oder auch anderen Fertigproduktgruppen mit hohen Einsatzmassen. **Design for Recycling** sollte somit auch bei einer Strategie mitgedacht werden, die eigentlich auf die Erweiterung der Nutzungskaskaden ausgerichtet ist. Im Detail werden diese Designanforderungen in den einzelnen Fertigproduktgruppen sehr unterschiedlich ausfallen. Dies lässt sich sehr plakativ beim Vergleich von beispielsweise Dämmstoffen und Düngemitteln aufzeigen. Während bei Dämmstoffen nach einer langen Nutzungsdauer die eingesetzten Produkte theoretisch auch unverändert wieder rückgebaut werden können, müssen Düngemittel bzw. die relevanten Nährstoffe chemisch aus Abwässern bzw. Klärschlämmen rückgewonnen werden. Die jeweiligen Recyclingstrategien und somit auch die Anforderungen an das Produktdesign unterscheiden sich dadurch erheblich. Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die jeweilige Produktgruppenstrategie wird damit sein, wie die Wertstoffe am Produktlebensende gesammelt und wieder rückgewonnen werden können.

Ein weiterer Einflussfaktor sollte sein, wie sich die Nutzungsphase ausgestaltet. **Littering** im engeren Sinn, also dem bewussten oder achtlosen unsachgemäßen Entsorgen von Abfällen in der Umwelt ist klarerweise so weit als möglich zu reduzieren. Littering im weiteren Sinn umfasst aber auch Abfälle, die in die Umwelt gelangen, obwohl angemessene Vorsichtsmaßnahmen getroffen wurden. Zum Beispiel bei Kunststofffolien in der Landwirtschaft lässt sich ein geringer Littering-Anteil nicht realistisch vermeiden. Hierbei liegt dann nahe, dass Kunststofffolien für die Landwirtschaft leicht biologisch abbaubar konzipiert werden, damit der im Stoffkreislauf verloren gegangene Anteil möglichst konsistent in natürliche Kreisläufe überführt werden kann.

Neben den Aspekten Effizienz und Konsistenz steht selbstverständlich auch die Suffizienz im Vordergrund. Da zukünftig von steigenden Materialkosten auszugehen ist, wird **materialeffizientes Design** immer relevanter werden. Hierbei braucht es eine gute Balance, um nicht etwa durch Verbundwerkstoffe die gute Recycling-Fähigkeit zu verlieren.

Generell zeigten die Arbeiten für die vorliegende Studie, dass bereits **zahlreiche Ansätze und Technologiepfade** vorhanden sind, um einen biobasierten Transformationspfad abbilden zu können. Lediglich bei der Fertigproduktgruppe Pharmazeutika fiel die Abbildung über Leitmaterialien besonders schwer, da es ein Bereich mit sehr diffusem Bild an Fertigprodukten ist. Somit lassen sich nicht einfach eine überschaubare Anzahl an typischen Fertigprodukten identifizieren.

Basierend auf den recherchierten Technologiepfaden und zukünftigen Produktbedarfen kristallisierten sich folgende **Rohstoffgruppen für die biobasierte Industrie**, die sich in den nächsten Jahren zusätzlich zur bestehenden biobasierten Industrie entwickeln wird, heraus:

- Zuckerrüben und Reststoffe aus der Zuckerrübenverarbeitung

- Lignocellulose als Haupt-, Neben- und Abfallprodukt
- Gülle und grüne Biomasse in möglichst kleinräumigen Kreisläufen
- Sonnenblumenkerne, Rapssamen, Leinsamen, Rhizinussamen usw.
- Abwässer direkt in Algenfarmen genutzt und Klärschlämme
- Kohlendioxid aus möglichst konzentrierten Abgasströmen bei z. B. Verbrennungsanlagen
- Pflanzenfasern, Pflanzenreststoffe und Stroh
- Altöle aus unterschiedlichsten Quellen
- Trester (feste Reststoffe beim Saftpressen von Obst und Gemüse)
- heimische Getreidesorten wie z. B. Weizen

Die vorliegende Studie wurde so konzipiert und publiziert, dass sie einerseits den **zukünftigen Rohstoffbedarf der biobasierten Industrie** hinreichend genau beziffern kann, um in der Diskussion der gesamten Bioökonomie einen wertvollen Beitrag zu leisten. Andererseits soll und kann die vorliegende Studie als Ausgangspunkt für **branchenspezifische Studie** sein, indem Bottom-Up-Studien ein gemeinsamer Rahmen präsentiert wird, sofern dieser für das jeweilige Studienkonzept anwendbar ist.

8 Verzeichnisse

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Biobasierter Anteil des Fertigproduktbedarfs in den Szenarien (eigene Darstellung)	9
Abbildung 2: Zusätzlicher biobasierter Rohstoffbedarf in den Szenarien (eigene Darstellung)	10
Abbildung 3: Fertigproduktbedarf in Österreich nach Inlandsproduktion, Importanteil, Inlandsverbrauch und Exportanteil (eigene Darstellung)	30
Abbildung 4: Biobasierter Anteil des Fertigproduktbedarfs in den Szenarien (eigene Darstellung)	31
Abbildung 5: Zusätzlicher biobasierter Rohstoffbedarf in den Szenarien (eigene Darstellung)	33

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Für die biobasierte Industrie in Österreich relevante Fertigproduktgruppen.....	14
Tabelle 2: Erarbeitete Parameter für die drei Szenarien	17
Tabelle 3: Stoffmengengerüst des TMR-Szenarios.....	18
Tabelle 4: Stoffmengengerüst des TMR-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe)	21
Tabelle 5: Stoffmengengerüst des UCI-Szenarios	22
Tabelle 6: Stoffmengengerüst des UCI-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe).....	25
Tabelle 7: Stoffmengengerüst des CEF-Szenarios	26
Tabelle 8: Stoffmengengerüst des CEF-Szenarios (Detailtabelle Kunststoffe).....	29

8.3. Literaturverzeichnis

Allesch, A. et al., 2019. *Energie- und Ressourceneinsparung durch Urban Mining-Ansätze*, Wien: TU Wien & Energieinstitut an der JKU Linz.

Amtmann, M. et al., 2014. *Dämmstoffe richtig eingesetzt - Eignung, Anwendung und Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Anderl, M. et al., 2022. *Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2020*, Wien: s.n.

Arnold, K. et al., 2011. *BioCouple - Kopplung der stofflich/energetischen Nutzung von Biomasse*, Wuppertal, Oberhausen & Darmstadt: Fraunhofer UMSICHT, Öko-Institut e.V. & Wuppertal Institut.

Austria, S., 2021. *Konjunkturerhebung im produzierenden Bereich - Zusammengefasste Güterlisten*, Wien: Statistik Austria.

Bacovsky, D. & Matschegg, D., 2019. *Bioenergy in Austria*, Graz: BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies.

BAFU, 2017. *Phosphor-Recycling: Ein wichtiger Rohstoffkreislauf wird geschlossen*, Zürich: Website des Bundesamts für Umwelt der schweizerischen Eidgenossenschaft.

Bauchmüller, V. et al., 2021. *BioSinn - Steckbriefe sinnvoll biologisch abbaubarer Produkte auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen*, Hürth: nova-Institut für politische und ökologische Innovation.

Becker, N., 2021. *BioPolyDat-Etablierung eines interaktiven Online-Berechnungswerkzeugs zum Flächen- und Rohstoffbedarf von biobasierten Kunststoffen*, Hannover: IfBB-Webinarreihe: „Biowerkstoffe im Fokus!“.

Bishop, G., Styles, D. & Lens, P., 2021. *Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions*, Galway & Limerick: Elsevier - Resources, Conservation & Recycling.

BMBWF, BMK & BMDW, 2020. *Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht 2020*, Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort.

BMK, 2011. *Entwicklung der dem Marktverbrauch zugeführten Erdölprodukte im Monats- und Vorjahresvergleich*, Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

BMLFUW, 2016. *Grüner Bericht 2016 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

BMLRT, 2021. *Grüner Bericht 2021 - Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*, Wien: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

BMNT, BMBWF & BMVIT, 2019. *Bioökonomie - Eine Strategie für Österreich*, Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus; Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

BMNT, 2019. *Grüner Bericht 2019 - Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*, Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

BMWA, 2006. *Entwicklung der dem Marktverbrauch zugeführten Erdölprodukte im Monats- und Vorjahresvergleich*, Wien: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.

Bridgestone, 2012. *Environmental Commitment and Performance - Bridgestone Europe | 2012*, Zaventem: Bridgestone Europe.

Brunner, C. et al., 2019. *Abwasserreinigung zur hybriden Energiespeicherung, Energiebereitstellung und Wertstoffgewinnung*, Gleisdorf: AEE, StadtLABOR, Nowak Abwasser Beratung, EnviCare Engineering im Projekt AR-HES-B.

Calderon, B., Soule, J. & Sobkowicz, M., 2018. *Synthesis and characterization of compatibilizers for blends of polypropylene carbonate and polybutylene succinate via free-radical grafting of maleic anhydride*, Lowell: Journal of Applied Polymer Science.

- Carus, M., de Guzman, D. & Käb, H., 2021. *Bio-based Naphtha and Mass Balance Approach*, Hürth: nova Institute for Ecology and Innovation.
- Carus, M. et al., 2019. *Hitchhiker's Guide to Carbon Capture and Utilisation*, Hürth: nova paper #11 on bio- and CO₂-based economy, 2019-02.
- Cataldo, F., Ursini, O. & Angelini, G., 2013. *Biodiesel as a Plasticizer of a SBR-Based Tire Tread Formulation*, Viterbo & Rom: Hindawi.
- Cespi, D., Passarini, F., Vassura, I. & Cavani, F., 2016. *Butadiene from biomass, a life cycle perspective to address sustainability in the chemical industry*, s.l.: Royal Society of Chemistry - Green Chemistry.
- Creutzig, F. et al., 2021. *Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being*, Journal: Nature Climate Change.
- Dahmen, N., Henrich, E., Dinjus, E. & Weirich, F., 2012. *The bioliq[®] bioslurry gasification process for the production of biosynfuels, organic chemicals, and energy*, Karlsruhe: Springer - Energy, Sustainability and Society.
- Davies, P. & de Guzman, D., 2017. *Replacing Existing Petro-Chemicals With Bio-Based Alternatives*, Montreal: Tecnon OrbiChem, Präsentation auf der Bio World Congress Montreal July 2017.
- Davis, S. et al., 2016. *Closing the loop: integrative systems management of waste in food, energy, and water systems*, Athens (USA): Springer.
- de Guzman, D., 2019. *Bio-Based Chemicals Review*, Vancouver: Tecnon OrbiChem, Präsentation auf der 2019 PCA International Conference.
- Dedes, G., Karnaouri, A. & Topakas, E., 2020. *Novel Routes in Transformation of Lignocellulosic Biomass to Furan Platform Chemicals: From Pretreatment to Enzyme Catalysis*, Athen: MDPI catalysts.
- Deloitte, 2016. *Deloitte Sustainability - Circular economy potential for climate change mitigation*, s.l.: Deloitte.
- Demacsek, C., 2019. *Dämmstoffmarkt stagniert - Markterhebung 2018: Neubau überdeckt Manko bei der Sanierung*, Oberwaltersdorf: Presseaussendung GDI 2050.
- Demacsek, C., 2021. *Dämmstoffmarkt trotz Corona - Markterhebung 2020: Schaumstoffe und alternative Dämmstoffe kamen am besten durch die Pandemie, Mineralwolle mit deutlichem Minus*, Oberwaltersdorf: Presseaussendung GDI 2050.
- Die neue Volkspartei & Die Grünen - Die Grüne Alternative, 2020. *Aus Verantwortung für Österreich*, Wien: Regierungsprogramm 2020-2024.
- Draut, F. et al., 2021. *Study of the Direct CO₂ Carboxylation Reaction on Supported Metal Nanoparticles*, Lille & Rio de Janeiro: MDPI catalysts.
- Duan, P. & Savage, P., 2011. *Hydrothermal Liquefaction of a Microalga with Heterogeneous Catalysts*, Ann Arbor: Ind. Eng. Chem. Res. 2011, 50, 52–61.

E4tech, Wageningen, btg, FNR & ICONS, kein Datum *Biorefinery Outlook*, s.l.: Präsentation auf einem Stakeholder Workshop.

E4tech, 2017. *Ramp up of lignocellulosic ethanol in Europe to 2030*, London: E4tech.

EBC, 2012. *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar*, Arbaz: European Biochar Foundation (EBC).

EC, 2018. *Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings*, Brüssel: European Commission.

EC, 2019. *Insights into the European market for bio-based chemicals*, Brüssel: European Commission.

EC, 2020. *Distribution of the bio-based industry in the EU*, Brüssel: European Commission.

EC, 2020. *EU Agricultural Outlook - for markets, income and environment 2020-2030*, Brüssel: European Commission.

EC, 2021. *Carbon economy - Studies on support to research and innovation policy in the area of bio-based products and services*, Brüssel: European Commission.

EC, 2021. *EU Biorefinery Outlook to 2030*, Brüssel: European Commission.

EC, 2021. *The use of woody biomass for energy production in the EU*, Brüssel: European Commission.

Endres, H.-J., Mudersbach, M., Behnsen, H. & Spierling, S., 2020. *Biokunststoffe unter dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit und Kommunikation*, Wiesbaden: Springer.

ETRma, 2019. *Sustainable Natural Rubber & European Commission Deforestation Agenda*, s.l.: European Tyre & Rubber manufacturers' association.

Europäische Kommission, 2019. *Der europäische Grüne Deal*, Brüssel: Europäische Kommission - COM(2019) 640 final.

Europäische Kommission, 2020. *Eine neue Industriestrategie für Europa*, Brüssel: Europäische Kommission - COM(2020) 102 final.

Europäische Kommission, 2020. *EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 - Mehr Raum für die Natur in unserem Leben*, Brüssel: Europäische Kommission, COM(2020) 380 final.

European Bioplastics, 2019. *Criteria for switching products to certified compostable plastics*, s.l.: European Bioplastics.

Faeth, J., Savage, P., Jarvis, J. & McKenna, A., 2016. *Characterization of Products from Fast and Isothermal Hydrothermal Liquefaction of Microalgae*, Ann Arbor, Tallahassee & University Park: Wiley Online Library.

Fan, L., Chen, Y., Wang, L. & Jiang, W., 2011. *Adsorption of Pb(II) Ions from Aqueous Solutions by Pyrolusite-modified Activated Carbon Prepared from Sewage Sludge*, Chengdu: Sichuan University.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, 2020. *The State of Food Security and Nutrition in the World*, Rome: FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO.

FCIO, 2021. *Entwicklung der österreichischen Lack- und Anstrichmittelindustrie*, Wien: Fachverband Chemische Industrie Österreich (FCIO) - Berufsgruppe Lackindustrie.

Fertilizers Europe, kein Datum *Forecast of food, farming and fertilizer use in the European Union 2020-2030*, Brüssel: Fertilizers Europe.

Fertilizers Europe, kein Datum *Paving the way to green ammonia and low-carbon fertilizers*, Brüssel: Fertilizers Europe.

Fonts, I. et al., 2012. *Sewage sludge pyrolysis for liquid production: A review*, Zaragoza: Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Freudenschuß, A., 2020. *Österreichs Wald: Entwicklung und Potenziale laut Österreichischer Waldinventur*, Wien: Bundesforschungszentrum für Wald, Institut für Waldinventur.

Frischenschlager, H., Reinberg, V. & Kisser, J., 2018. *Roadmap 2050 Biobasierter Kunststoff - Kunststoff aus nachwachsenden Rohstoffen*, Wien: Umweltbundesamt & alchemia-nova.

Galadima, A. & Muraza, O., 2018. *Hydrothermal liquefaction of algae and bio-oil upgrading into liquid fuels: Role of heterogeneous catalysts*, Dhahran: Elsevier - Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Gallezot, P., 2012. *Conversion of biomass to selected chemical products*, s.l.: Royal Society of Chemistry.

Ganglberger, E., Sturm, T., Zahradnik, G. & Scherngell, T., 2017. *Quantitative Indikatoren für die Biobasierte Industrie in Österreich*, Wien: ÖGUT & AIT.

Gay, M., Pope, B. & Wharton, J., 2011. *Propylene from biomass*, Philadelphia: University of Pennsylvania Scholarly Commons.

Glatzl, W. et al., 2017. *Planungsleitfaden Energie und Wertstoffe aus Abwasser*, Gleisdorf: AEE INTEC, StadtLABOR, Nowak Abwasser Beratung & EnviCare Engineering.

Großmann, A., Wolter, M., Hinterberger, F. & Püls, L., 2020. *Die Auswirkungen von klimapolitischen Maßnahmen auf den österreichischen Arbeitsmarkt*, Osnabrück & Wien: GWS.

Hagauer, D., Lang, B., Pasteiner, C. & Nemestothy, K., 2009. *Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnungen*, Wien: Österreichische Energieagentur.

Harmsen, P., Hackmann, M. & Bos, H., 2013. *Green building blocks for bio-based plastics*, Wageningen: Wiley Online Library.

Heinrich, L., 2019. *Future opportunities for bio-based adhesives – advantages beyond renewability*, s.l.: Royal Society of Chemistry - Green Chemistry.

Hennig, M. & Haase, M., 2021. *Techno-economic analysis of hydrogen enhanced methanol to gasoline process from biomass-derived synthesis gas*, Karlsruhe: Elsevier - Fuel Processing Technology.

- Hermann, B. & Patel, M., 2006. *Today's and Tomorrow's Bio-Based Bulk Chemicals From White Biotechnology*, Utrecht: Utrecht University.
- Hernández, A., Labady, M. & Laine, J., 2014. *Granular Activated Carbon from Wood Originated from Tropical Virgin Forest*, Caracas: Open Journal of Forestry.
- Hietler, P. & Pladerer, C., 2018. *Lebensmittelabfälle in Österreich*, Wien: pulswerk im Auftrag von WWF Österreich.
- Höher, M., 2019. *Die österreichische Waldinventur*, Wien: Österreichische Energieagentur.
- Höher, M. & Strimitzer, L., 2017. *Regionales Energieholz vom Biomassehof - Wertschöpfung durch Holzmobilisierung im Kleinwald*, Wien: Österreichische Energieagentur.
- Höher, M. & Strimitzer, L., 2019. *Stoffliche und energetische Verwendung von Holzabfällen*, Wien: Österreichische Energieagentur.
- Hulea, V., 2018. *Toward Platform Chemicals from Bio-Based Ethylene: Heterogeneous Catalysts and Processes*, Montpellier: Institut Charles Gerhardt Montpellier.
- IfBB, 2020. *Biopolymers - facts and statistics*, Hannover: IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites.
- Johnson, E., 2017. *A carbon footprint of HVO biopropane*, s.l.: Wiley Online Library.
- Kähler, F., Carus, M., Porc, O. & vom Berg, C., 2021. *Turning off the Tap for Fossil Carbon*, Hürth: nova Institute for Ecology and Innovation.
- Kalt, G., 2016. *BioTransform.at*, Wien: Österreichische Energieagentur, TU Wien, Alpen-Adria-Universität, BOKU Wien, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, energieautark consulting.
- Kalt, G. et al., 2016. *Transformation scenarios towards a low-carbon bioeconomy in Austria*, Wien: Austrian Energy Agency, Alpen Adria Universität, TU Wien, BOKU Wien, AREC Raumberg-Gumpenstein, Energieautark consulting.
- Kalt, G., Kaufmann, L., Kastner, T. & Krausmann, F., 2021. *Tracing Austria's biomass consumption to source countries: A product-level comparison between bioenergy, food and material*, Wien & Frankfurt: Elsevier - Ecological Economics.
- Karatzos, S., van Dyk, S., McMillan, J. & Saddler, J., 2016. *Drop-in biofuel production via conventional (lipid/fatty acid) and advanced (biomass) routes. Part I*, Vancouver & Denver: Wiley Online Library.
- KEMIAN TEOLLISUUS, SITRA, BUSINESS FINLAND, accenture, 2020. *Sustainable and circular business models for the chemical industry*, Helsinki: KEMIAN TEOLLISUUS, SITRA, BUSINESS FINLAND, accenture.
- Khanmohammadi, M., Amani, S., Garmarudi, A. & Niaei, A., 2016. *Methanol-to-propylene process: Perspective of the most important catalysts and their behavior*, Qazvin & Tabriz: Elsevier - Chinese Journal of Catalysis 37.

- Khirsariya, P. & Mewada, R., 2013. *Single step oxidation of methane to methanol - towards better understanding*, Ahmedabad: Elsevier - Procedia Engineering 51 (2013) 409 – 415.
- Kim, M., Joeng, I., Park, S. & Kim, J., 2019. *Analysis of environmental impact of activated carbon production from wood waste*, Anaheim & Seoul: Environmental Engineering Research.
- Kircher, M., 2021. *Bioeconomy – present status and future needs of industrial value chains*, Frankfurt: Elsevier - New Biotechnology.
- Kohli, K., Prajapati, R. & Sharma, B., 2019. *Bio-Based Chemicals from Renewable Biomass for Integrated Biorefineries*, Urbana-Champaign & Dehradun: MDPI energies.
- Kruzler, T. et al., 2017. *Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050, Synthesebericht 2017*, Wien: Umweltbundesamt, Austrian Energy Agency, Cesar/WIFO, Energy Economics Group / e-think, IVT / TU Graz, IVV / TU Wien.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2015. *Mittlere Nährstoffgehalte organischer Dünger (Richtwerte, Stand: Januar: 2014)*, Münster: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- Latimer, A., Kakekhani, A., Kulkarni, A. & Norskov, J., 2018. *Direct Methane to Methanol: The Selectivity–Conversion Limit and Design Strategies*, Stanford: ACS Catalysis.
- Lexer, M. et al., 2014. *Auswirkungen des Klimawandels auf die Holzproduktion in Österreich - CCCA Fact Sheet #11 / 2014*, Wien: Climate Change Centre AUSTRIA.
- Lexer, M., Rabitsch, W. & Grabherr, G., 2014. *Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen (Band 2, Kapitel 3, AAR14)*, Wien: Austrian Panel on Climate Change.
- Li, C. et al., 2020. *Limonene-derived polycarbonates as biobased UV-curable (powder) coating resins*, Eindhoven, Stockholm, Zwolle & Groningen: Elsevier - Progress in Organic Coatings.
- Liu, J. et al., 2020. *Biomass Pyrolysis Technology by Catalytic Fast Pyrolysis, Catalytic Co-Pyrolysis and Microwave-Assisted Pyrolysis: A Review*, Tianjin: MDPI catalysts.
- Luinstra, G. & Borchardt, E., 2011. *Material Properties of Poly(Propylene Carbonates)*, Hamburg: Springer.
- Magalhaes, S. et al., 2019. *Brief Overview on Bio-Based Adhesives and Sealants*, Coimbra, Faro & Sundsvall: MDPI polymers.
- Maguire, C. et al., 2017. *Food in a green light - A systems approach to sustainable food*, Kopenhagen: European Environment Agency.
- Mandl, M., Hesser, F. & Lindorfer, J., 2020. *IEA Bioenergie Task 42: Bioraffinerien in der Kreislaufwirtschaft*, Wien: tbw research, Kompetenzzentrum Holz, Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz.
- Mazlan, M. et al., 2016. *Activated Carbon from Rubber Wood Sawdust by Carbon Dioxide Activation*, Seri Iskandar & Okayama: Elsevier - Procedia Engineering 148 (2016) 530 – 537.
- Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H. & Mondschein, A., 2021. *Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives*, Freiberg: MDPI coatings.

Mitter, H. et al., 2014. *Auswirkungen des Klimawandels auf die pflanzliche Produktion in Österreich - CCCA Fact Sheet #2 / 2014*, Wien: Climate Change Centre AUSTRIA.

Morales-Huerta, J., Martinez de Ilarduya, A. & Munoz-Guerra, S., 2016. *Poly(alkylene 2,5-furandicarboxylate)s (PEF and PBF) by ring opening polymerization*, Barcelona: Elsevier - Polymer.

Moretti, C., Junginger, M. & Shen, L., 2020. *Environmental life cycle assessment of polypropylene made from used cooking oil*, Utrecht: Elsevier - Resources, Conservation & Recycling.

Mu'azu, N., Jarrah, N., Zubair, M. & Alagha, O., 2017. *Removal of Phenolic Compounds from Water Using Sewage Sludge-Based Activated Carbon Adsorption: A Review*, Dammam & Karak: International Journal of Environmental Research and Public Health.

Mundzeck, L. & Siebert-Raths, A., 2020. *Biowerkstoffe: Einsatzgebiete, Rohstoffe, Markt, Rahmenbedingungen, Recycling*, Hannover: Hochschule Hannover - Institut für Biokunststoffe und Bioverbundstoffe.

Neunteufel, R. et al., 2014. *Auswirkungen des Klimawandels auf den österreichischen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssektor - CCCA Fact Sheet #7 / 2014*, Wien: Climate Change Centre AUSTRIA.

Obernosterer, R. & Reiner, I., 2003. *„Stickstoffbilanz Österreich“. Beitrag der Abfallwirtschaft zum Stickstoffhaushalt Österreichs*, Villach: RMA Ressourcen Management Agentur.

Oftner, M., Lenz, K. & Zieritz, I., 2020. *Kommunales Abwasser*, Wien: Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

Ögmundarson, O., Sukumara, S., Laurent, A. & Fantke, P., 2019. *Environmental hotspots of lactic acid production systems*, Lyngby: GCB Bioenergy.

Ökosozielles Forum, kein Datum *Unter der Lupe: Land- und Forstwirtschaft von heute*, Wien: Im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

Pagilla, K., Czerwionka, K., Urgun-Demirtas, M. & Makinia, J., 2008. *Nitrogen speciation in wastewater treatment plant influents and effluents—the US and Polish case studies*, Chicago & Danzig: WST - Water Science & Technology.

Panchaksharam, Y. et al., 2019. *Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards a Bioeconomy*, Hürth: E4tech, nova-Institute, BTG & DECHEMA.

Pappas, D. et al., 2017. *Methane to Methanol: Structure–Activity Relationships for Cu-CHA*, Oslo: Journal of the American Chemical Society.

Parcheta, P. & Datta, J., 2017. *Structure analysis and thermal degradation characteristics of bio-based poly(propylene succinate)s obtained by using different catalyst amounts*, Danzig: Springer.

Patel, M. et al., 2017. *Second-generation bio-based plastics are becoming a reality – Non-renewable energy and greenhouse gas (GHG) balance of succinic acid-based plastic end products made from lignocellulosic biomass*, Geneva, Québec, Bedford, Guildford, London, Utrecht & Aberystwyth: Wiley Online Library.

Pfemeter, C., 2020. *Holzvergasung als Option für Schadholzbewältigung, Erdölfreie Landwirtschaft und Erdgassubstitution*, Wien: Österreichischer Biomasse-Verband.

Pfemeter, C., kein Datum *Rohstoffpotenziale für die Holzvergasung*, Präsentationsfolien: Österreichischer Biomasse-Verband.

PlasticsEurope, 2020. *Plastics - the Facts 2020*, Brüssel: PlasticsEurope.

Pollak, H. & Greschonig, G., 2015. *Phosphor und Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasser*, Graz: Stadt Graz Umweltamt.

Pomalaza, G., Ponton, P., Capron, M. & Dumeignil, F., 2020. *Ethanol-to-butadiene: the reaction and its catalysts*, s.l.: Royal Society of Chemistry - Catalysis Science & Technology.

Reinberg, V. et al., 2020. *AUSTRIAN BIOCYCLES: Biobasierte Industrie als Bestandteil der Kreislaufwirtschaft*, Wien: im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

Reiter, G. & Lindorfer, J., 2015. *Evaluating CO₂ sources for power-to-gas applications – A case study for Austria*, Linz: ELSEVIER - Journal of CO₂ Utilization.

Rieck, F. et al., 2019. *Methanol-to-Olefins in a Membrane Reactor with in situ Steam Removal – The Decisive Role of Coking*, Hannover: CHEMCATCHEM.

Rodriguez-Vallejo, D., Guillen-Gosalbez, G. & Chachuat, B., 2020. *What is the True Cost of Producing Propylene from Methanol? The Role of Externalities*, London & Zürich: Imperial College London & Swiss Federal Institute of Technology.

Rolland, A. et al., 2020. *Biobased bitumen analogue formation during hydrothermal treatment of microalgae residues, part 1: Influence of reaction enthalpy on the process*, Carquefou, Bouguenais & Saint Nazaire: Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.

Rossetti, I. et al., 2017. *Ethylene production via catalytic dehydration of diluted bioethanol: A step towards an integrated biorefinery*, Mailand, Genua, Perugia & Paris: Elsevier - Applied Catalysis B: Environmental.

Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F. & Milota, E., 2015. *Ressourcennutzung in Österreich*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft & Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

Scherk, J. & Pöchlacker-Tröscher, G., 2018. *Internationale Trends und Zukunftsthemen, Update 2018 - Globale Trends und aktuelle Entwicklungen*, Linz: im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Schlaffer, M., 2016. *Carbon Storage Potential of Innovative Harvested Wood Products in Austria: Material Flow Analysis*, Wien: Masterarbeit an der BOKU Wien.

Schneider, H. et al., 2020. *Österreichische Umwelttechnik-Wirtschaft*, Wien: Industriewissenschaftliches Institut & Pöchlacker Innovation Consulting.

- Schwaderer, F., 2012. *Integrierte Standort-, Kapazitäts- und Technologieplanung von Wertschöpfungsnetzwerken zur stofflichen und energetischen Biomassenutzung*, Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie.
- Schwaiger, E. et al., 2015. *Wirtschaftliche Bedeutung von Ökosystemleistungen - Monetäre Bewertung: Risiken und Potenziale*, Wien: Umweltbundesamt.
- Siracusa, V. & Blanco, I., 2020. *Bio-Polyethylene (Bio-PE), Bio-Polypropylene (Bio-PP) and Bio-Poly(ethylene terephthalate) (Bio-PET): Recent Developments in Bio-Based Polymers Analogous to Petroleum-Derived Ones for Packaging and Engineering Applications*, Catania: MDPI polymers.
- SITRA, 2020. *How to create a circular economy road map*, Helsinki: SITRA.
- SITRA, 2021. *How does the circular economy change jobs in Europe?*, Helsinki: SITRA (working paper).
- Stangl, M. et al., 2020. *Klimastatusbericht Österreich 2020*, Wien: Climate Change Centre AUSTRIA.
- Statistik Austria, 2021. *Energiebilanz Österreich 1970-2020*, Wien: Statistik Austria.
- Steffl, T., Kisser, J., Reinberg, V. & Sajtos, B., 2018. *Stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen mit Blick auf eine biobasierte Substitution in Österreich*, Wien: im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Steininger, K. et al., 2020. *Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns*, Graz: Wegener Center Research Briefs 1 / 2020.
- Stejskal-Tiefenbach, M. et al., 2014. *Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Stoifl, B. et al., 2017. *Kunststoffabfälle in Österreich - Aufkommen & Behandlung*, Wien: Umweltbundesamt.
- Strimitzer, L. et al., 2015. *Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe*, Wien: Österreichische Energieagentur.
- Tan, E. et al., 2015. *Conceptual process design and economics for the production of high-octane gasoline blendstock via indirect liquefaction of biomass through methanol/dimethyl ether intermediates*, Golden, Richland & Centennial: Wiley Online Library.
- Tretter, H., 2018. *Nachhaltiges Wirtschaften mit (Energie-)Holz*, Wien: Österreichische Energieagentur.
- Trippe, F., 2013. *Techno-ökonomische Bewertung alternativer Verfahrenskonfigurationen zur Herstellung von Biomass-to-Liquid (BtL) Kraftstoffen und Chemikalien*, Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Tsang, D., Lai, K. & Lo, I., 2008. *Conversion of wood waste into activated carbon and its application*, Canterbury, Austin & Hong Kong: University of Canterbury, The University of Texas at Austin, The Hong Kong University of Science and Technology.
- UN, 2019. *The State of Food and Agriculture - Moving forward on Food Loss and Waste Reduction*, Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- van den Oever, M., Molenveld, K., van der Zee, M. & Bos, H., 2017. *Bio-based and biodegradable plastics - Facts and Figures, Focus on food packaging in the Netherlands*, Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research number 1722.
- van Dyk, S., Su, J., McMillan, J. & Saddler, J., 2018. *Potential synergies of drop-in biofuel production with further co-processing at oil refineries*, Vancouver & Golden: Wiley Online Library.
- Veigl, A., 2017. *Energie- und Klimazukunft Österreich - Szenario für 2030 und 2050*, Wien: WWF Österreich, GLOBAL 2000 & Greenpeace.
- Wagner, M., 2017. *Untersuchung der Flüsse und Lager von Textilien in Österreich*, Wien: Masterarbeit an der BOKU Wien.
- Windsperger, A. & Windsperger, B., 2019. *Möglichkeiten und Grenzen eines forcierten Einsatzes von biobasierten Produkten in Österreich*, St. Pölten: Institut für industrielle Ökologie.
- WKO, 2010. *Mineralölbericht 2010*, Wien: Fachverband der Mineralölindustrie (FVMI).
- WKO, 2015. *Branchenreport Mineralöl 2015*, Wien: WKO - Fachverband der Mineralölindustrie.
- WKO, 2019. *Branchenreport Mineralöl 2019*, Wien: WKO - Fachverband der Mineralölindustrie.
- WKO, 2020. *Branchenprofil - Die Ledererzeugende Industrie 2020*, Wien: Fachverband der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie.
- Woolf, D. et al., 2017. *An open-source biomass pyrolysis reactor*, Ithaca (USA), Sydney, Syracuse, Adelaide & Tübingen: Wiley Online Library.
- Yusufu, M., Ariahu, C. & Igbabul, B., 2012. *Production and characterization of activated carbon from selected local raw materials*, Idah & Makurdi: African Journal of Pure and Applied Chemistry Vol. 6(9), pp. 123-131, 15 May.
- Zadeh, Z., Abdulkhani, A., Aboelazayem, O. & Saha, B., 2020. *Recent Insights into Lignocellulosic Biomass Pyrolysis: A Critical Review on Pretreatment, Characterization, and Products Upgrading*, London, Karaj & Nottingham: MDPI processes.
- Zwart, H., Krabbenborg, L. & Zwier, J., 2015. *Is Dandelion Rubber More Natural? Naturalness, Biotechnology and the Transition Towards a Bio-Based Society*, Nijmegen: Springer.

9 Anhang

- Fertigproduktgruppen im Stoffmengengerüst
- Stoffmengengerüst des BAU-Szenarios
- Stoffmengengerüst des TMR-Szenarios
- Stoffmengengerüst des UCI-Szenarios
- Stoffmengengerüst des CEF-Szenarios
- Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte
- Abschätzung der Klimaschutzeffekte
- Fragenkatalog zur ExpertInnen-Einbindung

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)