

Stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen mit Blick auf eine biobasierte Substitution in Österreich

Gesamthafte Abschätzung der stofflichen Nutzung von fossilen Rohstoffen in Österreich mit besonderem Fokus auf die Überleitung in eine flächen-deckende biobasierte Industrie

T. Steffl
J. Kisser
V. Reinberg
B. Sajtos

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

3/2018

Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

www.NachhaltigWirtschaften.at

Stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen mit Blick auf eine biobasierte Substitution in Österreich

Gesamthafte Abschätzung der stofflichen Nutzung von fossilen
Rohstoffen in Österreich mit besonderem Fokus auf die
Überleitung in eine flächendeckende biobasierte Industrie

Ing. Thomas Steffl, MSc.
scenario editor

DI Johannes Kisser
DI (FH), Mag. Veronika Reinberg
Bettina Sajtos, BSc.
alchemia-nova

Wien, April 2018

Ein Projektbericht im Rahmen der FTI Initiative

Produktion der Zukunft

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

VORWORT

Die umfassende und exzessive Nutzung fossiler und nicht erneuerbarer Ressourcen hat vor allem in den Industrienationen lange Zeit für ein kontinuierliches wirtschaftliches Wachstum gesorgt. Heute allerdings stellt diese Handlungsweise die Weltgemeinschaft vor große Herausforderungen, die im 21. Jahrhundert gelöst werden müssen – seien es der Klimawandel, die globale Umweltverschmutzung oder die allgemeine Verknappung der Ressourcen.

Speziell die EU-Mitgliedstaaten liefern sich aufgrund ihrer hohen Rohstoffimportabhängigkeit (z. B. betreffend Erdöl und Erdgas) der immer stärkeren Konkurrenz auf dem Weltmarkt aus. Mit ressourceneffizienter und nachhaltiger Nutzung biogener Rohstoffe gibt es für die Wirtschaft vielfältig nutzbare Alternativen.

Nachhaltigen Industriekonzepten wird zur Lösung eingangs genannter Herausforderungen eine entscheidende Rolle zugesprochen, die biobasierte Industrie wird hierbei ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor sein. Diese ermöglicht die Umwandlung (Konversion) nachwachsender Rohstoffe in hochwertige Produkte und erzeugt so zusätzlichen Mehrwert. Die zielgerichtete Forschung und Entwicklung für den Ausbau der biobasierten Industrie gewährleistet Wertschöpfung im nationalen und europäischen Raum und somit realen Mehrwert für die regionale und lokale Nutzung der Rohstoffe und den Einsatz heimischer Fach- und Arbeitskräfte.

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 eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft unterstützt werden, welche – neben der kaskadischen Nutzung – auf die Rückführung von biogenem Material in den Produktionskreislauf und die Verwertung von Reststoffen abzielt.

Der vorliegende Bericht dokumentiert in umfassender Weise die Ergebnisse eines Projekts im Themenbereich „Biobased Industry“ im Rahmen der FTI Initiative „Produktion der Zukunft“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Unsere Motivation ist es, kontinuierlich Ergebnisse geförderter Projekte zentral und themenübergreifend zugänglich zu machen. Damit geben wir einen Anstoß zur Lösung unserer großen gesellschaftlichen Herausforderungen und folgen dem Ziel des bmvit, 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
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Zusammenfassung

2015 wurden nach Österreich rund 5.800 kt fossile Rohstoffe und Produkte¹ für die stoffliche Nutzung (ohne Energie) importiert. Hinzu kamen rund 150 kt fossile Rohstoffe (Erdöl und Erdgas) aus dem Inland. Daraus wurden rund 2.750 kt an fossilen Produkten für die Verwendung im Inland und rund 2.950 kt für den Export gefertigt.

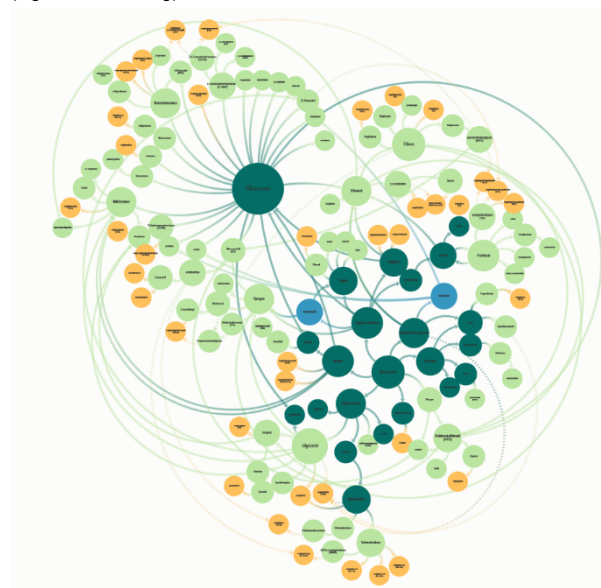
Betrachtet man den Materialeinsatz (Produktion plus Importe minus Exporte) für die stoffliche Nutzung im Detail, zeigen sich als die massenbezogen größten Produktanwendungen:

- 1.107 kt Kunststoffe in Primärform (davon 408 kt für Kunststoffverpackungen und 334 kt für Industrieprodukte aus Kunststoff),
- 561 kt Bitumen,
- 548 kt acyclische Kohlenwasserstoffe (zum Teil für die Herstellung von Kunststoffen) und
- 449 kt Kunstharze.

Zur Unterstützung der biobasierten Substitution dieser Mengen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie einerseits die Mengenströme der stofflichen Nutzung von fossilen Rohstoffen in Österreich für das Referenzjahr 2015 zusammengetragen und analysiert sowie andererseits biobasierte Technologiepfade in einer breit angelegten Literaturrecherche gesammelt und ausgewertet.

Ein wesentliches Ergebnis dieser Technologie-recherche ist ein interaktives Beziehungsdiagramm, welches die möglichen Produktionsketten von biobasierten Rohstoffen hin zu Fertigprodukten übersichtlich und nachvollziehbar darstellt.

Abbildung 1 Screenshot² des interaktiven Beziehungsdiagramms (eigene Darstellung)



Darüber hinaus wurde eine vollständige Überleitung in die biobasierte Industrie für Österreich in drei stark vereinfachten Szenarien abgeschätzt. Die Szenarien hatten zum Ziel, herauszuarbeiten welchen Flächenbedarf eine vollständig biobasierte Industrie in Österreich bedeuten kann – trotz möglichst flächeneffizienter biobasierter Technologiepfade.

Die Szenarioergebnisse weisen einen Flächenbedarf zwischen 0,9 bis 3,8 Millionen Hektar aus. Da in Österreich derzeit rund 7,4 Millionen Hektar land- und forstwirtschaftlich genutzt werden, bedarf es einer starken und flexiblen Kreislaufwirtschaft, um die bestehenden Flächenkonkurrenzen nicht noch weiter zu strapazieren.

Sämtliche Projektergebnisse sind auch unter <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/projekte/stoffliche-nutzung-fossiler-rohstoffe-in-oesterreich-biobasierte-substitution.php> verfügbar.

¹ bereits auf den jeweiligen fossilen Anteil soweit möglich reduziert

² Das Diagramm ist direkt unter <https://www.kumu.io/alcn/c-mfa-o> online abruf- und anwendbar.

Summary

In 2015 about 5,800 kt of fossil raw materials and products³ for material use (excluding energy use) were imported to Austria. In addition, about 150 kt of fossil raw materials (crude oil and natural gas) were extracted in Austria. From this, about 2,750 kt of fossil products were manufactured for domestic use and about 2,950 kt for export.

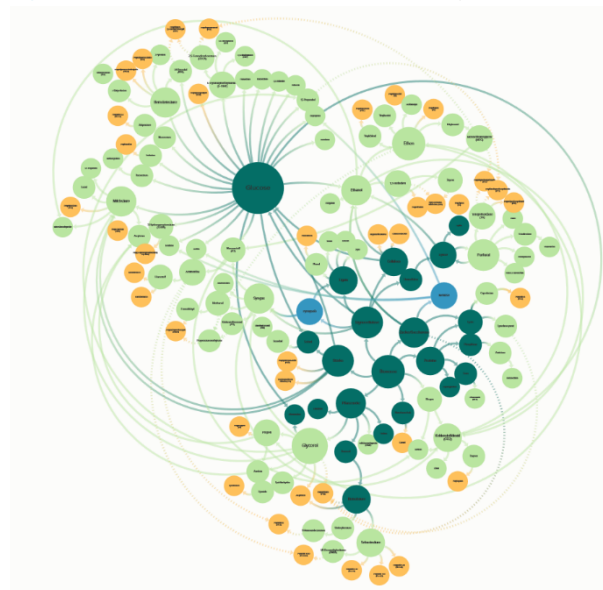
Considering this material use (as production volume plus imports minus exports) in detail, the largest product applications are:

- 1.107 kt plastics in primary forms (including 408 kt for packaging products and 334 kt for industrial products),
- 561 kt bitumen,
- 548 kt acyclic hydrocarbons (partly for production of plastics), and
- 449 kt synthetic resins.

To support the bio-based substitution of fossil raw materials and products, the fossil material flows in Austria for the reference year 2015 were collected and analysed. Furthermore, a broad bio-based technology research was part of the present study.

An essential result of this technology research is an interactive relationship diagram, which presents the possible production chains of bio-based raw materials to finished products.

Figure 2 Screenshot of the interactive relationship diagram



In addition, a complete transition to a bio-based industry was estimated for Austria in three highly simplified scenarios. These estimations show a land use range a fully bio-based industry in Austria can mean – focussing on the most space-efficient bio-based technologies currently available.

The scenario results show land use needs between 0.9 and 3.8 million hectares. About 7.4 million hectares are currently used in agriculture and forestry in Austria, hence a strong and flexible circular economy is required to not overstrain the existing land use competition.

All project results are also available at <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/projekte/stoffliche-nutzung-fossiler-rohstoffe-in-oesterreich-biobasierte-substitution.php> (in German).

³ all numbers reduced to its fossil content

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 5 |
| Summary | 6 |
| Inhaltsverzeichnis | 7 |
| 1. Hintergrund und Zielsetzung | 8 |
| 1.1. EU-Initiativen zur biobasierten Industrie..... | 8 |
| 1.2. Studien und Projekte auf nationaler Ebene..... | 8 |
| 1.3. Ziele und Rahmen der vorliegenden Studie..... | 10 |
| 2. Abschätzung der fossilen Stoffströme | 11 |
| 2.1. Datenbasis und Methodik | 11 |
| 2.2. Ebene der fossilen Rohstoffe | 13 |
| 2.3. Ebene der fossilen Grundstoffe | 14 |
| 2.4. Ebene der fossilen Vorprodukte | 15 |
| 2.5. Ebene der fossilen Fertigprodukte..... | 18 |
| 2.6. Gesamtschau der fossilen Stoffströme | 20 |
| 2.7. Fossile versus biobasierte Stoffströme | 22 |
| 3. Visualisierung der Substitutionsmöglichkeiten | 23 |
| 3.1. Datenbasis und Methodik | 23 |
| 3.2. Ansatzpunkte für die biobasierte Industrie | 23 |
| 4. Abschätzung des Ressourcenbedarfs | 27 |
| 4.1. Datenbasis und Methodik | 27 |
| 4.2. Auswahl der Szenarien..... | 27 |
| 4.3. Auswahl der biobasierten Substitutionspfade | 28 |
| 4.4. Szenarienergebnisse..... | 31 |
| 5. Schlussfolgerungen und Ausblick | 40 |
| Literaturverzeichnis | 42 |
| Abschätzung der Datenqualität | 45 |
| Biobasierte Technologiepfade | 58 |

1. Hintergrund und Zielsetzung

In der „FTI-Strategie für die biobasierte Industrie in Österreich“ ist die biobasierte Industrie wie folgt definiert (Ganglberger & Sturm, 2014, p. 10):

„Die biobasierte Industrie ist eine Industrie, die nicht fossilen biogenen Kohlenstoff vorrangig stofflich nutzt, wobei in Summe eine effiziente, möglichst vollständige und nachhaltige Verwertung der Biomasse angestrebt wird.“

Dieser Definition folgt auch die vorliegende Studie, die sich zum Ziel gesetzt hat, die Stoffströme aus stofflich genutzten fossilen Rohstoffen in Österreich abzuschätzen und biobasierte Substitutionspfade zu identifizieren.

Ein kurzer Überblick über relevante internationale und nationale Initiativen und Projekte wird in den folgenden beiden Unterkapiteln zusammengestellt.

1.1. EU-Initiativen zur biobasierten Industrie

Auf EU-Ebene wurde 2012 die Strategie „Innovation for Sustainable Growth – A Bioeconomy for Europe“ (EU, 2012) publiziert. 2013 wurde die „Strategic Innovation and Research Agenda“ (BIC, 2013) als Rahmen für die Public-Private Partnership „Bio-Based Industries“ ausformuliert.

Einen wesentlichen Aspekt für die biobasierte Industrie stellt die Kreislaufwirtschaft dar. Zwei wichtige Dokumente hierbei sind „Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft“ (EC, 2015) und „Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft“ (EC, 2018).

Sogenannte „Dekarbonisierungsstudien“ lassen sich mehrere recherchieren – eine sehr umfassende darunter ist „Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry“ (Bazzanella & Ausfelder, 2017).

Im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ wurden im Projekt „BIOFONIE“ aktuelle FTI-Entwicklungen zur biobasierten Industrie auf nationaler und internationaler Ebene aufbereitet und in der Studie „Biobasierte Industrie FTI – Nationale und Internationale Entwicklungen“ (Beermann, et al., 2017) publiziert.

1.2. Studien und Projekte auf nationaler Ebene

Auf nationaler Ebene lassen sich zahlreiche Studien und Projekte mit Bezug zur biobasierten Industrie identifizieren. Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit soll an dieser Stelle ein kurzer Überblick über diese gegeben werden.

Mit der „Research Agenda Biobasierte Industrie“ (Windsperger, et al., 2012) wurden insbesondere die technologischen Chancen in der Herstellung von Fasern und Plattformchemikalien aufbereitet. Mit der „FTI-Strategie für die biobasierte Industrie in Österreich“ (Ganglberger & Sturm, 2014) wurde diese vorwiegend forstwirtschaftliche Betrachtung um Roh- und Reststoffe aus der Agrarwirtschaft erweitert.

Eine quantitative Erhebung des biobasierten Rohstoffeinsatzes bietet die Studie „Biogene Materialflüsse in Österreich“ (Kalt & Amtmann, 2014). Im „Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (Strimitzer, et al., 2015) wurden für ausgewählte Branchen⁴ der Status quo und Potenziale qualitativ beschrieben und größtenteils quantitativ abgeschätzt und daraus Aktionsfelder nach Schwerpunktthemen abgeleitet. Im nationalen Projekt BioTransform.at wurde unter der Leitung der Austrian Energy Agency die Machbarkeit einer Transformation zu einer „low-carbon“ Bioökonomie auf der Basis inländischer Ressourcen untersucht.⁵

Einen detaillierteren Blick auf zum Beispiel die Substitution von fossilen durch biobasierte Kunststoffe bietet die Studie „Klimaschutzpotenziale beim forcierten Einsatz biogener und konventioneller Kunststoffe“ (Windsperger, et al., 2010). Die „Roadmap 2050 – Kunststoff aus nachwachsenden Rohstoffen“ wird derzeit⁶ vom Umweltbundesamt und alchemia-nova ausgearbeitet.

Auf Produktebene lässt sich eine Vielzahl an Einzelprojekten recherchieren, die eine Substitution durch biobasierte Rohstoffe anstreben, entwickeln und erproben. Exemplarisch für die Substitution eines fossilen Massenprodukts lässt sich hier das Projekt „Biobitumen – Bitumen-Ersatzprodukt auf nachwachsender Rohstoffbasis und darauf basierender Asphalt“ (Bleier, 2012) nennen.

Der momentane Rohstoffverbrauch in Österreich wird tendenziell auf einer hochaggregierten Ebene untersucht, zum Beispiel in „Ressourcennutzung in Österreich“ (Schaffartzik, et al., 2015). In der Studie „Ressourcenverbrauch der Industrie in Österreich“ (Krutzler, et al., 2012) wurde der Verbrauch von Holz, Erzen, Metallen und mineralischen Rohstoff untersucht – mit einem Schwerpunkt auf seltenen Metallen.

Detailliertere Zahlen, die auch näher beschreiben, in welchen Bereichen die jeweiligen Rohstoffe und Güter eingesetzt werden, haben in der Regel einen monetären Bezug – zum Beispiel die „Gütereinsatzstatistik“ (Statistik Austria, 2017a) – und eine treffsichere Ableitung von massenbezogenen Stoffströmen ist nur mit großen Unsicherheiten möglich.

Massenbezogene Daten liegen, sofern überhaupt vorhanden, oftmals lediglich für wenige klar abgegrenzte Branchen vor. Exemplarisch sollen hier der jährlich erscheinende „Branchenreport Mineralöl“ (FVMI, 2016) und die Masterarbeit „Untersuchung der Flüsse und Lager von Textilien in Österreich“ (Wagner, 2017) erwähnt sein.

⁴ biogene Kunststoffe, Naturfaser-Verbundwerkstoffe, Dämmstoffe, Farben, Druckfarben und Lacke auf Pflanzenölbasis, technische Bioöle auf Pflanzenbasis sowie sonstige Produkte aus regionalen biogenen Roh- und Reststoffen (Produkte aus Bioraffinerien)

⁵ <https://www.energyagency.at/projekte-forschung/energie-klimapolitik/detail/artikel/biotransformat-perspektiven-fuer-die-etablierung-einer-auf-inlaendischen-ressourcen-basierenden-bio.html>

⁶ Stand: Februar 2018

1.3. Ziele und Rahmen der vorliegenden Studie

Im Hinblick auf eine ökologisch verträgliche und gesellschaftlich akzeptable Wirtschaft sind unter anderem biobasierte Industrierohstoffe zwingend erforderlich. Hierfür ist es notwendig, fossile durch biobasierte Rohstoffe zu ersetzen, Stoffkreisläufe zu schließen und Rohmaterialien möglichst vollständig zu nutzen.

In vorhandenen Studien fehlt ein gesamthafter Ansatz sämtliche fossilen Stoffströme in der Art aufzubereiten, um umfassende Abschätzungen für die Überleitung in eine biobasierte Industrie anzufertigen. Auch statistische Datenquellen weisen hierbei Lücken auf. Die vorliegende Studie hat somit zum Ziel, diese Wissens- und Darstellungslücken soweit als möglich zu schließen. Aufgrund der teils geringen Datenverfügbarkeit und des begrenzten Projektumfangs kann lediglich eine fundierte Abschätzung der fossilen Stoffströme erfolgen. Diese Abschätzung soll in erster Linie eine Übersicht bieten, die in weiterer Folge die Basis für weitere Detailbetrachtungen und branchenübergreifende Studien sein soll.

Aufbauend auf den fossilen Stoffströmen sollen biobasierte Substitutionspfade recherchiert werden. Damit sollen einerseits verfügbare und vielversprechende Technologiepfade gesamthaft dargestellt werden, um den weiteren Forschungsbedarf aus einer Gesamtsicht heraus besser abschätzen zu können. Andererseits sollen in bewusst vereinfachten Szenarien die Eckpfeiler hinsichtlich des theoretisch notwendigen Mehrbedarfs an Anbauflächen abgesteckt werden. Die Erarbeitung einer konkreten Strategie ist nicht Ziel der vorliegenden Studie.

Die vorliegende Studie blickt somit nicht von Seiten der bestehenden biobasierten Industrie auf eine vollständige Überleitung in eben diese, sondern rückt den „point of view“ bewusst in die bestehenden fossilen Stoffströme, um die notwendigen biobasierten Substitutionspfade auch möglichst vollständig erfassen und „blinde Flecken“ besser erkennen zu können.

Da die Stoffströme von fossilen Rohstoffen mitunter sehr komplex sind und nicht in jeder Betrachtungsebene detailliert vorliegen, erhebt die vorliegende Studie keinen Anspruch darauf, sämtliche Datenpunkte exakt beziffern zu können. Vielmehr versteht sich die vorliegende Studie als eine erste massenbezogene Abschätzung des Gesamtsystems, um die Schwerpunktsetzung für weitere FTI-Initiativen in Österreich zu unterstützen und als Basis für vertiefende Detailstudien zu dienen.

2. Abschätzung der fossilen Stoffströme

Die Abschätzung der fossilen Stoffströme erfolgte in erster Linie anhand von verfügbaren Statistikdaten. In jenen Bereichen, in denen diese nicht verfügbar waren, wurden diese aus vorhandenen Detailstudien entnommen oder durch eigene Berechnungen basierend auf weiteren Quellen abgeschätzt.

Ein Hauptziel der vorliegenden Studie war nicht nur diese Daten soweit als möglich zu erheben, sondern auch übersichtlich und verständlich darzustellen. Hierfür wurde ein Sankey-Diagramm (in diesem Fall ein massenbezogenes Stoffflussdiagramm) erstellt, das einen Überblick bietet, auf welchen Ebenen (Rohstoffe, Grundstoffe, Vorprodukte und Fertigprodukte) wie viel und welche fossilen und überwiegend fossilen Produkte in Österreich im Jahr 2015 eingesetzt wurden.

2.1. Datenbasis und Methodik

Die herangezogenen Datenquellen und die gewählten Annahmen für die gegebenenfalls darauf aufbauenden eigenen Berechnungen werden im Detail mit den resultierenden Zahlen in den jeweiligen Unterkapiteln (2.2. bis 2.5.) nachvollziehbar beschrieben.

Für alle Betrachtungsebenen gilt dieselbe Vorgehensweise bei der Erarbeitung des qualitativen Modells. Ebenso wurde bei allen Betrachtungsebenen dieselbe Methode zur Abschätzung der Datenqualität angewandt. Deswegen werden diese beiden Aspekte vorgezogen für alle Betrachtungsebenen im Folgenden beschrieben.

Für die Erstellung des Stoffflussdiagramms wurde die Online-Software Sankey Flow Show verwendet.

2.1.1. Entwicklung des qualitativen Modells

Angestrebt wurde ein mit der ÖNACE-Klassifizierung vollständig kompatibles Mengengerüst. Die geplante Herangehensweise sah ein Branchenmodell vor, das weiter in ein Produktmodell detailliert werden sollte. Dafür wurden aus den Klassen („Viersteller“) der Abschnitte des verarbeitenden Gewerbes und der Herstellung von Waren 26 Branchen⁷ ausgewählt, die fossile Rohstoffe und deren Folgeprodukte verarbeiten. Diesem Branchenmodell wurden über 100 Produkte zugeordnet, welche im Zuge der Quantifizierung aufgrund der Datenverfügbarkeit auf 83 Produkte reduziert werden mussten.

⁷ Im Detail: C19.20 Mineralölverarbeitung, C20.13 Herstellung von (H. v.) anorganischen Grundstoffen und Chemikalien, C20.15 H. v. Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, C19.10 Kokerei, C20.59 H. v. sonstigen chemischen Erzeugnissen, C20.14 H. v. organischen Grundstoffen und Chemikalien, C20.41 H. v. Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln, C20.42 H. v. Körperpflegemitteln und Duftstoffen, C20.16 H. v. Kunststoffen in Primärform, C21.10 H. v. pharmazeutischen Grundstoffen, C20.20 H. v. Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln, C22.22 H. v. Verpackungsmitteln aus Kunststoffen, C22.23 H. v. Baubedarfsartikeln aus Kunststoffen, C22.29 H. v. sonstigen Kunststoffwaren, C22.29 H. v. technischen Kunststoffteilen, C31.03 H. v. Matratzen, C31.09 H. v. sonstigen Möbeln, C32.30 H. v. Sportgeräten, C32.40 H. v. Spielwaren, C32.50 H. v. sonstigen medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien, C32.91 H. v. Besen und Bürsten, C32.29 H. v. sonstigen Erzeugnissen, C20.30 H. v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten, C20.52 H. v. Klebstoffen, C22.11 Herstellung und Runderneuerung von Bereifung, C22.19 H. v. sonstigen Gummiwaren

Für die Visualisierung des Produktmodells hat sich gezeigt, dass eine weitere Reduktion auf 38 Produktgruppen sinnvoll ist, um die Möglichkeiten bei der Darstellung nicht zu überfordern und auch jeweils entsprechende Größenordnungen in den Stoffströmen zu erhalten.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass eine Gliederung in eine Rohstoff-, Grundstoff-, Vorprodukt- und Fertigproduktebene besser geeignet ist, die jeweiligen Stoffströme darzustellen, um darauf aufbauend biobasierte Substitutionspfade identifizieren und zuordnen zu können. Das erarbeitete Branchenmodell wurde damit weitestgehend erhalten, wenngleich es nicht vollständig quantifiziert werden konnte.

Das resultierende qualitative Modell lässt sich tabellarisch wie folgt darstellen.

Tabelle 1 Übersicht über das erarbeitete qualitative Produkt(gruppen)modell

| Rohstoffebene | Grundstoffebene | Vorproduktebene | Fertigproduktebene |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| Erdöl | Schwefel | Kunststoffe in Primärform | Maschinenöle |
| Erdgas | Wasserstoff | Kunstharze | Schmiermittel |
| Kohle | Methan | synthetisches Glycerin | sonstige Mineralölprodukte |
| | acyclische Kohlenwasserstoffe | synthetisches Wachs | Bitumen |
| | cyclische Kohlenwasserstoffe | organische Tenside | Aktivkohle |
| | Methanol | Kunstdünger | Koks |
| | Ethanol | | Verpackungen aus Kunststoff |
| | weitere Alkohole | | Baubedarf aus Kunststoffen |
| | Phenolderivate | | Haushaltswaren aus Kunststoff |
| | Carbonsäuren | | Industrieprodukte aus Kunststoff |
| | organische Amine | | Fahrzeugreifen |
| | weitere organische Grundchemikalien | | Farben und Lacke |
| | Schwefelsäure | | Klebstoffe |
| | | | Pharmazeutika |
| | | | Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel |
| | | | Seifen und Kosmetika |

2.1.2. Abschätzung der Datenqualität

Da die Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengefasst wurden und teilweise auch mit eigenen Berechnungen umgewertet bzw. ergänzt werden mussten, wurde eine quantitative Abschätzung der Datenqualität nach (Laner, et al., 2015) – wie diese auch in (Van Eygen, et al., 2016) und (Wagner, 2017) beschrieben und angewandt wird – durchgeführt.

Für jeden aus einer Datenquelle entnommenen Wert wurde ein Variationskoeffizient bestimmt, der sich aus einer Bewertung der Vertrauenswürdigkeit der Datenquelle und der inhaltlichen, zeitlichen, geographischen sowie weiteren Korrelationen des Bezugsrahmens der Datenquelle zusammensetzt. Darüber hinaus fließt die Sensitivität für die jeweilige Betrachtung in den resultierenden Variationskoeffizienten ein.

Der Übersichtlichkeit wegen finden sich die auf diese Weise erarbeiteten Variationskoeffizienten direkt in den Datentabellen der folgenden Unterkapitel (2.2. bis 2.5.). Die Einschätzungen der Datenquellen und die Berechnung der Variationskoeffizienten finden sich im Anhang (Abschätzung der Datenqualität).

2.2. Ebene der fossilen Rohstoffe

Für die fossilen Rohstoffe konnten für Erdöl und Kohle direkt die Daten für den nichtenergetischen Verbrauch der „Energiegesamtrechnung“ (Statistik Austria, 2017b) übernommen werden. Für die Umrechnung des nichtenergetischen Erdgasverbrauchs von Kubikmeter in Tonnen wurde eine Rohgas-Dichte von 0,84 kg/m³ (Schori & Frischknecht, 2012) angenommen. Um mit den weiteren Betrachtungsebenen konsistent zu sein, wurden Lagerbewegungen und Verluste nicht berücksichtigt, somit ist die Summe der Produktionsmengen und Importe gleich der Summe des Materialeinsatzes und der Exporte.

Tabelle 2 Mengengerüst auf Rohstoffebene für Österreich 2015 (Quelle: Statistik Austria und eigene Berechnungen)

| <i>in Tonnen</i> | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Erdölprodukte⁸</i> | 1.231.148 ± 40.045 | 430.216 ± 13.994 | 1.493.697 ± 59.505 | 167.667 ± 5.454 |
| <i>Erdgas (Rohgas)</i> | 39.383 ± 2.827 | 357.993 ± 25.698 | 228.760 ± 17.244 | 168.615 ± 12.104 |
| <i>Kohleprodukte⁹</i> | 11.922 ± 388 | 8.530 ± 277 | 20.448 ± 815 | 4 ± 0 |
| Rohstoffebene | 1.282.453 ± 40.147 | 796.738 ± 29.263 | 1.742.905 ± 61.958 | 336.287 ± 13.276 |

Die aufbereiteten Daten zeigen, dass für die stoffliche Nutzung auf Rohstoffebene Erdöl bzw. unmittelbare Erdölprodukte mit rund 86 % am gesamten Materialeinsatz mengenmäßig die größte Bedeutung haben, wobei deren Produktionsmengen in Österreich zu rund 90 % importabhängig sind. Für die stoffliche

⁸ Gemeint sind hier Benzin und sonstige Erdölprodukte, welche somit am Raffineriestandort Schwechat produziert werden. Die Produktion von stofflich genutzten Erdölprodukten in Österreich erfolgte 2015 aus rund 120 kt im Inland gefördertem Rohöl und aus rund 1.110 kt importiertem Rohöl.

⁹ Gemeint ist hier Koks, welches aus importierter Rohkohle für die stoffliche Verwendung produziert wird. Die Importmengen beziehen sich direkt auf importierten Koks (für die stoffliche Verwendung).

Verwendung von Erdgas zeigt sich eine ähnliche Importabhängigkeit. Die Importabhängigkeit für Koks lag 2015 bei 100 %, da auch die letzte verbliebene Kokerei in Österreich mit importierter Kohle versorgt wird.

2.3. Ebene der fossilen Grundstoffe

Auf Ebene der fossilen Grundstoffe wurden die Import- und Exportmengen nahezu ausschließlich direkt aus der Prodcom-Datenbank für Österreich 2015 (Eurostat, 2017) entnommen.

Ausnahmen bilden die Werte für Wasserstoff und Methan. Die gesamten Werte für Wasserstoff wurden basierend auf den Daten der Prodcom-Datenbank (Eurostat, 2017) mit einer angenommenen Dichte von 0,084 kg/m³ umgerechnet. Die gesamten Werte für Methan wurden aus den Erdgas-Werten mit einem angenommenen Erdgasanteil von 89 % (Wiener Netze, 2017) umgerechnet.

Tabelle 3 Mengengerüst auf Grundstoffebene für Österreich 2015 (Quelle: Eurostat und eigene Berechnungen)

| <i>in Tonnen</i> | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Schwefel</i> | 35.443 ± 4.939 | 53.713 ± 1.844 | 86.234 ± 17.984 | 2.922 ± 100 |
| <i>Wasserstoff</i> | 1.797 ± 129 | 539 ± 39 | 2.322 ± 175 | 15 ± 1 |
| <i>Methan</i> | 35.051 ± 2.516 | 318.613 ± 22.871 | 203.596 ± 15.347 | 150.068 ± 10.773 |
| <i>acyclische Kohlenwasserstoffe</i> | 513.296 ± 72.276 | 64.704 ± 2.105 | 548.052 ± 78.193 | 29.948 ± 4.217 |
| <i>cyclische Kohlenwasserstoffe</i> | 7.037 ± 991 | 244.579 ± 7.955 | 249.081 ± 9.923 | 2.536 ± 141 |
| <i>Methanol</i> | 36.746 ± 5.105 | 233.186 ± 5.363 | 266.717 ± 14.809 | 3.214 ± 74 |
| <i>Ethanol¹⁰</i> | 21.852 ± 1.313 | 4.145 ± 135 | 10.943 ± 436 | 15.054 ± 490 |
| <i>weitere Alkohole</i> | 59.541 ± 9.209 | 32.150 ± 2.308 | 90.281 ± 7.926 | 866 ± 62 |
| <i>Phenolderivate</i> | 71.574 ± 10.078 | 23.259 ± 757 | 94.331 ± 5.669 | 503 ± 16 |
| <i>Carbonsäuren</i> | 142.552 ± 7.915 | 91.920 ± 2.990 | 156.105 ± 6.219 | 78.367 ± 2.549 |
| <i>organische Amine</i> | 11.822 ± 1.665 | 22.823 ± 742 | 33.230 ± 1.997 | 1.415 ± 46 |
| <i>weitere organische Grundchemikalien</i> | 209.370 ± 32.739 | 103.701 ± 7.444 | 254.234 ± 22.319 | 58.837 ± 4.224 |
| <i>Schwefelsäure¹¹</i> | 238.840 ± 33.631 | 31.171 ± 4.389 | 155.265 ± 22.152 | 114.746 ± 16.157 |
| Grundstoffebene | 1.384.920 ± 87.966 | 1.224.504 ± 26.703 | 2.150.391 ± 90.098 | 458.490 ± 20.482 |

¹⁰ Zum Vergleich: 2015 wurden in Österreich 176.009 Tonnen Bio-Ethanol hergestellt (BMLFUW, 2016a).

¹¹ Der tatsächliche Schwefelsäureeinsatz kann mit weiteren rund 200.000 Tonnen abgeschätzt werden, da erhebliche Mengen betriebsintern durch Schwefelverbrennung (mit Abwärmenutzung) gewonnen und genutzt werden. Dadurch

Die Produktionsmengen für Schwefel wurden mit jeweils 2 % der Erdöl- und Erdgasverarbeitung angenommen (eigene Berechnung). Die weiteren Produktionsmengen wurden größtenteils, sofern diese im Datensatz für Österreich nicht vorhanden waren, aus den Prodcop-Daten für Deutschland 2015 (Eurostat, 2017) abgeleitet – basierend auf dem Verhältnis der Gesamtumsätze der deutschen und österreichischen chemischen Industrie (cefic, 2017). Die Werte für Schwefelsäure wurden zur Gänze in dieser Weise abgeleitet. 2015 wurden in Österreich 176.009 Tonnen Bio-Ethanol hergestellt (BMLFUW, 2016a), was 89 % der insgesamt abgeschätzten Produktionsmengen entspricht. Es wurde davon ausgegangen, dass auch die Import- und Export-Mengen (und damit auch der Materialeinsatz) denselben Anteil an Bio-Ethanol haben.

Lagerbewegungen und Verluste wurden nicht berücksichtigt, somit ist grundsätzlich die Summe der Produktionsmengen und Importe gleich der Summe des Materialeinsatzes und der Exporte. In den zugrundeliegenden Daten berücksichtigte Lagerbewegungen und Verluste sind hier Fehlmengen.

Die aufbereiteten Daten zeigen, dass vor allem bei acyclischen Kohlenwasserstoffen, weiteren organischen Grundchemikalien, Schwefelsäure und Carbonsäuren von großen Produktionsmengen in Österreich auszugehen ist. Importiert werden vor allem Methan (in Form von Erdgas), cyclische Kohlenwasserstoffe (v. a. Styrol) und Methanol. Exportiert werden vor allem Methan (in Form von Erdgas), Ethanol und Schwefelsäure, wobei für letztere, wie bereits oben erwähnt, lediglich abgeleitete Daten aus Deutschland verwendet werden konnten.

2.4. Ebene der fossilen Vorprodukte

Für die fossilen Vorprodukte konnten die Import- und Exportwerte direkt aus der Prodcop-Datenbank für Österreich 2015 (Eurostat, 2017) entnommen werden.

Die Produktionsdaten für Kunststoffe in Primärform sind in den Prodcop-Daten für Österreich nicht vorhanden. Einerseits weil einige Kunststoffarten in Österreich nicht produziert werden und andererseits, weil diese aus Geheimhaltungsgründen nicht publiziert werden, da diese auf einzelne Unternehmen rückführbar sind. Eine detaillierte Beschreibung der in diesem Zusammenhang für die vorliegende Studie gewählten Annahmen und herangezogenen Quellen findet sich im folgenden Unterkapitel, in dem auf die Kunststoffe in Primärform näher eingegangen wird.

Die in der vorliegenden Studie abgeschätzte Kunststoff-Produktionsmenge von 1.091 kt im Jahr 2015 deckt sich nahezu mit den von (Van Eygen, et al., 2016) errechneten 1.100 kt für 2010. Der Materialeinsatz von 1.107 kt für 2015 liegt innerhalb vorhandener Literaturangaben: 1.300 kt für 2010 in (Van Eygen, et al., 2016), 1.000 kt für 2007 in (Windesperger, et al., 2010) und rund 1.000 kt für 2015 in (PlasticsEurope, 2016). Für den Anteil an bereits etablierten Biokunststoffen konnten keine hinreichend genauen und aussagekräftigen Zahlen recherchiert werden. In (Strasser, et al., 2009) werden insgesamt rund 5 kt abgeschätzt, welche in der vorliegenden Studie vernachlässigt wurden.

Bei den Kunstharzen wurden die bestehenden Datenlücken für Österreich aus Prodcop-Daten (Eurostat, 2017) österreichischer Nachbarländer (v. a. Italien, Slowakei und Slowenien, da für diese vollständige Datensätze vorhanden sind) ergänzt.

Die Produktionswerte für synthetisches Glycerin und organische Tenside wurden aus den vorhandenen Daten für Deutschland abgeleitet – (Eurostat, 2017) und (cefic, 2017).

Der Schwefelanteil in Kunstdünger wurde über die verfügbaren Daten für Ammoniumsulfat und Kaliumsulfat rückgerechnet – die Importe und Exporte aus den Prodcop-Daten (Eurostat, 2017), der Materialeinsatz aus dem „Grüner Bericht 2016“ (BMLFUW, 2016b), wobei die Produktionsdaten aus diesen Mengen rückgerechnet wurden.

Lagerbewegungen und Verluste wurden nicht berücksichtigt, somit ist die Summe der Produktionsmengen und Importe gleich der Summe des Materialeinsatzes und der Exporte.

Tabelle 4 Mengengerüst auf Vorprodukteebene für Österreich 2015 (Quelle: Eurostat und eigene Berechnungen)

| <i>in Tonnen</i> | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>Kunststoffe in Primärform</i> | 1.091.437 ± 227.938 | 1.260.811 ± 41.010 | 1.107.356 ± 83.471 | 1.244.892 ± 40.492 |
| <i>Kunstharze</i> | 402.444 ± 56.667 | 170.063 ± 5.532 | 449.218 ± 26.998 | 123.289 ± 17.360 |
| <i>synthetisches Glycerin</i> | 19.096 ± 2.653 | 2.307 ± 53 | 7.207 ± 400 | 14.197 ± 327 |
| <i>synthetisches Wachs</i> | 0 ± 0 | 20.845 ± 479 | 19.045 ± 619 | 1.800 ± 41 |
| <i>organische Tenside</i> | 38.998 ± 5.491 | 38.213 ± 1.243 | 71.698 ± 4.309 | 5.514 ± 179 |
| <i>Schwefel in Kunstdünger</i> | 233.535 ± 23.092 | 69.012 ± 2.749 | 297.957 ± 22.460 | 4.589 ± 183 |
| Vorproduktebene | 1.785.510 ± 236.088 | 1.561.252 ± 41.494 | 1.952.481 ± 90.664 | 1.394.280 ± 44.059 |

Die aufbereiteten Daten zeigen den hohen Verbrauch an Kunststoffen, Kunstharzen und Kunstdünger in Österreich. Insgesamt ergibt sich auf Vorprodukteebene ein relativ ausgewogenes Verhältnis von Importen und Exporten.

2.4.1. Kunststoffe in Primärform

Kunststoffe in Primärform wurden für die vorliegende Studie im Detail betrachtet, wobei zehn Polymertypen und eine Kategorie für weitere Polymere unterschieden wurde.

Während die Import- und Export-Daten in der Prodcop-Datenbank für Österreich 2015 (Eurostat, 2017) im Detail verfügbar sind, sind die Produktionsdaten wie oben beschrieben lückenhaft. Eine Ableitung aus den Produktionsdaten für Deutschland 2015 brachte keine zufriedenstellenden Ergebnisse, da z. B. PVC in Deutschland aber nicht in Österreich produziert wird. Deswegen wurden die Prodcop-Datenlücken wie folgt gefüllt.

Die Produktionsmengen von Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) wurden anhand der Anlagenkapazitäten der Borealis am Standort Schwechat abgeschätzt (Borealis Group, 2018). Den bestehenden Produktionskapazitäten von 480 kt/a PE und 435 kt/a PP wurde eine Auslastung von 90 % unterstellt.

Laut (SUNPOR, 2012) werden über 90 % der EPS-Produktion exportiert. Mit diesen 90 % wurde die Produktionsmenge von Polystyrol (PS, EPS) aus der „Außenhandelsstatistik“ (Statistik Austria, 2017d) abgeschätzt.

Die Produktionsdaten von Polyethylenterephthalat (PET), Polyamid (PA), Polyvinylchlorid (PVC) und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) werden in der Prodcom-Datenbank (Eurostat, 2017) mit Null angegeben. Der Wert für Polyurethan (PUR) wurde ebenso direkt übernommen.

Die Produktionsmengen von Polymethylmethacrylat¹² (PMMA), weiteren Thermo- und Duroplaste sowie von synthetischem Kautschuk (alle in der Prodcom-Datenbank nicht öffentlich zugänglich) wurden aus Mangel einer treffsichereren Vorgehensweise über die Produktionszahlen in Deutschland abgeleitet (Consultic, 2016).

Tabelle 5 Mengengerüst der Kunststoffe in Primärform für Österreich 2015 (Quellen: Eurostat, Statistik Austria, Borealis, Sunpor und eigene Berechnungen)

| <i>in Tonnen</i> | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>Polyethylen (PE)</i> | 432.000 ± 93.836 | 240.903 ± 5.541 | 218.410 ± 21.141 | 454.493 ± 10.453 |
| <i>Polypropylen (PP)</i> | 391.500 ± 85.038 | 170.399 ± 3.919 | 369.866 ± 35.801 | 192.033 ± 4.417 |
| <i>Polyethylenterephthalat (PET)</i> | 0 ± 0 | 114.973 ± 2.644 | 79.222 ± 2.577 | 35.751 ± 822 |
| <i>Polyamid (PA)</i> | 0 ± 0 | 84.904 ± 1.953 | 73.687 ± 2.397 | 11.217 ± 258 |
| <i>Polyvinylchlorid (PVC)</i> | 0 ± 0 | 69.187 ± 1.591 | 50.878 ± 1.655 | 18.309 ± 421 |
| <i>Polystyrol (PS, EPS)</i> | 78.202 ± 23.411 | 123.129 ± 2.832 | 130.949 ± 12.948 | 70.382 ± 2.804 |
| <i>Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)</i> | 0 ± 0 | 35.550 ± 818 | 25.930 ± 843 | 9.620 ± 221 |
| <i>Polymethylmethacrylat (PMMA)</i> | 5.809 ± 908 | 5.114 ± 118 | 10.261 ± 901 | 662 ± 15 |
| <i>Polyurethan (PUR)</i> | 12.124 ± 279 | 23.770 ± 547 | 25.731 ± 837 | 10.163 ± 234 |
| <i>weitere Thermo- & Duroplaste</i> | 104.396 ± 14.700 | 339.432 ± 11.041 | 54.972 ± 3.304 | 388.856 ± 12.648 |
| <i>synthetischer Kautschuk</i> | 67.407 ± 10.426 | 53.450 ± 3.837 | 67.450 ± 10.547 | 53.406 ± 3.834 |
| <i>Kunststoffe in Primärform</i> | 1.091.437 ± 130.040 | 1.260.811 ± 14.318 | 1.107.356 ± 45.120 | 1.244.892 ± 17.673 |

¹² Ein großer Hersteller, die Para-Chemie in Gramatneusiedl, sollte nach den Plänen des Eigentümers Ende 2017 geschlossen werden (<http://www.noen.at/schwechat/gramatneusiedl-evonik-sperrt-para-chemie-zu/13.426.592#>). Derzeit, Stand: Februar 2018, wird der Standort noch auf der Website des Eigentümers, der Evonik, gelistet (<http://corporate.evonik.de/de/unternehmen/standorte/europa/oesterreich/gramatneusiedl/Pages/default.aspx>).

Lagerbewegungen und Verluste wurden nicht berücksichtigt, somit ist die Summe der Produktionsmengen und Importe gleich der Summe des Materialeinsatzes und der Exporte.

Die Abschätzung in Tabelle 5 zeigt, dass in der österreichischen Kunststoffindustrie Produktions- und Materialeinsatzmengen korrelieren. Das legt die Vermutung nahe, dass Produzenten und Verarbeiter in Österreich eine Lieferkette bilden, wenngleich die Produktionsmengen, Importe, der Materialeinsatz und die Exporte sich jeweils in derselben Größenordnung von 1.091 bis 1.261 kt bewegen.

In Österreich werden vor allem Polypropylen und Polyethylen verarbeitet, gefolgt von Polystyrol. Diese drei Polymere machen zusammen rund zwei Drittel der österreichischen Kunststoffverarbeitung und über 80 % der Kunststoffproduktion aus.

2.5. Ebene der fossilen Fertigprodukte

Auf Ebene der fossilen Fertigprodukte wurden die Daten für Maschinenöle, Schmiermittel, weiteren Mineralölprodukte und Bitumen direkt aus dem „Branchenbericht Mineralöl 2015“ (FVMI, 2016) übernommen, die Daten für Koks aus der „Energiegesamtrechnung“ (Statistik Austria, 2017b). Die Importe und Exporte von Aktivkohle finden sich in der Prodcum-Datenbank. Für die Produktionsmengen musste auf eine Ableitung aus Daten für Deutschland zurückgegriffen werden (Eurostat, 2017). Der fossile Anteil von Aktivkohle wurde mit 50 % abgeschätzt.

Die Produktionsmenge an Kunststoffverpackungen stammte aus der „Verpackungsstatistik 2015“ (ÖIV, 2018) und bei den technischen Kunststoffen wurden Korrekturen basierend auf (Consultic, 2016) und (Van Eygen, et al., 2016) vorgenommen. Die Import- und Exportwerte wurden der Prodcum-Datenbank für Österreich 2015 entnommen (Eurostat, 2017), wobei bei den Fahrzeugreifen Umrechnungen basierend auf (Bridgestone, 2013), (bmvit, 2013) und (Statistik Austria, 2017c) angestellt wurden, bei Bodenbelägen aus Kunststoffen ein durchschnittliches Flächengewicht von 1,75 kg/m² angenommen wurde und für Farben und Lacke ein durchschnittlicher Pigmentanteil von 35 % (Bader, et al., 2003) unterstellt wurde.

Die Produktionsmenge für Klebstoffe wurde aus den Prodcum-Daten (Eurostat, 2017) anderer EU-Staaten mit einem ähnlichen Import-Export-Verhältnis abgeleitet – Estland, Litauen, Polen, Tschechische Republik, Bulgarien und Kroatien.

Die Import- und Exportdaten für Pharmazeutika wurden dem „Statistischen Jahrbuch 2017“ (Statistik Austria, 2017d) entnommen, woraus auch ein durchschnittlicher Produktwert von 85,50 EUR/kg errechnet wurde. Dieser wurde für die Umwertung der Produktionsdaten aus dem „Jahresbericht der chemischen Industrie 2016“ (FCIO, 2017) verwendet.

Bei den Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln konnte keine belastbare Quelle recherchiert werden, um den fossilen Anteil näher zu berücksichtigen. Für das Mengengerüst wurden aus der „Außenhandelsstatistik“ (Statistik Austria, 2017d) durchschnittliche Produktpreise errechnet und damit die

in der Prodcop-Datenbank verfügbaren Umsatzzahlen umgewertet (Eurostat, 2017). Der Materialeinsatz konnte dem „Grüner Bericht“ (BMLFUW, 2016b) entnommen werden.

Die Import- und Exportdaten für Seifen und Kosmetika wurden aus (Statistik Austria, 2017d) übernommen. Die Produktionsdaten wurden aus den Prodcop-Daten für Deutschland (Eurostat, 2017) in Relation zu den Branchenumsätzen in (cefic, 2017) umgerechnet.

Lagerbewegungen und Verluste wurden nicht berücksichtigt, somit ist grundsätzlich die Summe der Produktionsmengen und Importe gleich der Summe des Materialeinsatzes und der Exporte. In den zugrundeliegenden Daten berücksichtigte Lagerbewegungen und Verluste sind hier Fehlmengen.

Tabelle 6 Mengengerüst auf Fertigprodukteebene für Österreich 2015 (Quellen: FVMI, Eurostat, FCIO, ÖIV, BMLFUW und eigene Berechnungen)

| <i>in Tonnen</i> | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Maschinenöle</i> | 30.195 ± 2.053 | 32.677 ± 2.222 | 62.872 ± 4.513 | 24.734 ± 1.682 |
| <i>Schmiermittel</i> | 9.825 ± 668 | 10.845 ± 737 | 20.670 ± 1.484 | 10.807 ± 735 |
| <i>weitere Mineralölprodukte</i> | 1.433 ± 97 | 6.012 ± 409 | 7.445 ± 534 | 2.777 ± 189 |
| <i>Bitumen</i> | 290.268 ± 19.738 | 271.071 ± 18.433 | 561.339 ± 40.295 | 130.738 ± 8.890 |
| <i>Aktivkohle</i> | 1.713 ± 334 | 4.491 ± 103 | 3.566 ± 521 | 2.638 ± 61 |
| <i>Koks</i> | 11.922 ± 388 | 8.530 ± 277 | 20.452 ± 815 | 4 ± 0 |
| <i>Verpackungen aus Kunststoff</i> | 412.000 ± 31.056 | 183.685 ± 5.975 | 407.634 ± 16.239 | 188.052 ± 6.117 |
| <i>Baubedarf aus Kunststoff</i> | 227.386 ± 35.556 | 81.043 ± 8.013 | 270.074 ± 58.916 | 38.355 ± 3.792 |
| <i>Haushaltswaren aus Kunststoff</i> | 50.537 ± 4.437 | 104.170 ± 3.388 | 102.381 ± 4.231 | 52.325 ± 1.702 |
| <i>Industrieprodukte aus Kunststoff</i> | 325.567 ± 28.805 | 33.681 ± 2.418 | 333.826 ± 36.451 | 23.919 ± 1.717 |
| <i>Fahrzeugreifen¹³</i> | 0 ± 0 | 21.474 ± 4.478 | 17.948 ± 3.743 | 3.525 ± 735 |
| <i>Farben und Lacke</i> | 56.979 ± 2.270 | 83.721 ± 3.335 | 87.110 ± 6.566 | 53.590 ± 2.135 |
| <i>Klebstoffe</i> | 19.351 ± 8.017 | 37.536 ± 1.221 | 47.381 ± 6.760 | 9.507 ± 309 |
| <i>Pharmazeutika¹⁴</i> | 25.251 ± 5.508 | 90.673 ± 2.949 | 13.979 ± 1.054 | 101.944 ± 3.316 |
| <i>Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel¹⁵</i> | 48.175 ± 10.509 | 34.922 ± 2.632 | 4.814 ± 346 | 76.892 ± 5.796 |
| <i>Seifen und Kosmetika</i> | 34.917 ± 4.917 | 82.170 ± 2.673 | 63.964 ± 3.844 | 26.289 ± 855 |
| <i>Fertigprodukteebene</i> | 1.545.519 ± 60.885 | 1.086.701 ± 22.764 | 2.025.456 ± 82.751 | 746.096 ± 13.806 |

¹³ reduziert auf den Anteil an Synthesekautschuk

¹⁴ ohne Abschätzung des fossilen Anteils

¹⁵ ohne Abschätzung des fossilen Anteils, jedoch rund 20 % davon Schwefel (AGES, 2015)

Auf Ebene der Fertigprodukte sticht der hohe Materialeinsatz von Bitumen hervor, der jeweils in etwa zur Hälfte durch die inländische Produktion und Importe abgedeckt wird. Mengenmäßig ebenso relevant sind die jeweiligen Kunststoffproduktsparten.

2.6. Gesamtschau der fossilen Stoffströme

Das in den vorangegangenen Unterkapiteln beschriebene Mengengerüst wurde in ein Stoffflussdiagramm übertragen, um die Mengenverhältnisse zwischen den einzelnen Betrachtungsebenen besser greifbar zu machen. Dass die einzelnen Datenelemente bereits bei der Quantifizierung des qualitativen Modells auf ihren fossilen Anteil – sofern notwendig – reduziert wurden, erleichtert die Vergleichbarkeit für den in den folgenden Kapiteln beschriebenen Ausblick in eine vollständig biobasierte Industrie.

Nicht berücksichtigt wurden etwaige Stoffkreisläufe, wie zum Beispiel das stoffliche Recycling von Kunststoffabfällen. 2014 wurden durchschnittlich 33,6 % der Kunststoffabfälle stofflich wiederverwertet, wobei rund 292 kt Kunststoffabfälle anfielen (BMLFUW, 2017). Für die gegenständliche Betrachtung würde das einen geschlossenen Stoffkreislauf von knapp 9 % der in Verkehr gebrachten Kunststoffprodukte bedeuten, der in dieser ersten Abschätzung vernachlässigt wurde, da auch weitere Stoffkreisläufe im begrenzten Projektrahmen nicht entsprechend untersucht werden konnten. Eine detaillierte Betrachtung des Kunststoffsektors bieten (Van Eygen, et al., 2016).

In Abbildung 3 sind Importströme rot eingezeichnet, die inländische Entnahme blau, die inländische Verwendung grün, Exportströme türkis und die Stoffströme dazwischen gelb. Sehr gut ersichtlich ist, die zentrale Rolle die Kunststoffe in dieser Betrachtung einnehmen – insbesondere Verpackungskunststoffe.

Abseits der Kunststoffe (mit insgesamt 1.114 kt) zeigt sich ein hoher Bitumenverbrauch (von 561 kt), während die weiteren betrachteten Fertigproduktgruppen einen mengenmäßigen Abstand aufweisen. Die nächsten „Hot Spots“ sind Farben und Lacke (87 kt), Seifen und Kosmetika (64 kt) sowie Maschinenöle (63 kt). Bei alldiesem muss rund die Hälfte oder mehr des Materialeinsatzes importiert werden und Österreich war 2015 bei diesen Produktgruppen Nettoimporteur.

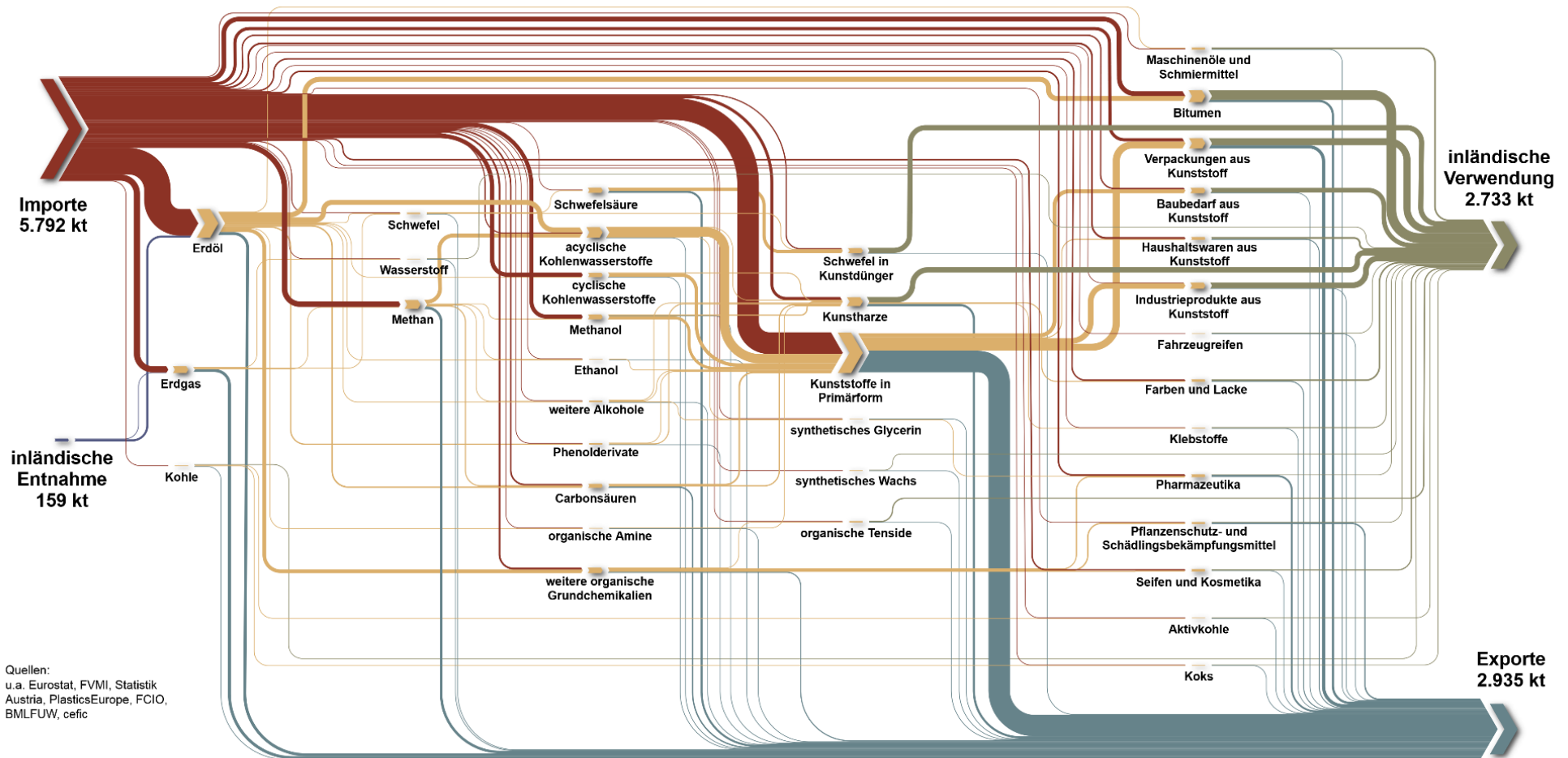
Auf der Ebene der Vorprodukte dominieren mengenmäßig die Kunststoffe in Primärform (1.107 kt), gefolgt von Kunstharzen (449 kt) und Schwefel in Kunstdünger (298 kt). Auch hier übersteigen die Importe die Exporte.

Betrachten man die großen Eckzahlen, dann wurden 2015 in Österreich rund 6.000 kt fossile Roh- und Grundstoffe sowie Vor- und Fertigprodukte stofflich verwendet, um knapp 5.700 kt Produkte bereitzustellen, wovon rund die Hälfte in den Export ging.

Abbildung 3 Stoffflussdiagramm zur stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe in Österreich 2015 (eigene Darstellung)

Abschätzung der stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe in Österreich 2015

Stoffströme weitestgehend reduziert auf ihren fossilen Anteil



Nicht abgebildet sind nicht-fossile Stoffströme, Lagerbewegungen und Verluste. Dadurch ergeben sich Fehlmengen in der Darstellung.

Erarbeitet und erstellt von scenario editor und alchemia-nova im Auftrag des bmvit. Version: Februar 2018.

2.7. Fossile versus biobasierte Stoffströme

Im Zuge der Datenrecherchen konnten nur bedingt Zahlen ermittelt werden, die einen Vergleich von fossilen und biobasierten Stoffströmen zulassen. Mit der Analyse der „Biogene Materialflüsse in Österreich“ von (Kalt & Amtmann, 2014) wäre eine gute Basis vorhanden, jedoch sind die Datengranulierungen zu unterschiedlich für einen Vergleich.

Bei der Ethanol-Produktion in Österreich kann mit Sicherheit gesagt werden, dass die Bioethanol-Menge deutlich überwiegt und bestimmend ist, siehe (BMLFUW, 2016a).

Das genaue Gegenteil ist bei der Kunststoff-Produktion der Fall. Hier stehen 1.091 kt fossiler Kunststoff geschätzten 5 kt Biokunststoff gegenüber (Strasser, et al., 2009).

Bei Aktivkohle konnte keine belastbare Quelle für Österreich oder Europa identifiziert werden, die die Verteilung zwischen fossiler und biogener Aktivkohle belegt.

(Bridgestone, 2013) gibt an, dass PKW-Reifen zu 18 % aus Naturkautschuk und zu 25 % aus Synthetikautschuk bestehen (der Rest sind Füllstoffe, Textilien, Stahl und weitere Materialien). Bei LKW-Reifen ist das Verhältnis 37 % Naturkautschuk zu 8 % Synthetikautschuk.

Zu betonen ist, dass vorwiegend fossil-dominierte Produkte und Produktgruppen Gegenstand der Untersuchung waren. Es lässt sich aber vermuten, dass es noch weitere Bereiche gibt, in denen fossile und biobasierte Rohstoffe in direkter Konkurrenz stehen bzw. im selben Produkt verarbeitet werden. Dafür würde es allerdings deutlich weitergehende Recherchen benötigen, als für die gegenständliche Studie möglich waren.

3. Visualisierung der Substitutionsmöglichkeiten

Unter den biobasierten Substitutionspfaden haben sich erst wenige großtechnisch etabliert. In der chemischen bzw. biochemischen Technologie gibt es stets mehrere Optionen für Umwandlungsprozesse, unter denen sich mit der Zeit technologisch und wirtschaftlich ausgereifte Prozesse als Best Available Technologies (BAT) herauskristallisieren. Die biobasierte Industrie steht hier in vielen Bereichen noch am Beginn dieser Entwicklung, wodurch die möglichen Technologiepfade schwer einzuordnen sind, da aus jetziger Sicht technologische und wirtschaftliche Fragen offenbleiben und somit kaum eine Technologie eindeutig als die beste für ein bestimmtes Produkt benannt werden kann.

Um in diesem noch diffusen Umfeld eine bessere Übersicht zu schaffen, wurde im gegenständlichen Projekt eine qualitative und interaktive Darstellung der bekannten Ansätze für eine biobasierte Substitution der stofflich genutzten fossilen Produkte erarbeitet werden.

3.1. Datenbasis und Methodik

Eine komplette Sammlung der recherchierten biobasierten Technologiepfade inklusive der jeweiligen Literaturquellen findet sich im Anhang. Die für die in weiterer Folge entwickelten Szenarien ausgewählten Technologiepfade werden in Kapitel 4.3 kurz beschrieben.

Die breit angelegte Literaturrecherche hatte nicht nur zum Ziel, die notwendigen Annahmen für die Szenarien zu liefern, sondern auch die Zusammenstellung eines möglichst umfassenden biobasierten Technologiekatalogs. Für diesen wurden Lignocellulose, Stärke, Zucker, Pflanzenöle, Proteine und Naturkautschuk als Hauptgruppen an Ausgangsstoffen definiert. Ausgehend von diesen Hauptgruppen wurden die recherchierten Technologiepfade zugeordnet. Dadurch konnten vollständige Umwandlungsketten zusammengestellt werden, die mit bei diesen biobasierten Hauptgruppen beginnen und bis zu den Produktgruppen führen, wie sie für das fossile Mengengerüst erarbeitet wurden.

Für die Erstellung des interaktiven Beziehungsdiagramms wurde die Online-Software kumu verwendet¹⁶.

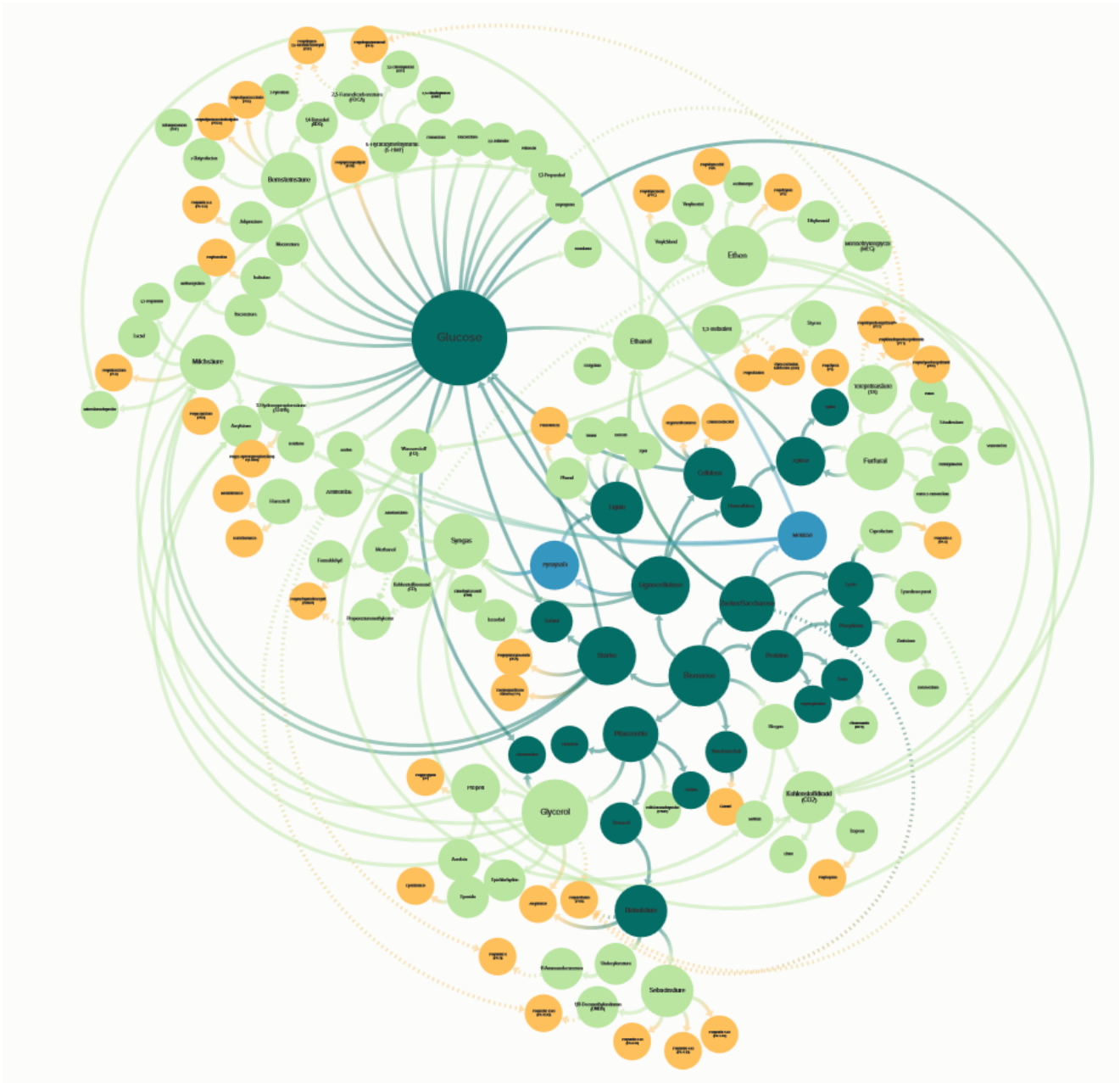
3.2. Ansatzpunkte für die biobasierte Industrie

Die möglichen Technologiepfade stellen aufgrund der Vielzahl an Zwischenprodukten und Umwandlungsoptionen ein komplexes Netzwerk an Einzeltechnologien dar. Um diese Komplexität greifbar zu machen, wurden die biobasierten Technologiepfade in einem interaktiven Programm zusammengefasst, welches auch nach Projektende zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung steht.

¹⁶ Wie sie zum Beispiel auch von der Ellen MacArthur Foundation verwendet wird.

Ausgehend vom zentralen Element „Biomasse“ können über die sechs Hauptgruppen und die Vielzahl an Zwischenprodukten die gewünschten Endprodukte ausgewählt werden. Die Gesamtsicht des erarbeiteten Diagramms ist in Abbildung 4 ersichtlich.

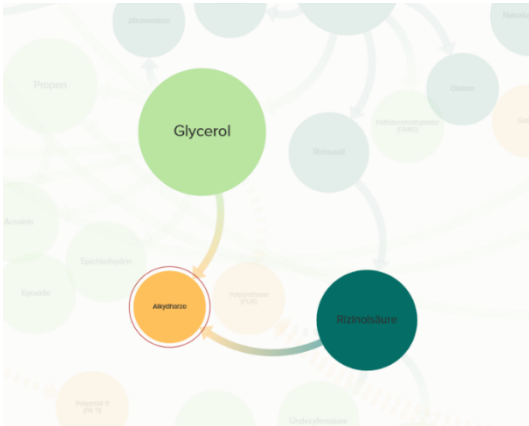
Abbildung 4 Screenshot des interaktiven Beziehungsdiagramms (eigene Darstellung)



Dunkelgrün dargestellt sind Naturstoffe sowie die möglichen Technologiepfade über Zwischenprodukte (hellgrün), um bis zu den Endprodukten (gelb) zu gelangen. Hellblau sind Pyrolyseöl und Melasse als industrielle Nebenprodukte hervorgehoben.

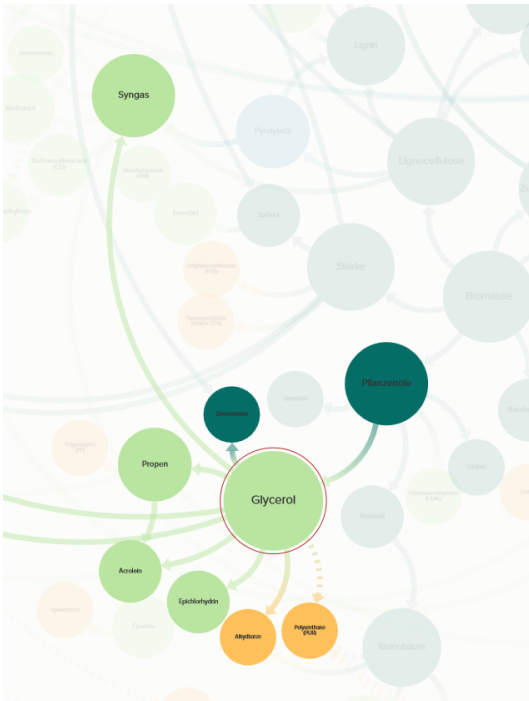
Via Mouse-Over kann man sich ein Produkt auswählen, wodurch die mit dem Produkt verbundenen Produkte hervorgehoben werden. Die Größe eines Kreises hängt davon ab, wie viele weitere Stoffe oder Produkte daraus hergestellt werden können.

Abbildung 5 Beispiel „Alkydharz“ (eigene Darstellung)



Wählt man sich ein Produkt aus – im obigen Beispiel „Alkydharz“ – ist direkt ersichtlich, dass dieses sowohl aus „Glycerol“ oder „Rizinolsäure“ hergestellt werden kann. Angezeigt werden lediglich die Hauptrohstoffe, Hilfsstoffe sind nicht hinterlegt.

Abbildung 6 Beispiel „Glycerol“ (eigene Darstellung)



Entscheidet man sich nun für den Herstellungsprozess über „Glycerol“ und bewegt die Maus weiter, werden alle mit „Glycerol“ verbundenen Produkte hervorgehoben. Man sieht also gleichzeitig, woraus „Glycerol“ hergestellt werden kann und auch welche weiteren Produkte aus „Glycerol“ hergestellt werden

können. Ein gestrichelter Pfeil bedeutet, dass mehrere Rohstoffe für die Herstellung des jeweiligen Produkts notwendig sind.

Links oben in der gesamten Ansicht des Diagramms findet sich ein Suchfeld, das beim schnellen Auffinden von einem gesuchten Produkt weiterhilft. Es wird nicht nur der Produktname, sondern auch nach deren Anwendung, Kategorie, Stoffgruppe und Stoffklasse gesucht.

Das Diagramm versteht sich als Open-Source, wodurch eine ständige Aktualisierung und Weiterentwicklung maßgeblich erleichtert wird. Auch können weitere Inhalte zu den im Diagramm dargestellten Produkten direkt hinzugefügt werden.

Das interaktive Diagramm kann kostenfrei unter <https://www.kumu.io/alcn/c-mfa-o> abgerufen werden.

4. Abschätzung des Ressourcenbedarfs

Um aufbauend auf dem fossilen Mengengerüst den biobasierten Ressourcenbedarf abschätzen zu können, wurde exemplarisch für jede Produktgruppe ein Substitutionspfad ausgewählt. Anhand dieser bereits zur Verfügung stehender bzw. beforschter Technologien soll abgesteckt werden, in welcher Größenordnung sich der resultierende Flächenbedarf bewegt.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, eben diese Eckpfeiler beschreiben zu können, um einerseits eine erste fundierte Abschätzung für den Ressourcenbedarf einer vollständig biobasierten Industrie in Österreich beziffern zu können und andererseits „weiße Flecken“ bei den dafür notwendigen Technologien bzw. Produktgruppen aufzuzeigen. Die Erarbeitung einer konkreten Strategie oder umfassenden Prognose war nicht Ziel der vorliegenden Studie, wenngleich ein erster Pflasterstein für diesen Pfad damit gelegt wird.

4.1. Datenbasis und Methodik

Die entwickelten Szenarien basieren auf dem erarbeiteten fossilen Mengengerüst, um die benötigten Mengen an Produkten abzubilden sowie den recherchierten biobasierten Technologiepfaden, die insgesamt einen Überblick darüber geben, welche Technologien derzeit zur Verfügung stehen bzw. in naher Zukunft zur Verfügung stehen werden.

Für die Szenarien wurde je (fossiler) Produktgruppe ein biobasierter Technologiepfad ausgewählt, der in dieser Abschätzung exemplarisch für die gesamte Produktgruppe stehen soll. Da das Ziel der vorliegenden Studie ist, eine erste fundierte Abschätzung zu liefern, wurde bewusst ein vereinfachter Ansatz gewählt. Damit sind die erarbeiteten Szenarienergebnisse eine Orientierung für weiterführende und vertiefende Detailstudien.

Die zu den biobasierten Technologiepfaden berechneten Konversionsfaktoren für den Flächen-, Düngemittel- und Wasserbedarf dienen dazu, die Szenarienergebnisse zu beurteilen und abzustecken, welcher Mehrbedarf „schlimmstenfalls“ anzunehmen ist bzw. in welchen Größenordnungen sich dieser bewegt.

4.2. Auswahl der Szenarien

Die Szenarien bilden jeweils den Extremfall ab, dass die gesamte österreichische Produktion von stofflichen genutzten fossilen Grundstoffen, Vorprodukten und Fertigprodukten biobasiert substituiert wird.

In diesen drei Szenarien wurden jeweils der Flächen-, Düngemittel- und Wasserbedarf für den zutreffenden Betrachtungsrahmen abgeschätzt und gegenübergestellt.

4.3. Auswahl der biobasierten Substitutionspfade

Für die Auswahl der biobasierten Substitutionspfade wurde für jedes Produkt bzw. jede Produktgruppe aus dem fossilen Mengengerüst exemplarisch ein biobasierter Substitutionspfad ausgewählt. Die Auswahl erfolgte vorwiegend danach, welcher Technologiepfad eine möglichst hohe Flächeneffizienz verspricht.

In den folgenden Tabellen ist die Zuordnung der ausgewählten Technologiepfade übersichtlich zusammengefasst und ergänzt um deren Technologiereife, Grundstoffe, Konversionsfaktoren und die dafür herangezogenen Literaturquellen.

Tabelle 7 ausgewählte biobasierte Substitutionspfade auf Grundstoffebene (Quellen: siehe Tabelle)

| Grundstoff | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie-reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbaufläche | m³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|--|---|--------------------------|
| <i>Schwefel & Schwefelsäure</i> | kein Substitutionspfad identifiziert | | | | | | | | |
| <i>Wasserstoff</i> | Elektrolyse aus Wasser | | | TRL 7-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- |
| <i>Methan</i> | Methan | Biogas | Mais | TRL 7-9 | 1,27 | 215 | 45 | 59 % | (Weiland, 2010) |
| <i>acyclische Kohlenwasserstoffe</i> | Propen | Stärke | Weizen | TRL 7-9 | 6,24 | 175 | 40 | 56 % | (IfBB, 2016) |
| <i>cyclische Kohlenwasserstoffe</i> | Phenol | Ligno-cellulose | Holz | TRL 1-3 | 2,08 | 0 | 0 | 0 % | (Mullen & Boateng, 2010) |
| <i>Methanol</i> | Methanol | Ligno-cellulose | Holz | TRL 3-5 | 1,15 | 0 | 0 | 0 % | (Mudge, et al., 1985) |
| <i>Ethanol</i> | Ethanol | Zucker | Zucker-rübe | TRL 7-9 | 0,25 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |
| <i>weitere Alkohole</i> | Iso-butanol | Zucker | Zucker-rübe | TRL 5-7 | 0,31 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |

| Grundstoff | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie-reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbaufläche | m³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|--|---|--------------------------|
| <i>Phenol-derivate</i> | Phenol | Ligno-cellulose | Holz | TRL 1-3 | 2,08 | 0 | 0 | 0 % | (Mullen & Boateng, 2010) |
| <i>Carbon-säuren</i> | Essig-säure | Zucker | Zucker-rübe | TRL 7-9 | 0,21 | 215 | 50 | 37 % | (Claus, et al., 2006) |
| <i>organische Amine</i> | Ethylen-diamin | Zucker | Zucker-rübe | TRL 1-3 | 0,59 | 215 | 50 | 37 % | (Elinor, et al., 2007) |
| <i>weitere org. Grund-chemikalien</i> | Aceton | Stärke | Mais | TRL 3-5 | 1,53 | 215 | 45 | 59 % | (IfBB, 2016) |

Tabelle 8 ausgewählte biobasierte Substitutionspfade auf Vorproduktebene (Quellen: siehe Tabelle)

| Vorprodukt | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie-reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbaufläche | m³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|----------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|--|---|--------------------------|
| <i>Kunststoffe in Primärform</i> | siehe Fertig-produkt-ebene | Zucker | Zucker-rübe | TRL 3-9 | 0,43 | 215 | 50 | 37 % | siehe Fertigproduktebene |
| <i>Kunstharze</i> | Harn-stoff-harze | Ligno-cellulose | Holz | TRL 1-3 | 1,00 | 0 | 0 | 0 % | (Qian, et al., 2003) |
| <i>synth. Glycerin</i> | Glycerin | Pflanzen-öle | Raps | TRL 7-9 | 9,76 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |
| <i>synth. Wachs</i> | Rapsöl | Pflanzen-öle | Raps | TRL 7-9 | 0,88 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |
| <i>organische Tenside</i> | kein belastbares Zahlenmaterial identifiziert | | | | | | | | |

| Vorprodukt | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie-reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbaufläche | m ³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------|
| Schwefel in Kunstdünger | kein Substitutionspfad identifiziert | | | | | | | | |

Tabelle 9 ausgewählte biobasierte Substitutionspfade auf Fertigproduktebene (Quellen: siehe Tabelle)

| Fertigprodukt | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie-reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbaufläche | m ³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------|
| Maschinenöle | Rapsöl | Pflanzenöle | Raps | TRL 7-9 | 0,88 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |
| Schmiermittel | Rapsöl | Pflanzenöle | Raps | TRL 7-9 | 0,88 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |
| sonst. Mineralölprodukte | Rapsöl | Pflanzenöle | Raps | TRL 7-9 | 0,88 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |
| Bitumen | Bitumen | Lignin | Holz | kein belastbares Zahlenmaterial identifiziert | | | | | |
| Aktivkohle | Holz | Ligno-cellulose | Holz | kein belastbares Zahlenmaterial identifiziert | | | | | |
| Koks | Holz | Ligno-cellulose | Holz | kein belastbares Zahlenmaterial identifiziert | | | | | |
| Verpackungen | PET | Zucker | Zucker-rübe | TRL 7-9 | 0,34 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |
| Baubedarf | PVC | Zucker | Zucker-rübe | TRL 3-5 | 0,26 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |
| Haushaltswaren | PE | Zucker | Zucker-rübe | TRL 7-9 | 0,53 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |

| Fertig- produkt | ausgewähltes Produkt | biobasierter Grundstoff | biobasierter Rohstoff | Technologie- reifegrad | Hektar pro Tonne und Jahr Produkt | kg Düngemittel pro ha Anbau- fläche | m³ Wasser pro ha Anbaufläche | erhöhter Flächenbedarf für Bio-Landbau | Literaturquelle |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|----------------------------|
| <i>Industrie- produkte</i> | PS | Zucker | Zucker- rübe | TRL 3-5 | 0,64 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |
| <i>Fahrzeug- reifen</i> | SBR | Zucker | Zucker- rübe | TRL 3-5 | 0,63 | 215 | 50 | 37 % | (IfBB, 2016) |
| <i>Farben und Lacke</i> | Harn- stoff- harze | Ligno- cellulose | Holz | TRL 1-3 | 1,00 | 0 | 0 | 0 % | (Qian, et al., 2003) |
| <i>Klebstoffe</i> | Harn- stoff- harze | Ligno- cellulose | Holz | TRL 1-3 | 1,00 | 0 | 0 | 0 % | (Qian, et al., 2003) |
| <i>Pharma- zeutika</i> | Ethylen- diamin | Zucker | Zucker- rübe | TRL 1-3 | 0,59 | 215 | 50 | 37 % | (Elinor, et al., 2007) |
| <i>Pflanzen- schutzmittel</i> | Tetra- hydro- furan | Stärke | Mais | TRL 1-3 | 0,50 | 215 | 45 | 59 % | (Zimmermann, et al., 1994) |
| <i>Kosmetika</i> | Glycerin | Pflanzen- öle | Raps | TRL 7-9 | 9,76 | 205 | 50 | 12 % | (Barnwal & Sharma, 2005) |

Nicht für alle Produktgruppen konnten biobasierte Substitutionspfade ausgewählt werden. Für z. B. Schwefel gibt es keine Lösungen in der Literatur. Bei z. B. Bitumen konnte kein ausreichend belastbares Zahlenmaterial gefunden werden. Produkte, für die kein Substitutionspfad identifiziert werden konnte, wurden aus den weiteren Szenarienberechnungen ausgeklammert.

4.4. Szenarienergebnisse

Für alle drei Betrachtungsebenen der Szenarien wurden Diagramme angefertigt, in denen die berücksichtigten fossilen Produkte (inklusive ihrer Produktionsmengen 2015) und die nach biobasierten Grundstoffen geordneten dafür erforderlichen Flächenbedarfe für den Anbau ersichtlich sind. Zusätzlich wurde die jeweilige Technologiereife herausgearbeitet, um mit einem Blick erkennen zu können, in welchen Bereichen bzw. in welchen Größenordnungen noch entsprechende Forschungserfolge notwendig sind.

4.4.1. Ergebnisse auf Ebene der Grundstoffe

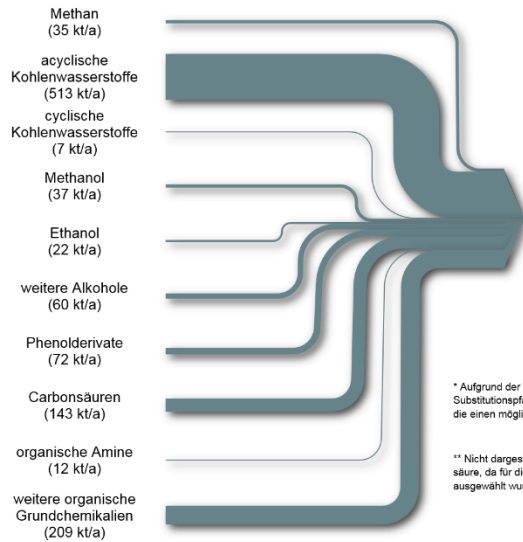
Eine biobasierte Substitution auf Grundstoffebene führt nach der Abschätzung im gewählten Szenario einer vollständig biobasierten Industrie in Österreich zu einem Mehrbedarf an Anbauflächen (land- und forstwirtschaftlich in Summe) von rund 3,8 Millionen Hektar. Hinzu kämen ein Düngemittelbedarf von rund 650.000 Tonnen pro Jahr und ein Wasserbedarf von rund 148 Millionen Kubikmeter pro Jahr (je nach Standort bzw. ob neue Anbauflächen genutzt werden, fällt der Düngemittel- und / oder Wasserbedarf auch geringer aus). Mit einer biologischen Landwirtschaft ließen sich zwar der Düngemittel- und Wassermehrbedarf reduzieren, jedoch steigt dadurch der Flächenbedarf um rund 50 %.

Abbildung 7 Substitutionsszenario auf Grundstoffebene (Datenquellen siehe Grafik; eigene Darstellung)

Substitutionsszenario auf Grundstoffebene Produktion für die stoffliche Verwendung

Theoretisch vollständige Substitution der in Österreich 2015 aus fossilen Rohstoffen produzierten Grundstoffe durch ausgewählte derzeit verfügbare bzw. abschätzbare biobasierte Technologiepfade*.

Abschätzung der jährlichen Produktionsmengen** in Österreich im Jahr 2015



biobasierte Substitution der in Österreich produzierten Grundstoffe

* Aufgrund der Vielzahl an technologisch denkbaren Substitutionspfaden, wurden exemplarisch jene ausgewählt, die einen möglichst geringen Flächenbedarf versprechen.

** Nicht dargestellt sind Schwefel, Wasserstoff und Schwefelsäure, da für diese keine biobasierten Substitutionspfade ausgewählt wurden bzw. identifiziert werden konnten.

Hauptquellen für die fossile Seite: Statistik Austria, FVMI, Eurostat, PlasticsEurope, FCIO, cefic und eigene Berechnungen

Hauptquellen für die biobasierte Seite: IFB, Mullen & Boateng, Mudge et al., Claus et al., Elinor et al. und eigene Berechnungen

Abschätzung der notwendigen Anbauflächen zur Abdeckung der jährlich benötigten Produktionsmengen

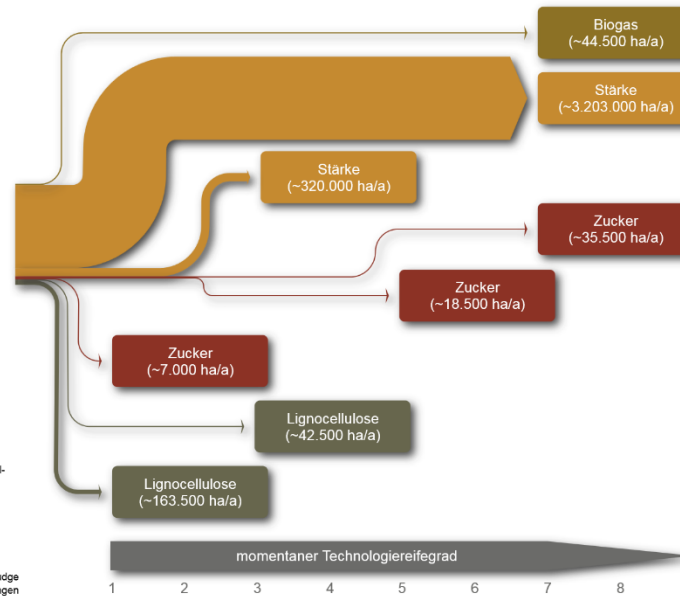


Tabelle 10 Mehrbedarf durch eine vollständige biobasierte Substitution auf Grundstoffebene (Quelle: eigene Berechnungen)

| Grundstoffebene | Flächenbedarf in ha | Düngemittel- bedarf in t | Wasserbedarf in t | Flächenbedarf im Biolandbau in ha |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <i>Schwefel & Schwefelsäure</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Wasserstoff</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Methan</i> | 44.514 | 9.571 | 2.003.140 | 70.658 |
| <i>acyclische Kohlenwasserstoffe</i> | 3.202.966 | 560.519 | 128.118.622 | 5.004.634 |
| <i>cyclische Kohlenwasserstoffe</i> | 14.637 | 0 | 0 | 14.637 |
| <i>Methanol</i> | 42.258 | 0 | 0 | 42.258 |
| <i>Ethanol</i> | 5.463 | 1.175 | 273.148 | 7.484 |
| <i>weitere Alkohole</i> | 18.458 | 3.968 | 922.886 | 25.285 |
| <i>Phenolderivate</i> | 148.874 | 0 | 0 | 148.874 |
| <i>Carbonsäuren</i> | 29.936 | 6.436 | 1.496.796 | 41.008 |
| <i>organische Amine</i> | 6.975 | 1.500 | 348.738 | 9.554 |
| <i>weitere organische Grundchemikalien</i> | 320.336 | 68.872 | 14.415.111 | 508.470 |
| Summe | 3.834.416 | 652.040 | 147.578.442 | 5.872.860 |

Zu betonen ist, dass hierbei der Mehrbedarf für den Wegfall der „Schwefel-Quellen“ Erdöl und Erdgas nicht berücksichtigt werden konnten. Schwefel ist nicht nur in der Landwirtschaft ein wichtiger Rohstoff (AGES, 2015), sondern v. a. in Form von Schwefelsäure auch in der Industrie.

4.4.2. Ergebnisse auf Ebene der Vorprodukte

Die biobasierte Substitution auf Vorprodukteebene führt wahrscheinlich zu einem deutlich geringeren Flächenbedarf als die Substitution auf Grundstoffebene. Im Szenario zeigt sich das durch einen Mehrbedarf von knapp 1,1 Millionen Hektar Anbaufläche, rund 140.000 Tonnen Düngemittel und rund 32 Millionen Kubikmeter Wasser. Der erhöhte Flächenbedarf durch Biolandwirtschaft liegt in diesem Szenario bei knapp unter 20 %.

Abbildung 8 Substitutionsszenario auf Vorproduktebene (Datenquellen siehe Grafik; eigene Darstellung)

Substitutionsszenario auf Vorproduktebene Produktion für die stoffliche Verwendung

Theoretisch vollständige Substitution der in Österreich 2015 aus fossilen Rohstoffen produzierten Vorprodukte durch ausgewählte derzeit verfügbare bzw. abschätzbare biobasierte Technologiepfade*.

Abschätzung der jährlichen Produktionsmengen**

in Österreich im Jahr 2015



Hauptquellen für die fossile Seite: Statistik Austria, FVM, Eurostat, PlasticsEurope, FCI/O, cefic und eigene Berechnungen

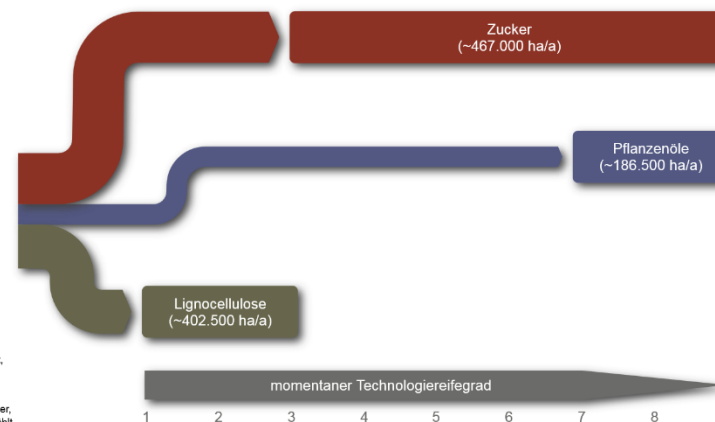
Hauptquellen für die biobasierte Seite: IBB, Qian et al., Barnwal & Sharma und eigene Berechnungen

* Aufgrund der Vielzahl an technologisch denkbaren Substitutionspfaden, wurden exemplarisch jene ausgewählt, die einen möglichst geringen Flächenbedarf versprechen.

** Nicht dargestellt sind organische Tenside und Kunstdünger, da für diese keine biobasierten Substitutionspfade ausgewählt wurden bzw. identifiziert werden konnten. Für synthetisches Wachs konnten keine Produktionsdaten für Österreich recherchiert werden.

Abschätzung der notwendigen Anbauflächen

zur Abdeckung der jährlich benötigten Produktionsmengen



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Tabelle 11 Mehrbedarf durch eine vollständige biobasierte Substitution auf Vorproduktebene (Quelle: eigene Berechnungen)

| Vorproduktebene | Flächenbedarf in ha | Düngemittel- bedarf in t | Wasserbedarf in t | Flächenbedarf im Biolandbau in ha |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <i>Kunststoffe in Primärform</i> | 467.106 | 100.428 | 23.355.282 | 639.871 |
| <i>Kunstharze</i> | 402.444 | 0 | 0 | 402.444 |
| <i>synthetisches Glycerin</i> | 186.377 | 38.207 | 9.318.848 | 209.412 |
| <i>synthetisches Wachs</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>organische Tenside</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Schwefel in Kunstdünger</i> | --- | --- | --- | --- |
| Summe | 1.055.926 | 138.635 | 32.674.130 | 1.251.727 |

Da in Österreich laut Statistik-Daten kein synthetisches Wachs hergestellt wird, fällt im Substitutions-szenario kein diesbezüglicher Mehrbedarf an. Auch auf Ebene der Vorprodukte konnte kein biobasierter Technologiepfad für schwefelhaltige Düngemittel identifiziert werden. Ebenso ließen sich keine belastbaren Zahlen für die Substitution der rund 39 kt in Österreich produzierten Tenside recherchieren (diese könnten zum Beispiel durch Saponine aus Seifenkraut, Waschnüssen oder Kastanien substituiert werden), wodurch diese im Szenario nicht berücksichtigt werden konnten.

4.4.3. Ergebnisse auf Ebene der Fertigprodukte

Die biobasierte Substitution auf Fertigprodukteebene führt im Szenario zu einem Mehrbedarf an Anbauflächen von rund 0,9 Millionen Hektar. Hinzu kämen ein Düngemittelbedarf von rund 180.000 Tonnen pro Jahr und ein Wasserbedarf von rund 42 Millionen Kubikmeter pro Jahr. Mit einer biologischen Landwirtschaft ließen sich zwar der Düngemittel- und Wassermehrbedarf reduzieren, jedoch steigt dadurch der Flächenbedarf um rund 25 %.

Zu betonen ist bei den Ergebnissen auf Fertigprodukteebene, dass Bitumen nicht berücksichtigt werden konnte. Mit einer jährlichen Produktion von rund 290 kt in Österreich, stellt die biobasierte Substitution von Bitumen eine große Herausforderung dar. (Bleier, 2012) hat zwar bereits erste wichtige Schritte unternommen, um Bio-Bitumen zu entwickeln, dennoch wird es hierbei mehr Forschungsarbeiten benötigen, bis klarer abschätzbar ist, wie Bitumen vollständig biobasiert substituiert werden kann.

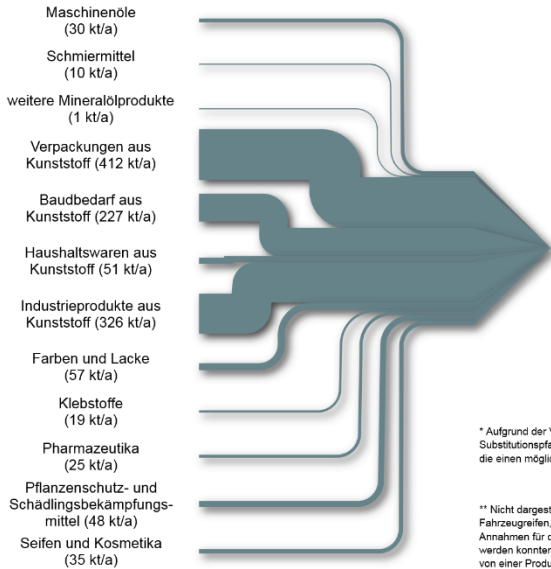
Abbildung 9 Substitutionsszenario auf Fertigproduktebene (Datenquellen siehe Grafik; eigene Darstellung)

Substitutionsszenario auf Fertigproduktebene Produktion für die stoffliche Verwendung

Theoretisch vollständige Substitution der in Österreich 2015 aus fossilen Rohstoffen produzierten Fertigprodukte durch ausgewählte derzeit verfügbare bzw. abschätzbare biobasierte Technologiepfade*.

Abschätzung der jährlichen Produktionsmengen**

in Österreich im Jahr 2015



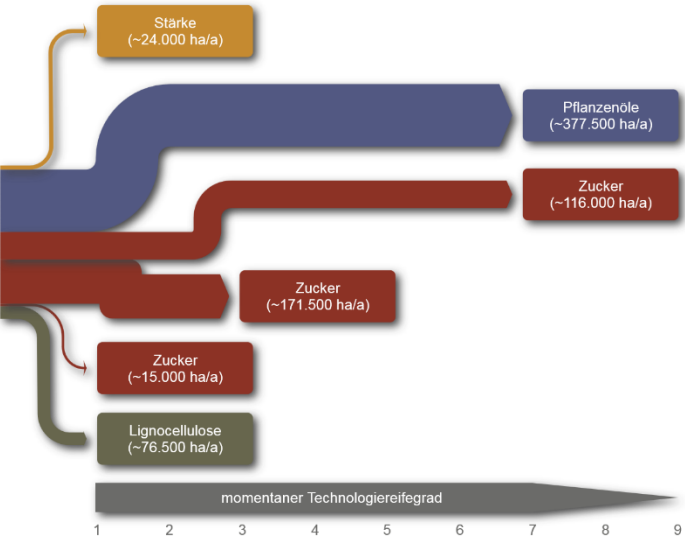
biobasierte Substitution der in Österreich produzierten Fertigprodukte

* Aufgrund der Vielzahl an technologisch denkbaren Substitutionspfaden, wurden exemplarisch jene ausgewählt, die einen möglichst geringen Flächenbedarf versprechen.

** Nicht dargestellt sind Bitumen, Aktivkohle, Koks und Fahrzeugreifen, da für diese keine ausreichend belastbaren Annahmen für die biobasierte Substitution recherchiert werden konnten; keine Produktion in Österreich erfolgt oder von einer Produktion ausschließlich aus Reststoffen ausgegangen werden kann.

Abschätzung der notwendigen Anbauflächen

zur Abdeckung der jährlich benötigten Produktionsmengen



Hauptquellen für die fossile Seite: Statistik Austria, FVM, Eurostat, PlasticsEurope, FCIO, cefic und eigene Berechnungen

Hauptquellen für die biobasierte Seite: IFBB, Barnwal & Sharma, Qian et al., Elinor et al., Zimmermann et al. und eigene Berechnungen

Tabelle 12 Mehrbedarf durch eine vollständige biobasierte Substitution auf Fertigprodukteebene (Quelle: eigene Berechnungen)

| Fertigproduktebene | Flächenbedarf in ha | Düngemittel- bedarf in t | Wasserbedarf in t | Flächenbedarf im Biolandbau in ha |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <i>Maschinenöle</i> | 26.572 | 5.447 | 1.328.580 | 29.856 |
| <i>Schmiermittel</i> | 8.646 | 1.772 | 432.300 | 9.715 |
| <i>weitere Mineralölprodukte</i> | 1.261 | 259 | 63.052 | 1.417 |
| <i>Bitumen</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Aktivkohle</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Koks</i> | --- | --- | --- | --- |
| <i>Verpackungen aus Kunststoff</i> | 140.080 | 30.117 | 7.004.000 | 191.890 |
| <i>Baubedarf aus Kunststoff</i> | 59.120 | 12.711 | 2.956.017 | 80.987 |
| <i>Haushaltswaren aus Kunststoff</i> | 26.785 | 5.759 | 1.339.231 | 36.691 |
| <i>Industrieprodukte aus Kunststoff</i> | 208.363 | 44.798 | 10.418.136 | 285.428 |
| <i>Fahrzeugreifen</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Farben und Lacke</i> | 56.979 | 0 | 0 | 56.979 |
| <i>Klebstoffe</i> | 19.351 | 0 | 0 | 19.351 |
| <i>Pharmazeutika</i> | 14.898 | 3.203 | 744.902 | 20.408 |
| <i>Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel</i> | 24.088 | 5.179 | 1.083.945 | 38.234 |
| <i>Seifen und Kosmetika</i> | 340.790 | 69.862 | 17.039.496 | 382.910 |
| Summe | 926.932 | 179.107 | 42.409.658 | 1.153.867 |

4.4.4. Diskussion der Szenarienergebnisse

Betont werden muss, dass die Szenarien nur indikativ interpretiert werden können, was auch der dahinterliegenden Zielsetzung entspricht. Selbst in dem stark vereinfachten Szenariodesign hat sich gezeigt, dass ein „Biobased Szenario“ sich höchst komplex gestaltet. Einerseits aufgrund der besonderen Vielzahl an technologischen Optionen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und andererseits aufgrund der zahlreichen möglichen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Technologiepfaden. Letztere wurden in diesem vereinfachten Szenario ausgeblendet.

Auch bei der Verfügbarkeit zitierfähiger und belastbarer Annahmen hat sich gezeigt, dass mitunter große Lücken vorliegen. Zwar lassen sich zu vielen Technologiepfaden entsprechend dokumentierte Versuche

und Berechnungen recherchieren, jedoch ist deren Vergleichbarkeit aufgrund des Labor- bis bestenfalls Pilotmaßstab nur bedingt gegeben.

Vergleicht man nun die konkreten Ergebnisse der drei berechneten Szenarien, lässt sich ein Trend erkennen, dass eine biobasierte Substitution eher auf Vor- bis Fertigprodukteebene erfolgen sollte, da dort der resultierende Flächenbedarf um den Faktor 3 bis 4 geringer ausfallen kann, was sich auch auf den Düngemittel- und Wasserbedarf positiv auswirkt. Das dürfte auf folgenden Aspekt zurück zu führen sein: Die direkte Konversion von biobasierten Rohstoffen in Fertigprodukte erscheint, pauschal betrachtet, weniger aufwändig als der „Umweg“ über die klassischen Grundstoffe der Petrochemie. Bei der direkten Konversion können biobasierte Rohstoffe (bzw. deren molekulare Strukturen) zum Teil oder zur Gänze erhalten bleiben und müssen nicht erst in kleinere Moleküle (klassische Grundstoffe) umgewandelt werden, um im Anschluss in für das Endprodukt benötigter Form wieder zusammengesetzt zu werden.

Die Flächenbedarfe in den Szenarien reichen von 0,9 bis 3,8 Millionen Hektar. Im Vergleich, in Österreich wurden 2013 insgesamt knapp 7,4 Millionen Hektar land- und forstwirtschaftlich genutzt (Statistik Austria, 2017e). Die Szenarien wurden bewusst so extrem gewählt, um eben genau diesen Aspekt der vermuteten Überbeanspruchung der verfügbaren Flächen hervorzuheben. Damit wurde verdeutlicht, dass die Ganzpflanzennutzung und Kreislaufführung in allen Ebenen zwingend benötigt wird, um eine vollständige Überleitung in eine biobasierte Industrie zu ermöglichen.

Der Vergleich der Technologiereife in den Szenarien gestaltet sich sehr unterschiedlich. Es wurden jene Technologiepfade ausgewählt, die einen möglichst geringen Flächenbedarf versprechen oder bereits belegen können – unabhängig davon, dass dieser durch eine Ganzpflanzennutzung und eventuelle Mischkulturen noch verbessert werden kann. In allen Szenarien zeigt sich, dass wesentliche Produkte mit den derzeit zur Verfügung stehenden Technologien gar nicht substituiert werden können (z. B. Bitumen, manche Tenside oder Schwefel). Darüber hinaus gibt es auf jeder Produktebene mitunter kritische Produkte, deren biobasierte 1-zu-1-Substitution noch von einer Marktreife entfernt ist (z. B. organische Amine).

Mit zahlenreichen Maßnahmen kann der Flächenbedarf derzeit und auch in Zukunft entlastet werden. Diese Maßnahmen sind zum Beispiel:

- Verminderung von Lebensmittelabfällen, derzeit bei 30 bis 50 % der Nahrungsmittelproduktion (Papargyropoulou, et al., 2014)
- Reduktion des Konsums von Fleisch und tierischen Nahrungsmitteln (Westhoek, et al., 2014)
- geringere durchschnittliche Kalorienaufnahme – empfohlen sind 2.000 kcal pro Tag, in Österreich waren es 2013 durchschnittlich 3.768 kcal pro Tag (Eurostat, 2013)
- kaskadische Nutzung sekundärer biogener Rohstoffe

Der Düngemittel- und Wasserbedarf kann zum Beispiel durch die Bewässerung mit Abwässern gesenkt werden. Die Gefahr einer Verunreinigung durch Pathogene ist durch die maschinelle Weiterverarbeitung und chemische Aufreinigung der Pflanzen(teile) in vielen Fällen beherrschbar.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Massenbezogene Produktions- und Einsatzdaten sind nicht über alle Produkte und Produktgruppen hinweg verfügbar. Dadurch werden auch Branchenbetrachtungen oder einzelne Produktentwicklungen mitunter erschwert. Öffentlich verfügbare Daten können eine Anreizwirkung haben, indem klargestellt ist, für welche Größenordnungen Lösungen gesucht werden. Auch für das Monitoring, um den Fortschritt in dieser Überleitung zu messen, ist eine transparente und verfügbare Datenlage essenziell. Darüber hinaus kann die Entwicklung und Finanzierung von Pilotanlagen maßgeblich unterstützt werden, da die jeweiligen Marktgröße besser abgeschätzt werden kann. Mit diesem Einblick lassen sich auch Nischenmärkte besser erkennen, in denen wiederum die ersten KundInnen für die mit der Pilotanlage erzeugten Produkte zu finden sind. Somit kann eine gewisse Markt- und Datentransparenz weitere Technologieentwicklungen forcieren.

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten einige flächeneffiziente, biobasierte Technologiepfade identifiziert werden, die noch wenig ausgereift sind (TRL 1-3). Für Bitumen und teilweise Kunststoffe wurde die recherchierten Technologiepfade in TRL 3-5 eingestuft. Beide Produktgruppen (Bitumen und Kunststoffe) stellen „Massenprodukte“ dar, deren biobasierte Substitution große ökologische, sozio-ökonomische und technologische Verbesserungen mit sich bringen kann.

Aus der intensiven Befassung mit der Thematik im Rahmen der vorliegenden Studie lassen sich darüber hinaus folgende vielversprechende Forschungsschwerpunkte ableiten:

- In vielen Bereichen besteht ein interessanter Markt mit innovativen Unternehmen in Österreich. Wo sind die „low hanging fruits“ für Österreich im Speziellen? In welchen Branchen evtl. Nischen kann eine Technologieführerschaft in Europa oder global erreicht werden? Mit welchen Push- und Pull-Effekten lässt sich die biobasierte Transformation beschleunigen?
- Vernetzung von unterschiedlichen Stakeholdern führt in der Regel zu Kooperationen und Innovationen. Österreichische Unternehmen der biobasierten Industrie zeichnen sich vor allem durch Flexibilität und Innovationskraft aus. Wie kann man diese Unternehmen vermehrt dazu motivieren, ihre Stärken in internationalen Forschungsnetzwerken und -projekten einzubringen?
- Weiterverwendung und Wiederverwertung sind zentrale Themen für eine biobasierte Industrie in Österreich. Woran es fehlt, ist eine fundierte und sachliche Analyse, in welchen Bereichen geschlossene Stoffkreisläufe möglich sind, wie diese erreicht werden können und in welchen Bereichen biologisch abbaubare Produkte bevorzugt werden sollten – zum Beispiel in der Landwirtschaft, wenn Folien und Befestigungen unweigerlich in die Umwelt gelangen und gar nicht oder wenn dann nur mit sehr großem Aufwand wieder eingesammelt werden können.
- Ein weiteres zentrales Thema für die Transformation hin zu einer biobasierten Ökonomie (auch in Bezug auf die zu erwartenden Initiativen auf EU-Ebene) ist das „echte“ Recycling von Kunststoffen. Derzeitige Recyclingverfahren stellen in der Regel ein Downcycling dar. Mit Prozessoptimierungen und Positivisten für Additive könnte eine tatsächliche Kreislaufführung erreicht werden.

- Das aktuelle Kreislaufwirtschaftspaket (mit Erfüllung von Recyclingquoten bis 2025 und 2030) stellt weitreichende Anforderungen an die Industrie und die Ressourcenpolitik. Die Erfüllung dieser Anforderungen (bzw. die Identifikation der entsprechenden „low hanging fruits“) muss strategisch und partizipativ erarbeitet werden. Dazu braucht es ein konsolidiertes Vorgehen und gezielte Anreize für bestimmte Technologiepfade bis hin zu einem Strukturwandel.
- In Österreich haben sich bereits erste Bioraffinerien etabliert. Wenn die biobasierte Industrie auch eine Industrie der kurzen Wege sein soll, braucht es Konzepte für eine Vernetzung von kleineren Bioraffinerien, die z. B. Vorprodukte regional herstellen können und die dennoch flexibel an unterschiedliche Standorte (Rohstoffe, Produkte) angepasst werden können. Die Vernetzung zu zentralen größeren Einheiten („Virtuelle Bioraffinerien“) ist dabei essenziell, da z. B. Plattform-chemikalien erst ab einem gewissen Produktionsvolumen erfolgreich vermarktet werden können („economies of scale“). Hierbei bietet sich auch die Nutzung bestehender, derzeit nicht genutzter, Infrastruktur an: 5 der ehemaligen 7 Zuckerraffinerien in Österreich warten momentan auf ein Nachnutzungskonzept und auch leerstehende Mühlen und Lagerhallen können sinnvoll in eine wachsende Bioökonomie integriert werden.
- Schwefel ist ein klassisches fossiles Produkt. Die vorliegende Studie hat aufgezeigt, dass 86 kt Schwefel und 155 kt Schwefelsäure jährlich in Österreich eingesetzt werden. Für die Überleitung in die vollständige biobasierte Industrie braucht es sowohl neuartige Schwefelquellen (auch wenn es sich nicht um ein seltenes Element handelt) und eine gesamtheitlich sinnvolle Anwendung, in jenen Bereichen, in denen Schwefel nicht substituiert werden kann.

6. Literaturverzeichnis

- AGES, 2015. *Zukunft Pflanzenbau - Pflanzenbauliche Grundlagen (AGES Wissen Aktuell 2015/2)*, Wien: AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit.
- Bader, H. J., Brock, T., Öchsner, P. & Saatweber, D., 2003. *Lacke und Farben - Informationsserie des Fonds der Chemischen Industrie*, Frankfurt am Main: Fonds der Chemischen Industrie und Deutsches Lackinstitut.
- Barnwal & Sharma, 2005. *Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India*, Online: Renewable and Sustainable Energy Reviews 9, Nr. 4.
- Bazzanella, A. M. & Ausfelder, F., 2017. *Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry*, Frankfurt am Main: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V..
- Beermann, M. et al., 2017. *Biobasierte Industrie FTI - Nationale und Internationale Entwicklungen*, Graz: Joanneum Research und Institut für Industrielle Ökologie - Berichte aus Energie- und Umweltforschung 36/2017.
- BIC, 2013. *Strategic Innovation and Research Agenda (SIRA) - Bio-based and Renewable Industries for Development and Growth in Europe*, s.l.: Biobased Industries Consortium (BIC).
- Bleier, J., 2012. *Biobitumen - Bitumen-Ersatzprodukt auf nachwachsender Rohstoffbasis und darauf basierender Asphalt*, Braunau/Inn: TU-Wien, Institut für Angewandte Synthesechemie.
- BMLFUW, 2016a. *Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016 - Gesamtbericht*, Wien: Umweltbundesamt im Auftrag des BMLFUW.
- BMLFUW, 2016b. *Grüner Bericht 2016 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*, Wien: BMLFUW.
- BMLFUW, 2017. *Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Teil 1, Entwurf*, Wien: BMLFUW.
- bmvit, 2013. *Der Radverkehr in Zahlen*, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Borealis Group, 2018. *Produktionsanlagen*. [Online]
Available at: <https://www.borealisgroup.com/schwechat/standort/produktionsanlagen>
[Zugriff am 20.02.2018].
- Bridgestone, 2013. *Environmental Commitment and Performance - Bridgestone Europe 2013*, Brüssel: Bridgestone Europe.
- cefic, 2017. *Landscape of the European Chemical Industry 2017*, Brüssel: European Chemical Industry Council.
- Claus, et al., 2006. *Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst*, Online: Angewandte Chemie International Edition 45, Nr. 28.
- Consultic, 2016. *Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015 (Kurzfassung)*, Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung im Auftrag von BKV, PlasticsEurope, IK, VDMA und bvse.
- EC, 2015. *Den Kreislauf schließen - Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft - Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen*, Brüssel: Europäische Kommission - COM(2015) 614 final.
- EC, 2018. *Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft - Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen*, Brüssel: Europäische Kommission - COM(2018) 28 final.
- Elinor, S., Peter, F. & Sanders, J., 2007. *Biomass in the manufacture of industrial products—the use of proteins and amino acids*, Online: Applied Microbiology and Biotechnology 75, Nr. 4.
- EU, 2012. *Innovating for Sustainable Growth*, Luxembourg: European Commission.
- Eurostat, 2013. *Daily Calorie Supply per Capita by Source*, s.l.: Eurostat.
- Eurostat, 2017. *Prodcom Annual Data 2015 - sold production, exports and imports by PRODCOM list (NACE Rev. 2)*, Online: Eurostat.
- FCIO, 2017. *Jahresbericht der chemischen Industrie 2016*, Wien: Fachverband der chemischen Industrie Österreich - FCIO.
- FVMI, 2016. *Branchenreport Mineralöl 2015*, Wien: Fachverband der Mineralölindustrie - WKO.
- Ganglberger, E. & Sturm, T., 2014. *FTI-Strategie für die biobasierte Industrie in Österreich*, Wien: bmvit, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 38/2014.

- IfBB, 2016. *Biopolymers - facts and statistics 2016*, Hannover: Hochschule Hannover - Institute for Bioplastics and Biocomposites.
- Kalt, G. & Amtmann, M., 2014. *Biogene Materialflüsse in Österreich - Derzeitiger Stand und Perspektiven für eine verstärkte stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in den Bereichen Biokunststoffe und Dämmstoffe*, Wien: Österreichische Energieagentur im Auftrag des BMLFUW.
- Krutzler, T., Reisinger, H. & Schindler, I., 2012. *Ressourcenverbrauch der Industrie in Österreich - Analyse und Ausblick für die bedeutendsten Branchen und seltene Metalle*, Wien: Umweltbundesamt (REP-0363).
- Laner, D., Feketitsch, J., Rechberger, H. & Fellner, J., 2015. *A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and its Application to Plastics Flows in Austria*, Online: Journal of Industrial Ecology.
- Mudge, Baker, Mitchell & Brown, 1985. *Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production*, Online: Journal of Solar Energy Engineering, Volume 107, Issue 1.
- Mullen, C. & Boateng, A., 2010. *Catalytic pyrolysis-GC/MS of lignin from several sources*, Online: Fuel Processing Technology, Volume 91, Issue 11.
- ÖIV, 2018. *persönliche Auskunft basierend auf der Verpackungsstatistik 2015 [Interview]* (16 02 2018).
- Papargyropoulou, E. et al., 2014. *The Food Waste Hierarchy as a Framework for the Management of Food Surplus and Food Waste*, s.l.: Journal of Cleaner Production 76 (August): 106–15.
- PlasticsEurope, 2016. *Plastics - the Facts 2016*, Brüssel: Plastics Europe.
- Qian, Liauw & Emig, 2003. *Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts*, Online: Applied Catalysis A: General, Volume 238, Issue 2.
- Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F. & Milota, E., 2015. *Ressourcennutzung in Österreich - Bericht 2015*, Wien: Institut für Soziale Ökologie und Statistik Austria im Auftrag des BMLFUW und BMWFV.
- Schori, S. & Frischknecht, R., 2012. *Life Cycle Inventory of Natural Gas Supply*, Uster: ESU-services im Auftrag des Schweizerischen Bundesamt für Energie.
- Statistik Austria, 2017a. *Gütereinsatz 2016 nach Güterkategorien und deren Einsatz nach ÖNACE-Abteilungen*, Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria, 2017b. *Energiegesamtrechnung 2008-2015 - Daten der fossilen Energieträger*, Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria, 2017c. *Fahrzeug-Bestand nach Fahrzeugarten*, Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria, 2017d. *Statistisches Jahrbuch 2017 - Kapitel 27 - Außenhandel*, Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria, 2017e. *Statistisches Jahrbuch 2017 - Kapitel 17 - Struktur und Produktionsgrundlagen der Land- und Forstwirtschaft*, Wien: Statistik Austria.
- Strasser, C., Ehrig, R. & Wörgetter, M., 2009. *Bestandserhebung zur stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Österreich*, Graz: bioenergy 2020+.
- Strimitzer, L. et al., 2015. *Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe*, Wien: Österreichische Energieagentur im Auftrag des BMLFUW.
- SUNPOR, 2012. *sunpor - the eps designer (Image-Broschüre)*, St. Pölten: Sunpor Kunststoffe.
- UBA, 2018. *Background Paper einschließlich ExpertInnen-Input aus Feedback-Workshop zum BbKs Szenario 2050 - Kunststoff aus nachwachsenden Rohstoffen*, Wien: Umweltbundesamt und alchemia-nova.
- Van Eygen, E. et al., 2016. *Comprehensive analysis and quantification of national plastic flows: The case of Austria*, Online: Resources, Conservation and Recycling.
- Wagner, M., 2017. *Untersuchung der Flüsse und Lager von Textilien in Österreich*, Wien: Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur.
- Weiland, P., 2010. *Biogas production: current state and perspectives*, Online: Springer-Verlag, Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 85.
- Westhoek, H. et al., 2014. *Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake*, s.l.: Global Environmental Change, Volume 26, 196-205.
- Wiener Netze, 2017. *Was ist Erdgas?*. [Online]
Available at: <https://www.wienernetze.at/nc/ep/program/view.do?pageTypeId=65646&channelId=-46192&programId=38972> [Zugriff am 16 08 2017].

Windsperger, A. et al., 2010. *Klimaschutzpotenziale beim forcierten Einsatz biogener und konventioneller Kunststoffe*, St. Pölten und Wien: Institut für Industrielle Ökologie und denkstatt GmbH.

Windsperger, A. et al., 2012. *Research Agenda Biobasierte Industrie*, St. Pölten: bmvit, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 57/2012.

Zimmermann, et al., 1994. *Preparation of tetrahydrofuran and gamma-butyrolactone*, Online: s.n.

7. Abschätzung der Datenqualität

Da die Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengefasst wurden und teilweise auch mit eigenen Berechnungen umgewertet bzw. ergänzt werden mussten, wurde eine quantitative Abschätzung der Datenqualität nach (Laner, et al., 2015) – wie diese auch in (Van Eygen, et al., 2016) und (Wagner, 2017) beschrieben und angewandt wird – durchgeführt.

Für jeden aus einer Datenquelle entnommenen Wert wurde ein Variationskoeffizient bestimmt, der sich aus einer Bewertung der Vertrauenswürdigkeit der Datenquelle und der inhaltlichen¹⁷, zeitlichen, geographischen sowie weiteren¹⁸ Korrelationen des Bezugsrahmens der Datenquelle zusammensetzt. Darüber hinaus fließt die Sensitivität für die jeweilige Betrachtung in den resultierenden Variationskoeffizienten ein.

Die Bewertungen der Datenquellen erfolgten in Anlehnung an (Laner, et al., 2015) und (Van Eygen, et al., 2016) nach den in Tabelle 13 dargestellten Kriterien. Für Daten aus Statistiken oder Studien ergaben sich somit fünf Einzel-Bewertungen (Vertrauenswürdigkeit, inhaltliche, zeitliche, geographische und weitere Korrelation). ExpertInnen-Einschätzungen werden eigens in einem Indikator bewertet. Jede einzelne Bewertung wurde anschließend in einen Einzel-Variationskoeffizienten umgewertet, wobei die Sensitivität der Korrelationen auf den jeweiligen Betrachtungsrahmen zusätzlich abgeschätzt und berücksichtigt wurde. Die angewandten Variationskoeffizienten sind in Tabelle 14 ersichtlich (Van Eygen, et al., 2016). Die Zusammenfassung in einen gesamthaften Variationskoeffizienten (VK) erfolgte nach der Formel:

$$VK_{gesamt} = \sqrt{VK_{Vertrauenswürdigkeit}^2 + VK_{inhaltliche\ Korrelation}^2 + VK_{zeitliche\ Korrelation}^2 + VK_{geographische\ Korrelation}^2 + VK_{weitere\ Korrelationen}^2}$$

Die Variationskoeffizienten für ExpertInnen-Einschätzungen können direkt der Tabelle entnommen werden. Dadurch wurde für jeden Datensatz dessen spezifischer Unsicherheitsbereich ermittelt, wie er auch in den Datentabellen in den jeweiligen Unterkapiteln ersichtlich ist. Damit ist auch berücksichtigt, wenn für ein Element (ein Produkt bzw. eine Produktgruppe) unterschiedliche Datenquellen für Importe, Exporte und Produktionsdaten verwendet werden, wie es in der vorliegenden Studie weitestgehend der Fall war.

¹⁷ Unter der inhaltlichen Korrelation des Datenbezugsrahmens wird in der vorliegenden Studie verstanden, wie weit die in den Daten erfassten Elemente deckungsgleich sind. Als Beispiel: Die Mengen für Verpackungskunststoffe ergeben unterschiedliche Werte, je nachdem welche Stoffströme im Detail berücksichtigt werden. Mit diesem Indikator wird also die inhaltliche Übereinstimmung des Betrachtungsrahmens bewertet.

¹⁸ Im Wesentlichen wurden unter den weiteren Korrelationen Unsicherheiten abgedeckt, die sich durch eine Umwertung der Daten ergeben, zum Beispiel die Umrechnung von volumsbezogenen auf massenbezogene Werte, welche nur durch die Festlegung von Annahmen oder weiteren Quellen (etwa einer durchschnittlichen Dichte) erfolgen kann.

Tabelle 13 Schema für die Bewertungen der Datenqualität in Anlehnung an (Laner, et al., 2015) und (Van Eygen, et al., 2016)

| <i>Indikator</i> | Bewertungs- stufe 1 | Bewertungs- stufe 2 | Bewertungs- stufe 3 | Bewertungs- stufe 4 |
|---|---|---|--|--|
| <i>Vertrauenswürdigkeit der Datenquelle</i> | Methodik der Datenerhebung gut dokumentiert und konsistent | Methodik der Datenerhebung dokumentiert, aber nicht vollständig transparent | Methodik der Datenerhebung nicht vollständig dokumentiert | Methodik der Datenerhebung nicht bekannt |
| <i>Inhaltliche Korrelation des Datenbezugsrahmens</i> | Datenbezugsrahmen ist inhaltlich ident | Datenbezugsrahmen ist weitestgehend ident | Datenbezugsrahmen ist teilweise ident | Datenbezugsrahmen deckt sich nur in einzelnen Aspekten |
| <i>Zeitliche Korrelation des Datenbezugsrahmens</i> | Daten beziehen sich auf denselben Zeitraum | Datenbezugsrahmen weicht 1 bis 5 Jahr ab | Datenbezugsrahmen weicht 5 bis 10 Jahre ab | Datenbezugsrahmen weicht über 10 Jahre ab |
| <i>Geographische Korrelation des Datenbezugsrahmens</i> | Daten beziehen sich direkt auf die untersuchte Region | Daten beziehen sich auf eine sozioökonomisch idente Region | Daten beziehen sich auf eine sozioökonomisch leicht abweichende Region | Daten beziehen sich auf eine sozioökonomisch stark abweichende Region |
| <i>Weitere Korrelationen des Datenbezugsrahmens</i> | Daten konnten direkt übernommen werden | Daten konnten direkt basierend auf gut belastbaren Annahmen umgewertet werden | Daten mussten in mehreren Schritten basierend auf unterschiedlichen Annahmen umgewertet werden | Daten mussten basierend auf wenig belastbaren Annahmen umgewertet werden |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | Einschätzung basierend auf fundierten und transparenten Daten | Einschätzung basierend auf teilweise verfügbaren Daten | Einschätzung basierend auf wenigen einzeln verfügbaren Daten | Einschätzung, die sich auf keine verfügbaren Daten stützen kann |

Tabelle 14 Quantifizierung der Bewertungen der Datenqualität nach (Van Eygen, et al., 2016)

| <i>Indikator</i> | Bewertungs- stufe 1 | Bewertungs- stufe 2 | Bewertungs- stufe 3 | Bewertungs- stufe 4 |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit der Datenquelle</i> | ± 2,3 % | ± 6,8 % | ± 20,6 % | ± 62,3 % |
| <i>Korrelationen mit geringer Sensitivität</i> | ± 0,0 % | ± 1,1 % | ± 3,4 % | ± 10,3 % |
| <i>Korrelationen mit mittlerer Sensitivität</i> | ± 0,0 % | ± 2,3 % | ± 6,8 % | ± 20,6 % |
| <i>Korrelationen mit hoher Sensitivität</i> | ± 0,0 % | ± 4,5 % | ± 13,7 % | ± 41,3 % |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | ± 4,5 % | ± 13,7 % | ± 41,3 % | ± 124,6 % |

Die getroffenen Einzelbewertungen zu allen untersuchten Produkten und Produktgruppen finden sich in den folgenden Tabellen, sortiert nach den Betrachtungsebenen. Eine Null in der Bewertung bei den ExpertInnen-Einschätzungen entspricht einem „nicht zutreffend“, da für die vorliegende Studie ausschließlich auf Basis von öffentlich verfügbaren Daten gearbeitet wurde. ExpertInnen-Einschätzungen wurden qualitativ berücksichtigt, weswegen sie an dieser Stelle nicht quantifiziert werden müssen.

Da der Materialeinsatz in der Regel aus den Produktionsmengen, Importen und Exporten berechnet wurde, wurde dieser weitestgehend mit größeren Unsicherheiten berücksichtigt. Auch deswegen, weil Lagerbewegungen und Verluste nicht berücksichtigt wurden. In Zweifelsfällen wurde generell die Bewertungsstufe mit dem höheren Variationskoeffizienten gewählt.

Tabelle 15 Bewertungen der Datenqualität auf der Rohstoffebene

| | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Erdöl | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Erdgas

| | | | | |
|----------------------------------|--------------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Kohle | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 16 Bewertungen der Datenqualität auf der Grundstoffebene

| | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|--------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Schwefel | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 low | 2 low | 2 med | 2 low |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 high | 2 med | 4 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Wasserstoff | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Methan | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

acyclische Kohlenwasserstoffe

| | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 3 high | 3 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | cyclische Kohlenwasserstoffe | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 1 high | 2 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Methanol | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Ethanol | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 2 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | weitere Alkohole | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Phenolderivate

| | | | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Carbonsäuren | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 2 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | organische Amine | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | weitere organische Grundchemikalien | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schwefelsäure | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 3 high | 3 high | 3 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 17 Bewertungen der Datenqualität auf der Vorproduktebene

| | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|----------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | Kunststoffe in Primärform | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 2 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 4 med | 1 med | 3 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Kunstharze | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 3 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | synthetisches Glycerin | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | synthetisches Wachs | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | organische Tenside | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Schwefel in Kunstdünger

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 18 Bewertungen der Datenqualität für Kunststoffe in Primärform

| | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Polyethylen | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 3 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 2 low | 1 low | 2 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 1 med | 3 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Polypropylen | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 3 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 2 low | 1 low | 2 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 1 med | 3 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Polyethylenterephthalat | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Polyamid | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Polyvinylchlorid

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Polystyrol

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 3 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 1 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 2 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 4 med | 1 med | 3 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Acrylnitril-Butadien-Styrol

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Polymethylmethacrylat

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 1 med | 3 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Polyurethan

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

weitere Thermo- & Duroplaste

| | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | synthetischer Kautschuk | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 3 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabelle 19 Bewertungen der Datenqualität auf der Fertigproduktebene

| | Produktion | Import | Materialeinsatz | Export |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Maschinenöle | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schmiermittel | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | sonstige Mineralölprodukte | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Bitumen

| | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Aktivkohle | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 1 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 high | 1 med | 3 high | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Koks | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Verpackungen aus Kunststoff | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Baubedarf aus Kunststoff | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 3 med | 4 med | 3 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Haushaltswaren aus Kunststoff

| | | | | |
|----------------------------------|---|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 2 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 2 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 3 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Industrieprodukte aus Kunststoff | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 3 med | 3 med | 3 med | 3 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 2 low | 1 low | 2 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 2 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 1 med | 3 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Fahrzeugreifen | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 4 med | 4 med | 4 med | 4 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Farben und Lacke | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 2 med | 2 med | 3 med | 2 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Klebstoffe | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 4 high | 1 high | 3 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

Pharmazeutika

| | | | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 4 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 2 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 1 high | 1 high | 1 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 4 med | 3 med | 1 med | 3 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Seifen und Kosmetika | | | |
| <i>Vertrauenswürdigkeit</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Inhaltliche Korrelation</i> | 2 med | 2 med | 2 med | 2 med |
| <i>Zeitliche Korrelation</i> | 1 low | 1 low | 1 low | 1 low |
| <i>Geographische Korrelation</i> | 3 high | 1 high | 2 high | 1 high |
| <i>Weitere Korrelationen</i> | 1 med | 1 med | 2 med | 1 med |
| <i>ExpertInnen-Einschätzung</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

8. Biobasierte Technologiepfade

Gase

| Ausgangsstoff | Quelle | Endprodukt |
|----------------------------------|--|-------------------------|
| Biomasse/Holz (dry, ash free) | Turn, S., C. Kinoshita, Z. Zhang, D. Ishimura, und J. Zhou. „An experimental investigation of hydrogen production from biomass gasification“. <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> 23, Nr. 8 (1. August 1998): 641–48. https://doi.org/10.1016/S0360-3199(97)00118-3 . | Wasserstoff (g) |
| Biomasse/ Holz | Maschio, G., A. Lucchesi, und G. Stoppato. „Production of syngas from biomass“ Volume 48, Nr. Issue 2 (1994): 119–26. | Wasserstoff (Syngas) kg |
| Lebensmittelabfall | Han, Sun-Kee, und Hang-Sik Shin. „Performance of an Innovative Two-Stage Process Converting Food Waste to Hydrogen and Methane“. <i>Journal of the Air & Waste Management Association</i> 54, Nr. 2 (1. Februar 2004): 242–49. https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470895 . | Wasserstoff m3 |
| Holz | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Cellulose |
| Cellulose | Chang, Renee Han-Yi, Jen Jang, und Kevin C.-W. Wu. „Cellulase Immobilized Mesoporous Silica Nanocatalysts for Efficient Cellulose-to-Glucose Conversion“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (10. Januar 2011): 2844–50. https://doi.org/10.1039/C1GC15563F . | Glucose |
| Glucose | Cortright, R. D., R. R. Davda, und J. A. Dumesic. „Hydrogen from Catalytic Reforming of Biomass-Derived Hydrocarbons in Liquid Water“. <i>Nature</i> 418, Nr. 6901 (29. August 2002): 964–67. https://doi.org/10.1038/nature01009 . | Wasserstoff (g) |
| Holz: Buche | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Holzstoff (pulp) |
| Holzstoff (pulp) | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Hemicellulose |
| Hemicellulose (aqueous solution) | (table 1.) Czernik, Stefan, Richard French, Calvin Feik, und Esteban Chornet. „Hydrogen by Catalytic Steam Reforming of Liquid Byproducts from Biomass Thermoconversion Processes“. <i>Industrial & Engineering Chemistry Research</i> 41, Nr. 17 (1. August 2002): 4209–15. https://doi.org/10.1021/ie020107q . | Wasserstoff |
| Holz | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Cellulose |
| Cellulose | Chang, Renee Han-Yi, Jen Jang, und Kevin C.-W. Wu. „Cellulase Immobilized Mesoporous Silica Nanocatalysts for Efficient Cellulose-to-Glucose Conversion“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (10. Januar 2011): 2844–50. https://doi.org/10.1039/C1GC15563F . | Glucose |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Sorbitol |
| Sorbitol | Cortright, R. D., R. R. Davda, und J. A. Dumesic. „Hydrogen from Catalytic Reforming of Biomass-Derived Hydrocarbons in Liquid Water“. <i>Nature</i> 418, Nr. 6901 (29. August 2002): 964–67. https://doi.org/10.1038/nature01009 . | Wasserstoff |
| Zucker/Saccharose/Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Ethen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Monoethylenglykol (MEG) | Cortright, R. D., R. R. Davda, und J. A. Dumesic. „Hydrogen from Catalytic Reforming of Biomass-Derived Hydrocarbons in Liquid Water“. <i>Nature</i> 418, Nr. 6901 (29. August 2002): 964–67. https://doi.org/10.1038/nature01009 . | Wasserstoff |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Methanol | Cortright, R. D., R. R. Davda, und J. A. Dumesic. „Hydrogen from Catalytic Reforming of Biomass-Derived Hydrocarbons in Liquid Water“. <i>Nature</i> 418, Nr. 6901 (29. August 2002): 964–67. https://doi.org/10.1038/nature01009 . | Wasserstoff |
| Mais | Girio, F. M., C. Fonseca, F. Carvalho, L. C. Duarte, S. Marques, und R. Bogel-Lukasik. „Hemicelluloses for fuel ethanol: A review“. <i>Bioresource Technology, Special Issue on Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Perspectives</i> , 101, Nr. 13 (1. Juli 2010): 4775–4800. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088 . ; „Furfural: Hemicellulose/xylose-derived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Xylose |
| Xylose | Lin, Chiu-Yue, und Chao-Hui Cheng. „Fermentative hydrogen production from xylose using anaerobic mixed microflora“. <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> 31, Nr. 7 (1. Juni 2006): 832–40. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2005.08.010 . | Wasserstoff |
| Raps | Barnwal, B. K., und M. P. Sharma. „Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 9, Nr. 4 (1. August 2005): 363–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.007 . | Rapsöl (Tryglyceride) |

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049 . ; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410 . | Sonnenblumenöl (Tryglyceride) |
| Triglyceriden | Demirbas, Ayhan. „Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods“. <i>Progress in Energy and Combustion Science</i> 31, Nr. 5–6 (Januar 2005): 466–87. https://doi.org/10.1016/j.pecc.2005.09.001 . | Glycerol / Glycerin |
| Glycerol/Glycerin | Czernik, Stefan, Richard French, Calvin Feik, und Esteban Chornet. „Hydrogen by Catalytic Steam Reforming of Liquid Byproducts from Biomass Thermoconversion Processes“. <i>Industrial & Engineering Chemistry Research</i> 41, Nr. 17 (1. August 2002): 4209–15. https://doi.org/10.1021/ie020107q . | Wasserstoff |
| Holz: Buche | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Holzstoff (pulp) |
| Buche-Holzstoff | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Lignin |
| Lignin | Thring, Ronald W, Sai P. R. Katikaneni, und Narendra N Bakhshi. „The production of gasoline range hydrocarbons from Alcell® lignin using HZSM-5 catalyst“. <i>Fuel Processing Technology</i> 62, Nr. 1 (1. Januar 2000): 17–30. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(99)00061-2 . | Lignin/Gas |
| Lignin/Gas | Thring, Ronald W, Sai P. R. Katikaneni, und Narendra N Bakhshi. „The production of gasoline range hydrocarbons from Alcell® lignin using HZSM-5 catalyst“. <i>Fuel Processing Technology</i> 62, Nr. 1 (1. Januar 2000): 17–30. https://doi.org/10.1016/S0378-3820(99)00061-2 . | Methan |
| Lebensmittelabfall | Han, Sun-Kee, und Hang-Sik Shin. „Performance of an Innovative Two-Stage Process Converting Food Waste to Hydrogen and Methane“. <i>Journal of the Air & Waste Management Association</i> 54, Nr. 2 (1. Februar 2004): 242–49. https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470895 . | Methan (g) |
| Dünger (vom Schwein) | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Biogas m3/t FM |
| Mais | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Biogas m3/t FM |
| Weizenkorn | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Biogas m3/t FM |
| Lebensmittelabfälle | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Biogas m3/t FM |
| Altspeiseöl | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Biogas m3/t FM |
| Biogas | Rasi, Saija. „Biogas composition and upgrading to biomethane.“. 2009. https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/20353/9789513936181.pdf?sequence=1 . | Methan |
| Dünger (vom Schwein) | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Methan g/g |
| Mais | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Methan g/g |
| Weizenkorn | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Methan g/g |
| Lebensmittelabfälle | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Methan g/g |
| Altspeiseöl | Weiland, Peter. „Biogas Production: Current State and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 85, Nr. 4 (1. Januar 2010): 849–60. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7 . | Methan g/g |
| Zuckerrohr | Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresour. Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Bagasse |
| Bagasse | Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresour. Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Methan |
| Biomasse/Holz | Maschio, G., A. Lucchesi, und G. Stoppato. „Production of syngas from biomass“ Volume 48, Nr. Issue 2 (1994): 119–26. | Kohlenstoffmonoxid (g) |
| Biomasse/Holz | Ly, Pengmei, Zhenhong Yuan, Chuangzhi Wu, Longlong Ma, Yong Chen, und Noritsutsu Tsubaki. „Bio-syngas production from biomass catalytic gasification“. <i>Energy Conversion and Management</i> 48, Nr. 4 (1. April 2007): 1132–39. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.10.014 . | Kohlenstoffmonoxid (g) |
| Biomasse/Holz (dry, ash free) | Turn, S., C. Kinoshita, Z. Zhang, D. Ishimura, und J. Zhou. „An experimental investigation of hydrogen production from biomass gasification“. <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> 23, Nr. 8 (1. August 1998): 641–48. https://doi.org/10.1016/S0360-3199(97)00118-3 . | Wasserstoff (g) |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |

| | | |
|----------------------------------|---|-------------|
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose/ Saccharose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Zucker/Saccharose/Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Ethen | Iwamoto, Masakazu. „One Step Formation of Propene from Ethene or Ethanol through Metathesis on Nickel Ion-Loaded Silica“. <i>Molecules</i> 16, Nr. 9 (13. September 2011): 7844–63. https://doi.org/10.3390/molecules16097844 . | Propen |
| Ethen | Özbek, M. O., und R. A. van Santen. „The Mechanism of Ethylene Epoxidation Catalysis“. <i>Catalysis Letters</i> 143, Nr. 2 (1. Februar 2013): 131–41. https://doi.org/10.1007/s10562-012-0957-3 . | Ethylenoxid |

Alkohole

| Ausgangsstoff | Quelle | Endprodukt |
|--|--|------------|
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Lignocellulose (Biomasse/ Holz) | Rowell, R. M., und A. E. Hokanson. „Methanol from Wood: A Critical Assessment.“ <i>Methanol from Wood: A Critical Assessment.</i> , 1979, 117–44. | Methanol |
| Biomasse (Holzabfall oder Müll) | Güllü, Doğan, und Ayhan Demirbaş. „Biomass to methanol via pyrolysis process“. <i>Energy Conversion and Management</i> 42, Nr. 11 (1. Juli 2001): 1349–56. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00126-6 . | Methanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Zucker |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Zucker |
| Zucker | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Stärke |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Stärke |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Stärke |
| Stärke | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Holz | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Cellulose |
| Cellulose | Chang, Renee Han-Yi, Jen Jang, und Kevin C.-W. Wu. „Cellulase Immobilized Mesoporous Silica Nanocatalysts for Efficient Cellulose-to-Glucose Conversion“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (10. Januar 2011): 2844–50. https://doi.org/10.1039/C1GC15563F . | Glucose |
| Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Cellulose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . Chang, Renee Han-Yi, Jen Jang, und Kevin C.-W. Wu. „Cellulase Immobilized Mesoporous Silica Nanocatalysts for Efficient Cellulose-to-Glucose Conversion“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (10. Januar 2011): 2844–50. https://doi.org/10.1039/C1GC15563F . | Ethanol |
| Cellulose | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant E. Coli ATCC 11303 (PLOI 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. https://doi.org/10.1007/BF02431918 . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September | Bagasse |

| | | |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| | 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | |
| Bagasse | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . | Ethanol |
| Bagasse | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 ; Ashgari A, Bothast RJ, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7. | Ethanol |
| Biomasse/Holz | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant <i>E. Coli</i> ATCC 11303 (PLOI 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. https://doi.org/10.1007/BF02431918 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 ; Ashgari A, Bothast RJ, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose/ Saccharose | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Ethen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Glucose/ Saccharose | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Isobutanol |
| Glucose | Joiima, Toru, Masavuki Inui, und Hideaki Yukawa. „Production of Isopropanol by Metabolically Engineered <i>Escherichia Coli</i> “. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 77, Nr. 6 (1. Januar 2008): 1219–24. https://doi.org/10.1007/s00253-007-1246-8 . | Isopropanol |
| Glucose/ Saccharose | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Propan-1,3,-diol |
| Glucose | Ezeji, Thaddeus C., Nasib Qureshi, und Hans P. Blaschek. „Butanol Fermentation Research: Upstream and Downstream Manipulations“. <i>The Chemical Record</i> 4, Nr. 5 (1. Januar 2004): 305–14. https://doi.org/10.1002/tcr.20023 . | n-Butanol |
| Glucose/ Saccharose | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Bernsteinsäure |
| Bernsteinsäure | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4 - Butandiol (1-BDO) |
| Milchsäure | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43 . | Propan-1,2-diol (1,2-Propylenglycol) |
| Raps | Barnwal, B. K., und M. P. Sharma. „Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 9, Nr. 4 (1. August 2005): 363–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.007 . | Rapsöl (Tryglyceride) |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049 ; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410 . | Sonnenblumenöl (Tryglyceride) |
| Triglyceriden | Demirbas, Ayhan. „Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods“. <i>Progress in Energy and Combustion Science</i> 31, Nr. 5–6 (Januar 2005): 466–87. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2005.09.001 . | Glycerol / Glycerin |

| | | |
|-------------------|--|-------------------------|
| Mais | Girio, F. M., C. Fonseca, F. Carvalho, L. C. Duarte, S. Marques, und R. Bogel-Lukasik. „Hemicelluloses for fuel ethanol: A review“. <i>Bioresource Technology, Special Issue on Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Perspectives</i>, 101, Nr. 13 (1. Juli 2010): 4775–4800. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088; „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full. | Xylose |
| Xylose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Xylitol |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Sorbitol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Melasse | Dürre, Peter, und Hubert Bahl. „Chapter 6. Microbial Production of Acetone/Butanol/Isopropanol“. In <i>Biotechnology Set</i> , 2008. | Isopropanol |
| Melasse | Afschar, A. S., C. E. Vaz Rossell, und K. Schaller. „Bacterial Conversion of Molasses to Acetone and Butanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 34, Nr. 2 (1. November 1990): 168–71. https://doi.org/10.1007/BF00166774 . | Butanol |
| Mais | Ezeji, Thaddeus C., Nasib Qureshi, und Hans P. Blaschek. „Butanol Fermentation Research: Upstream and Downstream Manipulations“. <i>The Chemical Record</i> 4, Nr. 5 (1. Januar 2004): 305–14. https://doi.org/10.1002/tcr.20023 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | n-Butanol |
| Kartoffel | Ezeji, Thaddeus C., Nasib Qureshi, und Hans P. Blaschek. „Butanol Fermentation Research: Upstream and Downstream Manipulations“. <i>The Chemical Record</i> 4, Nr. 5 (1. Januar 2004): 305–14. https://doi.org/10.1002/tcr.20023 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | n-Butanol |
| Weizen | Ezeji, Thaddeus C., Nasib Qureshi, und Hans P. Blaschek. „Butanol Fermentation Research: Upstream and Downstream Manipulations“. <i>The Chemical Record</i> 4, Nr. 5 (1. Januar 2004): 305–14. https://doi.org/10.1002/tcr.20023 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | n-Butanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4-Butandiol (BDO) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4-Butandiol (BDO) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4-Butandiol (BDO) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4-Butandiol (BDO) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | 1,4-Butandiol (BDO) |

Carbonsäuren

| Ausgangsstoff | Quelle | Endprodukt |
|----------------------|---|----------------|
| Biomasse/Holz | Maschio, G., A. Lucchesi, und G. Stoppato. „Production of syngas from biomass“ Volume 48, Nr. Issue 2 (1994): 119–26. | CO (Syngas) kg |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 . | Essigsäure |
| Biomasse/Holz | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |

| | | |
|---------------------------|---|-------------|
| Weizen | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Mais | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Kartoffel | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Zuckerrübe | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Zuckerrohr | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Mais | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Holz | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Cellulose |
| Cellulose | Chang, Renee Han-Yi, Jen Jang, und Kevin C.-W. Wu. „Cellulase Immobilized Mesoporous Silica Nanocatalysts for Efficient Cellulose-to-Glucose Conversion“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (10. Januar 2011): 2844–50. https://doi.org/10.1039/C1GC15563F . | Glucose |
| Glucose | Niu, Wei, K. M. Draths, und J. W. Frost. „Benzene-Free Synthesis of Adipic Acid“. <i>Biotechnology Progress</i> 18, Nr. 2 (1. Januar 2002): 201–11. https://doi.org/10.1021/bp010179x . | Muconsäure |
| Muconsäure | Niu, Wei, K. M. Draths, und J. W. Frost. „Benzene-Free Synthesis of Adipic Acid“. <i>Biotechnology Progress</i> 18, Nr. 2 (1. Januar 2002): 201–11. https://doi.org/10.1021/bp010179x . | Adipinsäure |
| Mais | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . ; Niu, Wei, K. M. Draths, und J. W. Frost. „Benzene-Free Synthesis of Adipic Acid“. <i>Biotechnology Progress</i> 18, Nr. 2 (1. Januar 2002): 201–11. https://doi.org/10.1021/bp010179x . | Adipinsäure |
| Kartoffel | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . ; Niu, Wei, K. M. Draths, und J. W. Frost. „Benzene-Free Synthesis of Adipic Acid“. <i>Biotechnology Progress</i> 18, Nr. 2 (1. Januar 2002): 201–11. https://doi.org/10.1021/bp010179x . | Adipinsäure |
| Weizen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . ; Niu, Wei, K. M. Draths, und J. W. Frost. „Benzene-Free Synthesis of Adipic Acid“. <i>Biotechnology Progress</i> 18, Nr. 2 (1. Januar 2002): 201–11. https://doi.org/10.1021/bp010179x . | Adipinsäure |
| Zuckerrohr | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose/Saccharose | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Isobutanol |
| Isobutanol | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Isobuten |
| Isobuten | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Isoocten |
| Isoocten | IFBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | para-Xylen |

| | | |
|------------------------|--|---------------------|
| para-Xylen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Terephthalsäure PTA |
| Glucose/Saccharose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Terephthalsäure PTA |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose/Saccharose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Milchsäure |
| Milchsäure | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Acrylsäure |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose/Saccharose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Bernsteinsäure |
| Maiskolben | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Maisstängel | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Hartholz | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Zuckerrohr | Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Bagasse |
| Bagasse | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Mais | Girio, F. M., C. Fonseca, F. Carvalho, L. C. Duarte, S. Marques, und R. Bogel-Lukasik. „Hemicelluloses for fuel ethanol: A review“. <i>Bioresource Technology, Special Issue on Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Perspectives</i> , 101, Nr. 13 (1. Juli 2010): 4775–4800. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088 . ; „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Xylose |
| Corn fiber (Maisfaser) | Saha, Badal C., und Rodney J. Bothast. „Pretreatment and Enzymatic Saccharification of Corn Fiber“. <i>Applied Biochemistry and Biotechnology</i> 76, Nr. 2 (1. Februar 1999): 65–77. https://doi.org/10.1385/ABAB:76:2:65 . | Xylose |
| Zuckerrohr Bagasse | Girio, F. M., C. Fonseca, F. Carvalho, L. C. Duarte, S. Marques, und R. Bogel-Lukasik. „Hemicelluloses for fuel ethanol: A review“. <i>Bioresource Technology, Special Issue on Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Perspectives</i> , 101, Nr. 13 (1. Juli 2010): 4775–4800. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088 . ; „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Xylose |
| Xylose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Furfural |
| Mais | | Furfural |
| Furfural | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Furan-2-carbonsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Yahiro, Kazutoyo, Tetsushi Takahama, Young Soo Park, und Mitsuyasu Okabe. „Breeding of <i>Aspergillus terreus</i> mutant TN-484 for itaconic acid production with high yield“. <i>Journal of Fermentation and Bioengineering</i> 79, Nr. 5 (1. Januar 1995): 506–8. https://doi.org/10.1016/0922-338X(95)91272-7 . | Itaconsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |

| | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Borodina, Irina, Kanchana R. Kildegaard, Niels B. Jensen, Thomas H. Blicher, Jérôme Maury, Svetlana Sherstyuk, Konstantin Schneider, u. a. „Establishing a synthetic pathway for high-level production of 3-hydroxypropionic acid in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> via β -alanine“. <i>Metabolic Engineering</i> 27, Nr. Supplement C (1. Januar 2015): 57–64. https://doi.org/10.1016/j.ymben.2014.10.003 . | 3-Hydroxypropionsäure (3-HPA) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 5-hydroxymethylfurfural (HMF) |
| 5-hydroxymethylfurfural (HMF) | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 2,5-Furandicarbonsäure (FDCA) |
| Maisstroh | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 5-hydroxymethylfurfural (HMF) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 5-hydroxymethylfurfural (HMF) |
| Glucose | Dibenedetto, Angela, Michele Aresta, Luigi di Bitonto, und Carlo Pastore. „Organic Carbonates: Efficient Extraction Solvents for the Synthesis of HMF in Aqueous Media with Cerium Phosphates as Catalysts“. <i>ChemSusChem</i> 9, Nr. 1 (1. Januar 2016): 118–25. https://doi.org/10.1002/cssc.201501181 . | 5-hydroxymethylfurfural (HMF) |
| 5-hydroxymethylfurfural (HMF) | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Lävulinsäure |
| Maisstroh | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Lävulinsäure |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Rizinolsäure |
| Rizinolsäure + NaOH | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Sebacinsäure |
| C-source | Lotfy, Walid A., Khaled M. Ghanem, und Ehab R. El-Helou. „Citric acid production by a novel <i>Aspergillus niger</i> isolate: II. Optimization of process parameters through statistical experimental designs“. <i>Bioresource Technology</i> 98, Nr. 18 (1. Dezember 2007): 3470–77. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.032 . | Zitronensäure |
| Raps | Barnwal, B. K., und M. P. Sharma. „Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 9, Nr. 4 (1. August 2005): 363–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.007 . | Rapsöl (Tryglyceride) |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049 . Laiara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410 . | Sonnenblumenöl (Tryglyceride) |
| Triglyceriden | Demirbas, Ayhan. „Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods“. <i>Progress in Energy and Combustion Science</i> 31, Nr. 5–6 (Januar 2005): 466–87. https://doi.org/10.1016/j.pecc.2005.09.001 . | Glycerol / Glycerin |
| Glycerin | Rywińska, Anita, und Waldemar Rymowicz. „High-Yield Production of Citric Acid by <i>Yarrowia lipolytica</i> on Glycerol in Repeated-Batch Bioreactors“. <i>Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology</i> 37, Nr. 5 (1. Mai 2010): 431–35. https://doi.org/10.1007/s10295-009-0687-8 . | Zitronensäure |
| C-source | Lotfy, Walid A., Khaled M. Ghanem, und Ehab R. El-Helou. „Citric acid production by a novel <i>Aspergillus niger</i> isolate: II. Optimization of process parameters through statistical experimental designs“. <i>Bioresource Technology</i> 98, Nr. 18 (1. Dezember 2007): 3470–77. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.032 . | Zitronensäure |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Rizinolsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Zelle, R. M., E. de Hulster, W. A. van Winden, P. de Waard, C. Dijkema, A. A. Winkler, J.-M. A. Geertman, J. P. van Dijken, J. T. Pronk, und A. J. A. van Maris. „Malic Acid Production by <i>Saccharomyces cerevisiae</i> : Engineering of Pyruvate Carboxylation, Oxaloacetate Reduction, and Malate Export“. <i>Applied and Environmental Microbiology</i> 74, Nr. 9 (1. Mai 2008): 2766–77. https://doi.org/10.1128/AEM.02591-07 . | Äpfelsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |

| | | |
|------------------|--|-------------|
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Engel, Carol A. Roa, Adrie J. J. Straathof, Tiemen W. Zijlmans, Walter M. van Gulik, und Luuk A. M. van der Wielen. „Fumaric Acid Production by Fermentation“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 78, Nr. 3 (1. März 2008): 379–89. https://doi.org/10.1007/s00253-007-1341-x . | Fumarsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Anastassiadis, Savas, und Igor G. Morgunov. „Gluconic Acid Production“. <i>Recent Patents on Biotechnology</i> 1, Nr. 2 (1. Juni 2007): 167–80. https://doi.org/10.2174/187220807780809472 . | Gluconsäure |

Amine

| Ausgangsstoff | Quelle | Endprodukt |
|---------------------------------------|---|-----------------|
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Zucker/Saccharose/ Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | L-Lysin |
| Glucose | Zhang, Xueli, Kaemwich Jantama, J. C. Moore, K. T. Shanmugam, und L. O. Ingram. „Production of L-Alanine by Metabolically Engineered <i>Escherichia Coli</i> “. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 77, Nr. 2 (1. November 2007): 355–66. https://doi.org/10.1007/s00253-007-1170-y . | L-Alanin |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Valine |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Isoleucine |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Serine |
| C-Source | Shim, Jihyun, Yonguk Shin, Imsang Lee, und So Young Kim. „L-Methionine Production“. In <i>Amino Acid Fermentation</i> , 153–77. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology. Springer, Tokyo, 2016. https://doi.org/10.1007/10_2016_30 . | L-Methionin |
| Glucose | Chávez-Béjar, María I., José L. Báez-Viveros, Alfredo Martínez, Francisco Bolívar, und Guillermo Gosset. „Biotechnological production of l-tyrosine and derived compounds“. <i>Process Biochemistry</i> 47, Nr. 7 (1. Juli 2012): 1017–26. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.04.005 . | L-Tyrosine |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Threonine |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Tryptophan |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Arginine |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Histidine |
| Glucose | Graaf, A. A. de, L. Eggeling, und H. Sahn. „Metabolic Engineering for L-Lysine Production by <i>Corynebacterium Glutamicum</i> “. In <i>Metabolic Engineering</i> , 9–29. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. https://doi.org/10.1007/3-540-45300-8_2 . | L-Glutaminsäure |
| Glucose | Ault, Addison. „The Monosodium Glutamate Story: The Commercial Production of MSG and Other Amino Acids“. <i>Journal of Chemical Education</i> 81, Nr. 3 (1. März 2004): 347. https://doi.org/10.1021/ed081p347 . | L-Glutaminsäure |
| Glucose | Liu, Shuang Ping, Rui Xia Liu, Meng Rong Xiao, Liang Zhang, Zhong Yang Ding, Zheng Hua Gu, und Gui Yang Shi. „A systems level engineered <i>E. coli</i> capable of efficiently producing L-phenylalanine“. <i>Process Biochemistry</i> 49, Nr. 5 (1. Mai 2014): 751–57. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.01.001 . | L-Phenylalanin |
| Sucrose | Leuchtenberger, Wolfgang, Klaus Huthmacher, und Karlheinz Drauz. „Biotechnological Production of Amino Acids and Derivatives: Current Status and Prospects“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 69, Nr. 1 (1. November 2005): 1–8. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0155-y . | L-Phenylalanine |
| Glucose | Liu, Shuang Ping, Rui Xia Liu, Meng Rong Xiao, Liang Zhang, Zhong Yang Ding, Zheng Hua Gu, und Gui Yang Shi. „A systems level engineered <i>E. coli</i> capable of efficiently producing L-phenylalanine“. <i>Process Biochemistry</i> 49, Nr. 5 (1. Mai 2014): 751–57. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.01.001 . | L-Phenylalanine |
| C-Source | Chao, Yun-Peng, Tsuey-er Lo, und Neng-Shing Luo. „Selective production of L-aspartic acid and L-phenylalanine by coupling reactions of aspartase and aminotransferase in <i>Escherichia coli</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 27, Nr. 1 (1. Juli 2000): 19–25. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(00)00149-6 . | L-Asparginsäure |

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| Phe-CH3 + Asp | Yagasaki, Makoto, und Shin-ichi Hashimoto. „Synthesis and Application of Dipeptides: Current Status and Perspectives“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 81, Nr. 1 (1. November 2008): 13. https://doi.org/10.1007/s00253-008-1590-3 . | Aspartam |
| Lysin | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Caprolactam |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Qian, Zhi-Gang, Xiao-Xia Xia, und Sang Yup Lee. „Metabolic Engineering of Escherichia Coli for the Production of Putrescine: A Four Carbon Diamine“. <i>Biotechnology and Bioengineering</i> 104, Nr. 4 (1. November 2009): 651–62. https://doi.org/10.1002/bit.22502 . | Putrescin (1,4-diaminobutane) |
| Biomasse/Holz | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant E. Coli ATCC 11303 (PLOI 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. https://doi.org/10.1007/BF02431918 . ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martín, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . ; Ashgari A, Bothast RJ, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7. ; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| 100 wt% Ethanol + 38 wt% Ammoniak | | Ethylamin |
| Alanin | Scott, Elinor, Francisc Peter, und Johan Sanders. „Biomass in the manufacture of industrial products—the use of proteins and amino acids“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 75, Nr. 4 (Juni 2007): 751–62. https://doi.org/10.1007/s00253-007-0932-x . | Ethylamin |
| Serin | Scott, Elinor, Francisc Peter, und Johan Sanders. „Biomass in the manufacture of industrial products—the use of proteins and amino acids“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 75, Nr. 4 (Juni 2007): 751–62. https://doi.org/10.1007/s00253-007-0932-x . | Ethanolamin |
| Ethanolamin | Scott, Elinor, Francisc Peter, und Johan Sanders. „Biomass in the manufacture of industrial products—the use of proteins and amino acids“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 75, Nr. 4 (Juni 2007): 751–62. https://doi.org/10.1007/s00253-007-0932-x . | 1,2-ethanediamin |

Kunststoffe

| Ausgangsstoff | Quelle | Endprodukt |
|--------------------------|--|--------------------|
| Biomasse/Holz | Effendi, A., H. Gerhauser, und A. V. Bridgwater. „Production of renewable phenolic resins by thermochemical conversion of biomass: A review“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 12, Nr. 8 (1. Oktober 2008): 2092–2116. https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.04.008 . | Phenolic compounds |
| Monomeric Phenols | Effendi, A., H. Gerhauser, und A. V. Bridgwater. „Production of renewable phenolic resins by thermochemical conversion of biomass: A review“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 12, Nr. 8 (1. Oktober 2008): 2092–2116. https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.04.008 . | Phenolharze |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Methanol | Qian, Min, M. A Liauw, und G Emig. „Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts“. <i>Applied Catalysis A: General</i> 238, Nr. 2 (20. Januar 2003): 211–22. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(02)00340-X . | Formaldehyd |
| Holz: Buche | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (c) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Lignin |
| Lignin | El Mansouri, Nour-Eddine, Qiaolong Yuan, und Farong Huang. „Synthesis and Characterization of Kraft Lignin-Based Epoxy Resins“. 2011. https://duqi-doc.udg.edu/handle/10256/7685 . Lora, Jairo H., und Wolfgang G. Glasser. „Recent Industrial Applications of Lignin: A Sustainable Alternative to Nonrenewable Materials“. <i>Journal of Polymers and the Environment</i> 10, Nr. 1–2 (1. April 2002): 39–48. https://doi.org/10.1023/A:1021070006895 . | Epoxydharz |
| Lignin | Asada, Chikako, Sunita Basnet, Masaya Otsuka, Chizuru Sasaki, und Yoshitoshi Nakamura. „Epoxy resin synthesis using low molecular weight lignin separated from various lignocellulosic materials“. <i>International Journal of Biological Macromolecules</i> 74, Nr. Supplement C (1. März | Epoxydharz |

| | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | 2015): 413–19. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.12.039 . | |
| Rizinusöl | Park, Soo-Jin, Fan-Long Jin, Jae-Rock Lee, und Jae-Sup Shin. „Cationic polymerization and physicochemical properties of a biobased epoxy resin initiated by thermally latent catalysts“. <i>European Polymer Journal</i> 41, Nr. 2 (1. Februar 2005): 231–37. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2004.09.011. | epoxidized castor oil (ECO) |
| epoxidized castor oil (ECO) | Park, Soo-Jin, Fan-Long Jin, und Jae-Rock Lee. „Synthesis and Thermal Properties of Epoxidized Vegetable Oil“. <i>Macromolecular Rapid Communications</i> 25, Nr. 6 (1. März 2004): 724–27. https://doi.org/10.1002/marc.200300191. | Epoxydharz |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Saccharose + Sonnenblumenöl | Haveren, J. van, E. A. Oostveen, F. Micciché, B. a. J. Noordover, C. E. Koning, R. A. T. M. van Benthem, A. E. Frissen, und J. G. J. Weijnen. „Resins and Additives for Powder Coatings and Alkyd Paints, Based on Renewable Resources“. <i>Journal of Coatings Technology and Research</i> 4, Nr. 2 (1. Juni 2007): 177–86. https://doi.org/10.1007/s11998-007-9020-5. | Alkydharze |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049. ; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quiñello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410. | Sonnenblumenöl |
| Biomasse | über Syngas | Ammoniak |
| Ammoniak | Hamidipour, Mohsen, Navid Mostoufi, und Rahmat Sotudeh-Gharebagh. „Modeling the synthesis section of an industrial urea plant“. <i>Chemical Engineering Journal</i> 106, Nr. 3 (28. Februar 2005): 249–60. https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.12.020. | Harnstoff |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Methanol | Qian, Min, M. A. Liauw, und G. Emig. „Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts“. <i>Applied Catalysis A: General</i> 238, Nr. 2 (20. Januar 2003): 211–22. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(02)00340-X. | Formaldehyd |
| Holz | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Regenerierte Zellulose |
| Holz | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Cellulosediacetat |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Zucker/Saccharose/Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Ethen | Iwamoto, Masakazu. „One Step Formation of Propene from Ethene or Ethanol through Metathesis on Nickel Ion-Loaded Silica“. <i>Molecules</i> 16, Nr. 9 (13. September 2011): 7844–63. https://doi.org/10.3390/molecules16097844. | Propen |
| Melasse | Dürre, Peter, und Hubert Bahl. „Chapter 6. Microbial Production of Acetone/Butanol/Isopropanol“. In <i>Biotechnology Set</i> , 2008. | Isopropanol |
| Isopropanol | Rouge, A., B. Spoetzi, K. Gebauer, R. Schenk, und A. Renken. „Microchannel reactors for fast periodic operation: the catalytic dehydration of isopropanol“. <i>Chemical Engineering Science</i>, 16th International Conference on Chemical Reactor Engineering, 56, Nr. 4 (1. Februar 2001): 1419–27. https://doi.org/10.1016/S0009-2509(00)00366-3. | Propen |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylen (PE) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylen (PE) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylen (PE) |

| | Statistics_2016.pdf. | |
|----------------------------------|--|--------------------------|
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylen (PE) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylen (PE) |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Zucker/Saccharose/Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Ethen | „Production of Vinyl Chloride from Ethylene - Chempedia - LookChem“. Zugegriffen 10. November 2017. http://www.lookchem.com/Chempedia/Chemical-Technology/Organic-Chemical-Technology/7559.html . | 1,2-dichloroethane (EDC) |
| 1,2-dichloroethane (EDC) | „Production of Vinyl Chloride from Ethylene - Chempedia - LookChem“. Zugegriffen 10. November 2017. http://www.lookchem.com/Chempedia/Chemical-Technology/Organic-Chemical-Technology/7559.html . ; Dreher, Eberhard-Ludwig, Theodore R. Torkelson, und Klaus K. Beutel. „Chlorethanes and Chloroethylenes“. In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, herausgegeben von Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011. https://doi.org/10.1002/14356007.o06_o01 . | Vinylchlorid |
| Biomasse/Holz | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant E. Coli ATCC 11303 (PL01 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. Applied Microbiology and Biotechnology 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. https://doi.org/10.1007/BF02431918 . ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. Enzyme and Microbial Technology 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . ; Ashgari A, Bothast R, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. J Ind Microbiol 1996;16:42–7. ; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. Bioresource Technology 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| Ethanol | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43 . | 1,3-Butadien |
| 1,3-Butadien | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43 . | Styrene |
| Weizen | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. Angewandte Chemie International Edition 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 .; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. | Essigsäure |

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf | |
| Mais | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Kartoffel | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Zuckerrübe | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Zuckerrohr | Christensen, Claus H., Betina Jørgensen, Jeppe Rass-Hansen, Kresten Egeblad, Robert Madsen, Søren K. Klitgaard, Stine M. Hansen, Mike R. Hansen, Hans C. Andersen, und Anders Riisager. „Formation of Acetic Acid by Aqueous-Phase Oxidation of Ethanol with Air in the Presence of a Heterogeneous Gold Catalyst“. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 45, Nr. 28 (10. Juli 2006): 4648–51. https://doi.org/10.1002/anie.200601180 ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Essigsäure |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | | Ethanol |
| Ethanol | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethen |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Biomasse/Holz | Maschio, G., A. Lucchesi, und G. Stoppato. „Production of syngas from biomass“ Volume 48, Nr. Issue 2 (1994): 119–26. | Kohlenstoffmonoxid (g) |
| Biomasse/Holz | <u>Lv, Pengmei, Zhenhong Yuan, Chuangzhi Wu, Longlong Ma, Yong Chen, und Noritatsu Tsubaki. „Bio-syngas production from biomass catalytic gasification“. <i>Energy Conversion and Management</i> 48, Nr. 4 (1. April 2007): 1132–39. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.10.014.</u> | Kohlenstoffmonoxid (g) |
| Ethen + CO, + MeOH | <u>„Methyl Methacrylate By Lucites Alpha Technology – Chemical production and investment cost“. Zugegriffen 10. Januar 2018. https://www.ihp.com/products/chemical-technology-pep-reviews-methyl-methacrylate-by-lucites-2003.html.</u> | Methyl propionate |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Methanol | <u>Qian, Min, M. A Liauw, und G Emig. „Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts“. <i>Applied Catalysis A: General</i> 238, Nr. 2 (20. Januar 2003): 211–22. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(02)00340-X.</u> | Formaldehyd |
| Biomasse/Holz | | Formaldehyd |
| Methyl propionate + Formaldehyd | <u>„Methyl Methacrylate By Lucites Alpha Technology – Chemical production and investment cost“. Zugegriffen 10. Januar 2018. https://www.ihp.com/products/chemical-technology-pep-reviews-methyl-methacrylate-by-lucites-2003.html.</u> | Methyl-methacrylat (MMA) |
| Biomasse/Holz (Methanol+CO) | | Methyl propionate |

| | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Milchsäure | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | Acrylsäure |
| Raps | Barnwal, B. K., und M. P. Sharma. „Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 9, Nr. 4 (1. August 2005): 363–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.007 . | Rapsöl (Tryglyceride) |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/eilt.200800049 ; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410 . | Sonnenblumenöl (Tryglyceride) |
| Triglyceriden | Demirbas, Ayhan. „Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods“. <i>Progress in Energy and Combustion Science</i> 31, Nr. 5–6 (Januar 2005): 466–87. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2005.09.001 . | Glycerol / Glycerin |
| Glycerin | Deleplanque, J., J.-L. Dubois, J.-F. Devaux, und W. Ueda. „Production of acrolein and acrylic acid through dehydration and oxydehydration of glycerol with mixed oxide catalysts“. <i>Catalysis Today</i> , 6th World Congress on Oxidation Catalysis Lille, France, 5–10 July 2009 Towards an integrated approach in innovation and development, 157, Nr. 1 (17. November 2010): 351–58. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.04.012 . | Acrolein |
| Acrolein | Tichy, Josef. „Oxidation of acrolein to acrylic acid over vanadium-molybdenum oxide catalysts“. <i>Applied Catalysis A: General</i> . Vanadia catalysts for selective oxidation of hydrocarbons and their derivatives, 157, Nr. 1 (11. September 1997): 363–85. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(97)00025-2 . | Acrylsäure |
| Zuckerrohr | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyacrylsäure (PAA) |
| Zuckerrübe | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyacrylsäure (PAA) |
| Mais | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyacrylsäure (PAA) |
| Kartoffel | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyacrylsäure (PAA) |
| Weizen | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyacrylsäure (PAA) |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polytrimethylene terephthalate (PTT) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polytrimethylene terephthalate (PTT) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polytrimethylene terephthalate (PTT) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polytrimethylene terephthalate (PTT) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polytrimethylene terephthalate (PTT) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 5-hydroxymethylfurfural (HMF) |
| 5-hydroxymethylfurfural (HMF) | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 2,5-Furandicarbonsäure (FDCA) |
| Glucose | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. <i>Chemical Society Reviews</i> 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A . | 2,5-Furandicarbonsäure (FDCA) |

| | | |
|--------------------------------|--|---|
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Monoethylenglykol (MEG) |
| FDCA 78 wt% + MEG 31wt% | „FDCA for PEF“. Zugegriffen 28. November 2017. http://www.corbion.com/bioplastics/products/fdca-for-pef . | Polyethylene 2,5-furandicarboxylate (PEF) bb FDCA |
| Mais | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. Chemical Society Reviews 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene 2,5-furandicarboxylate (PEF) |
| Kartoffel | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. Chemical Society Reviews 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene 2,5-furandicarboxylate (PEF) |
| Weizen | Gallezot, Pierre. „Conversion of Biomass to Selected Chemical Products“. Chemical Society Reviews 41, Nr. 4 (2012): 1538–58. https://doi.org/10.1039/C1CS15147A ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene 2,5-furandicarboxylate (PEF) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylenterephthalat (PBT) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylenterephthalat (PBT) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylenterephthalat (PBT) |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PLA Polymilchsäure |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PLA Polymilchsäure |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PLA Polymilchsäure |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PLA Polymilchsäure |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PLA Polymilchsäure |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylene succinate (PBS) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylene succinate (PBS) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylene succinate (PBS) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylene succinate (PBS) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polybutylene succinate (PBS) |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene terephthalate (PET) |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene terephthalate (PET) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene terephthalate (PET) |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene terephthalate (PET) |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Polyethylene terephthalate (PET) |

| | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 6 |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 6 |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 6 |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 11 |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 4.10 |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 5.10 |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 6.10 |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PA 10.10 |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Borodina, Irina, Kanchana R. Kildegaard, Niels B. Jensen, Thomas H. Blicher, Jérôme Maury, Svetlana Sherstyk, Konstantin Schneider, u. a. „Establishing a synthetic pathway for high-level production of 3-hydroxypropionic acid in Saccharomyces cerevisiae via β-alanine“. <i>Metabolic Engineering</i> 27, Nr. Supplement C (1. Januar 2015): 57–64. https://doi.org/10.1016/j.mben.2014.10.003. | 3-Hydroxypropionsäure (3-HPA) |
| Raps | Barnwal, B. K., und M. P. Sharma. „Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India“. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 9, Nr. 4 (1. August 2005): 363–78. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.05.007. | Rapsöl (Tryglyceride) |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. <i>European Journal of Lipid Science and Technology</i> 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i> 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410. | Sonnenblumenöl (Tryglyceride) |
| Triglyceriden | Demirbas, Ayhan. „Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods“. <i>Progress in Energy and Combustion Science</i> 31, Nr. 5–6 (Januar 2005): 466–87. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2005.09.001 . | Glycerol / Glycerin |
| Glycerol/Glycerin | Dishisha, Tarek, Sang-Hyun Pvo, und Raini Hatti-Kaul. „Bio-Based 3-Hydroxypropionic- and Acrylic Acid Production from Biodiesel Glycerol via Integrated Microbial and Chemical Catalysis“. <i>Microbial Cell Factories</i> 14, Nr. 1 (Dezember 2015). https://doi.org/10.1186/s12934-015-0388-0. | 3-Hydroxypropionsäure (3-HPA) |
| Mais | Girio, F. M., C. Fonseca, F. Carvalho, L. C. Duarte, S. Marques, und R. Bogel-Lukasik. „Hemicelluloses for fuel ethanol: A review“. <i>Bioresource Technology. Special Issue on Lignocellulosic Bioethanol: Current Status and Perspectives</i>, 101, Nr. 13 (1. Juli 2010): 4775–4800. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.088; „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“, Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full. | Xylose |
| Xylose | Kildegaard, Kanchana R., Zheng Wang, Yun Chen, Jens Nielsen, und Irina Borodina. „Production of 3-hydroxypropionic acid from glucose and xylose by metabolically engineered <i>Saccharomyces cerevisiae</i>“. <i>Metabolic Engineering Communications</i> 2, Nr. Supplement C (1. Dezember 2015): 132–36. https://doi.org/10.1016/j.meten.2015.10.001. | 3-Hydroxypropionsäure (3-HPA) |
| Saccharose/Glucose | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Saccharose |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |

| | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------|
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | PHB Polyhydroxybutyrat |
| Holz: Buche | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ Wood Science and Technology 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Lignin |
| Lignin | Saito, Tomonori, Joshua H. Perkins, Daniel C. Jackson, Neil E. Trammel, Marcus A. Hunt, und Amit K. Naskar. „Development of Lignin-Based Polyurethane Thermoplastics“. RSC Advances 3, Nr. 44 (2013): 21832–40. https://doi.org/10.1039/C3RA44794D . | Polyurethane |
| Lignin | Lora, Jairo H., und Wolfgang G. Glasser. „Recent Industrial Applications of Lignin: A Sustainable Alternative to Nonrenewable Materials“. Journal of Polymers and the Environment 10, Nr. 1–2 (1. April 2002): 39–48. https://doi.org/10.1023/A:1021070006895 . | Polyurethane foams |
| Lignin | Lora, Jairo H., und Wolfgang G. Glasser. „Recent Industrial Applications of Lignin: A Sustainable Alternative to Nonrenewable Materials“. Journal of Polymers and the Environment 10, Nr. 1–2 (1. April 2002): 39–48. https://doi.org/10.1023/A:1021070006895 . | Isocyanurate foams |
| Sonnenblumenöl, Leinöl, Maisöl | Zlatanić, Alisa, Charlene Lava, Wei Zhang, und Zoran S. Petrović. „Effect of Structure on Properties of Polyols and Polyurethanes Based on Different Vegetable Oils“. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics 42, Nr. 5 (1. März 2004): 809–19. https://doi.org/10.1002/polb.10737 . | Epoxidisiertes Öl |
| Sonnenblumenkernel | Raß, Michael, Christian Schein, und Bertrand Matthäus. „Virgin Sunflower Oil“. European Journal of Lipid Science and Technology 110, Nr. 7 (1. Juli 2008): 618–24. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049 . ; Lajara, José R., Ursicino Diaz, und Rafael Diaz Quidiello. „Definite Influence of Location and Climatic Conditions on the Fatty Acid Composition of Sunflower Seed Oil“. Journal of the American Oil Chemists' Society 67, Nr. 10 (1. Oktober 1990): 618–23. https://doi.org/10.1007/BF02540410 . | Sonnenblumenöl |
| Epoxidisiertes Öl | Zlatanić, Alisa, Charlene Lava, Wei Zhang, und Zoran S. Petrović. „Effect of Structure on Properties of Polyols and Polyurethanes Based on Different Vegetable Oils“. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics 42, Nr. 5 (1. März 2004): 809–19. https://doi.org/10.1002/polb.10737 . | Polyol |
| PDO, BDO | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | Polyurethane PUR |
| Sorbitol, Saccharose | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | Polyurethane PUR |
| Bernsteinsäure, Adipinsäure | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | Polyurethane PUR |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Bio-PUR rigid foam |
| Rizinusöl | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Bio PUR flexible foam |
| Melasse | Hatakeyama, H., R. Kosugi, und T. Hatakeyama. „Thermal properties of lignin-and molasses-based polyurethane foams“. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 92, Nr. 2 (2008): 419–424. ; „Biodegradable Polyurethanes from Plant Components: Journal of Macromolecular Science, Part A: Vol 32, No 4“. Zugegriffen 22. Dezember 2017. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10601329508010285 . | Polyurethane PUR |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | „Bio-Isobutene Process Hits 70% of Commercial Yield Global Bioenergies“. Zugegriffen 10. Januar 2018. http://www.global-bioenergies.com/bio-isobutene-process-hits-70-of-commercial-yield/?lang=en . | Isopren |
| Isopren | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. Biofuels, Bioproducts and Biorefining 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. | Polyisopren |

| | | |
|---------------------|---|--------------|
| | https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | |
| Glucose | „Bio-Isobutene Process Hits 70% of Commercial Yield Global Bioenergies“ . Zugegriffen 10. Januar 2018. http://www.global-bioenergies.com/bio-isobutene-process-hits-70-of-commercial-yield/?lang=en . | Isobuten |
| Isobuten | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | Polyisobuten |
| Glucose | „Genomatica Products“. <i>Genomatica (blog)</i> . Zugegriffen 10. Januar 2018. https://www.genomatica.com/products/ . | 1,3-Butadien |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . ; Ashgari A, Bothast R, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7. ; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| Ethanol | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43 . | 1,3-Butadien |
| 1,3-Butadien | Harmsen, Paulien F. H., Martijn M. Hackmann, und Harriette L. Bos. „Green Building Blocks for Bio-Based Plastics“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 8, Nr. 3 (1. Mai 2014): 306–24. https://doi.org/10.1002/bbb.1468 . | Polybutadien |
| 1,3-Butadien | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43 . | Styren |

Sonstiges

| | | |
|--|---|---------------------------|
| Bernsteinsäure | Zimmermann, Horst, Karl Brenner, Hans-Juergen Scheiper, Wolfgang Sauer, und Horst Hartmann. Preparation of tetrahydrofuran and gamma-butyrolactone. US5319111 A, filed 17. August 1992, und issued 7. Juni 1994. http://www.google.com/patents/US5319111 .; Wery, Todd, Gene Petersen, A. Aden, J. Bozell, J. Holladay, J. White, Amy Manheim, D. Eliot, L. Lasure, und S. Jones. „Top value added chemicals from biomass. Volume 1-Results of screening for potential candidates from sugars and synthesis gas“. Department of Energy Washington DC, 2004. | gamma-Butyrolactone (GBL) |
| gamma-butyrolactone (GBL) | Zimmermann, Horst, Karl Brenner, Hans-Juergen Scheiper, Wolfgang Sauer, und Horst Hartmann. Preparation of tetrahydrofuran and gamma-butyrolactone. US5319111 A, filed 17. August 1992, und issued 7. Juni 1994. http://www.google.com/patents/US5319111 .; Wery, Todd, Gene Petersen, A. Aden, J. Bozell, J. Holladay, J. White, Amy Manheim, D. Eliot, L. Lasure, und S. Jones. „Top value added chemicals from biomass. Volume 1-Results of screening for potential candidates from sugars and synthesis gas“. Department of Energy Washington DC, 2004. | Tetrahydrofuran (THF) |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Glucose |
| Glucose | Bermejo, Lourdes L., Neil E. Welker, und Eleftherios T. Papoutsakis. „Expression of <i>Clostridium Acetobutylicum</i> ATCC 824 Genes in <i>Escherichia Coli</i> for Acetone Production and Acetate Detoxification“. <i>Applied and Environmental Microbiology</i> 64, Nr. 3 (3. Januar 1998): 1079–85. | Aceton |
| Biomasse/Holz | Mudge, L. K., E. G. Baker, D. H. Mitchell, und M. D. Brown. „Catalytic steam gasification of biomass for methanol and methane production“. <i>Journal of solar energy engineering</i> 107, Nr. 1 (1985): 88–92. | Methanol |
| Lignocellulose (Biomasse/ Holz) | Rowell, R. M., und A. E. Hokanson. „Methanol from Wood: A Critical Assessment.“ <i>Methanol from Wood: A Critical Assessment.</i> , 1979, 117–44. | Methanol |
| Biomasse (Holzabfall oder Müll) | Güllü, Doğan, und Ayhan Demirbaş. „Biomass to methanol via pyrolysis process“. <i>Energy Conversion and Management</i> 42, Nr. 11 (1. Juli 2001): 1349–56. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00126-6 . | Methanol |

| | | |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| Methanol | Qian, Min, M. A. Liauw, und G. Emig. „Formaldehyde synthesis from methanol over silver catalysts“. <i>Applied Catalysis A: General</i> 238, Nr. 2 (20. Januar 2003): 211–22. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(02)00340-X. | Formaldehyd |
| Ethen | Eckert, Marc, Gerald Fleischmann, Reinhard Jira, Hermann M. Bolt, und Klaus Golka. „Acetaldehyde“. In <i>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</i> . Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000. https://doi.org/10.1002/14356007.a01_031.pub2 . | Acetaldehyd |
| Zuckerrohr | Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Bagasse |
| Bagasse | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Mais | | Furfural |
| Maiskolben | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Maisstängel | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Hartholz | „Furfural: Hemicellulose/xyloosederived biochemical - Mamman - 2008 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library“. Zugegriffen 10. November 2017. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.95/full . | Furfural |
| Holz: Buche | Przybysz Buzala, Kamila, Halina Kalinowska, Piotr Przybysz, und Edyta. Malachowska. „Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis.“ <i>Wood Science and Technology</i> 51, Nr. Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved. (2017): 873–85. https://doi.org/10.1007/s00226-017-0916-7 . | Lignin |
| Lignin | Mullen, Charles A., und Akwasi A. Boateng. „Catalytic pyrolysis-GC/MS of lignin from several sources“. <i>Fuel Processing Technology</i> 91, Nr. 11 (1. November 2010): 1446–58. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.05.022. | Toluol |
| Lignin | Mullen, Charles A., und Akwasi A. Boateng. „Catalytic pyrolysis-GC/MS of lignin from several sources“. <i>Fuel Processing Technology</i> 91, Nr. 11 (1. November 2010): 1446–58. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.05.022. | Benzen |
| Lignin | Mullen, Charles A., und Akwasi A. Boateng. „Catalytic pyrolysis-GC/MS of lignin from several sources“. <i>Fuel Processing Technology</i> 91, Nr. 11 (1. November 2010): 1446–58. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.05.022. | Phenol |
| Biomasse | Wang, D., S. Czernik, D. Montané, M. Mann, und E. Chornet. „Biomass to Hydrogen via Fast Pyrolysis and Catalytic Steam Reforming of the Pyrolysis Oil or Its Fractions“. <i>Industrial & Engineering Chemistry Research</i> 36, Nr. 5 (1. Mai 1997): 1507–18. https://doi.org/10.1021/ie960396g . | Bioöl (Zusammensetzung siehe Quelle) |
| Bioöl | Bu, Quan, Hanwu Lei, Shoujie Ren, Lu Wang, Qin Zhang, Juming Tang, und Roger Ruan. „Production of phenols and biofuels by catalytic microwave pyrolysis of lignocellulosic biomass“. <i>Bioresource Technology</i> 108 (1. März 2012): 274–79. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.12.125. | Phenol |
| Biomasse/Holz | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant E. Coli ATCC 11303 (PLOI 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. https://doi.org/10.1007/BF02431918 . ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martin, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J. Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . ; Ashgari A, Bothast R.J, Doran J.B, Ingram L.O. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7. ; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| Ethanol | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43. | 1,3-Butadien |
| 1,3-Butadien | Haveren, Jacco van, Elinor L. Scott, und Johan Sanders. „Bulk Chemicals from Biomass“. <i>Biofuels, Bioproducts and Biorefining</i> 2, Nr. 1 (1. Januar 2008): 41–57. https://doi.org/10.1002/bbb.43. | Styrene |
| Biomasse/Holz | Padukone, N., K. W. Evans, J. D. McMillan, und C. E. Wyman. „Characterization of Recombinant E. Coli ATCC 11303 (PLOI 297) in the Conversion of Cellulose and Xylose to Ethanol“. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 43, Nr. 5 (1. Oktober 1995): 850–55. | Ethanol |

| | | |
|--|--|----------------------|
| | https://doi.org/10.1007/BF02431918 . ; IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | |
| Zuckerrohr | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrübe | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Mais | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Kartoffel | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Weizen | IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites. „Biopolymers. Facts and Statistics 2016“, 2016. https://www.ifbb.wp.hs-hannover.de/wp-content/uploads/2014/02/Biopolymers-Facts-Statistics_2016.pdf . | Ethanol |
| Zuckerrohr | Martín, Carlos, Mats Galbe, C. Fredrik Wahlbom, Bärbel Hahn-Hägerdal, und Leif J Jönsson. „Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “. <i>Enzyme and Microbial Technology</i> 31, Nr. 3 (2. August 2002): 274–82. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00112-6 . ; Ashgari A, Bothast RJ, Doran JB, Ingram LO. Ethanol production from hemicellulosic hydrolysates of agricultural residues using genetically engineered <i>Escherichia coli</i> strain KO11. <i>J Ind Microbiol</i> 1996;16:42–7. ; Rabelo, S. C., H. Carrere, R. Maciel Filho, und A. C. Costa. „Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept“. <i>Bioresource Technology</i> 102, Nr. 17 (1. September 2011): 7887–95. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.081 . | Ethanol |
| 39 wt% Ethanol, 46 wt% Milchsäure | <u>M. Pereira, Carla S., Viviana M. T. M. Silva, und Alirio E. Rodrigues. „Ethyl Lactate as a Solvent: Properties, Applications and Production Processes – a Review“. <i>Green Chemistry</i> 13, Nr. 10 (2011): 2658–71. https://doi.org/10.1039/C1GC15523G.</u> | Milchsäureethylester |
| Glycerol | <u>Simola, Flavio, und Michele IOSCO. Continuous process for producing epichlorohydrin from glycerol. WO2014049625 A1, filed 28. September 2012, und issued 3. April 2014. http://www.google.com/patents/WO2014049625A1.</u> | Epichlorhydrin |