

Manfred Kircher

Weg vom Öl

Potenzial und Grenzen
der Bioökonomie



SACHBUCH

 Springer

Weg vom Öl

Manfred Kircher

Weg vom Öl

Potenzial und Grenzen der
Bioökonomie

 Springer

Manfred Kircher
KADIB
Frankfurt am Main, Hessen
Deutschland

ISBN 978-3-662-61489-1 ISBN 978-3-662-61490-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61490-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2020
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stephanie Preuss
Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Bitte stellen Sie sich für einen Moment einen Alltag vor, in dem Sie ausschließlich mit Gegenständen und Materialien umgehen, die nur, wirklich nur, aus Metall und Stein bestehen. Und so sähe dieser Alltag aus: Es gäbe weder Brot noch Käse, Kleidung weder aus synthetischen Fasern noch aus Baumwolle, keine Möbel oder Häuser aus Holz, kein Papier, keine Kunststoffgehäuse für Ihr Smartphone, keine Hautpflegecremes, keine Waschmittel, keine Klebstoffe, keine Pralinen und weder Wein noch Bioethanol und auch kein Kerosin für den Flug in den Urlaub. Und was ist diesen doch so unterschiedlichen Produkten gemeinsam? Alle enthalten Kohlenstoff! Kohlenstoff ist ein für unseren Alltag unverzichtbares Element, und genau darum geht es in diesem Buch: um Kohlenstoff und wie unsere Wirtschaft langfristig ökonomisch und ökologisch nachhaltige Kohlenstoffquellen erschließen und so unsere Lebensweise und unseren Wohlstand sichern kann.

Heute verwenden wir sehr unterschiedliche Kohlenstoffquellen. Der Kohlenstoff in Benzin, Kunststoffen, Waschmitteln und anderen Chemieprodukten kommt aus fossilen Quellen. In Papier, Baumwolle, Bioethanol und Brot stammt er dagegen aus Pflanzen. Allerdings können die heute noch fossilbasierten Produkte grundsätzlich ebenfalls aus pflanzlichen Kohlenstoffquellen hergestellt werden, und tatsächlich sind Biogas als Ersatz für Erdgas, Bioethanol als Treibstoff und Biokunststoffe als Alternative zu fossilbasierten Polymeren ja schon auf dem Markt – allerdings nur mit sehr kleinem Anteil. Die Bioökonomie ist also bereits ansatzweise etabliert.

Nun werden mancher Leser und manche Leserin fragen, warum die Wirtschaft dann angesichts des sich beschleunigenden Klimawandels nicht schneller auf pflanzliche, also biobasierte Rohstoffe und Produkte umstellt? Ist die biobasierte Produktion überhaupt die einzige Lösung? Gibt es weitere Alternativen? Wie ist der Stand heute, wie groß ist das Potenzial, wo liegen die Grenzen, und wie kann der Wandel in die Bioökonomie beschleunigt werden?

Genau das sind die Fragen, die dieses Buch diskutiert. Der Fokus liegt dabei auf Deutschland und Europa, lässt aber globale Implikationen nicht außer Acht. Die Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe ist nämlich fundamental und besteht nicht nur in einem Wechsel von fossilen zu nachwachsenden Energie- und Kohlenstoffquellen. Auf Land- und Forstwirtschaft, den Energiesektor, die Chemie und Pharmazie, die Textilwirtschaft, die Abfallwirtschaft, Städte und ländliche Räume und die etablierte industrielle Infrastruktur kommen enorme Herausforderungen zu, die sich für die einen mehr als Chance und für andere eher als Hürde darstellen.

Dieses Buch soll ein Sachbuch auch für Fachleute sein; es wendet sich aber ebenso an interessierte Leser und Leserinnen, die fragen, „was nach dem Öl kommt“, und die sich selbst ein Bild von den vielfältigen Aspekten der Rohstoffwende machen möchten. Insofern versteht sich dieses Buch eher als Diskussionsbeitrag, der die komplexen Zusammenhänge der Bioökonomie und die Herausforderungen des Übergangs vorstellt und Denkanstöße geben möchte.

Nach der Einleitung wird in Kap. 1 zunächst erläutert, was unter dem Begriff der Bioökonomie überhaupt verstanden wird und wie unterschiedlich dieses Wirtschaftskonzept in Deutschland diskutiert wird. Kap. 2 stellt dar, wie die Energie- und Produktwelt unseres Alltags von kohlenstoffhaltigen Produkten geprägt ist, warum wir uns von den fossilen Kohlenstoffquellen Kohle, Erdöl und Erdgas verabschieden müssen und warum dieser Abschied so schwerfällt.

Kap. 3 präsentiert Alternativen, und zwar die überraschende Vielfalt biobasierter Kohlenstoffquellen. Das Spektrum dieser Rohstoffe geht nämlich über Raps und Zuckerrüben, die in Deutschland für industrielle Zwecke angebaut werden, weit hinaus.

Anschließend wird in Kap. 4 der Status der Bioökonomie angesprochen und diskutiert, wie weit der Wandel in die Bioökonomie schon fortgeschritten ist, wo Potenzial besteht und wo Hürden zu überwinden sind.

Freilich kann auch der Wandel in die Bioökonomie Zielkonflikte nicht vermeiden. Werden die landwirtschaftlichen Flächen nicht überbeansprucht, wenn zusätzlich zum Anbau von Nahrungsmitteln auch industrielle Rohstoffe auf Ackerflächen produziert werden? Haben wir negative Auswirkungen auf die bereits heute schon in die Enge getriebene Insektenwelt und die Biodiversität ganz

allgemein zu erwarten? Diese Aspekte sind das Thema in Kap. 5.

Kap. 6 versucht Optionen aufzuzeigen, wie diese Zielkonflikte gelöst werden können. Wir wären schließlich nicht gut beraten, die fossilbasierte Wirtschaft durch eine womöglich ebenfalls nicht nachhaltige Bioökonomie zu ersetzen. Tatsächlich gibt es verschiedene Optionen, die Bioökonomie langfristig nachhaltig zu gestalten, und genau dies wird in Kap. 7 diskutiert. Für all jene Leser und Leserinnen, die tiefer in das Thema einsteigen möchten, werden in einem Anhang nach jedem Kapitel Detailinformationen angeboten, und in Kap. 8 wird weiterführende Literatur vorgestellt. Und für diejenigen, die sich einen raschen Überblick über das Buch verschaffen möchten, beginnt jedes Kapitel mit einer Zusammenfassung.

Die Frage „Was kommt nach dem Öl?“ ist nicht nur für viele Branchen der Wirtschaft von fundamentaler Bedeutung. Der Übergang in die Bioökonomie hat ökonomische, ökologische und soziale Wirkungen. Er bietet sehr viel Potenzial, wird aber auch zu Konflikten führen. Um den Transformationsprozess umfassend und strategisch zu gestalten, müssen die Chancen und Risiken deshalb nüchtern benannt und bewertet werden. Das Buch möchte diese Komplexität strukturieren und so zu einer sachorientierten Diskussion beitragen.

Ohne die Anregungen, die ich über die letzten Jahre zu den vielfältigen Aspekten der Bioökonomie aus dem Cluster Industrielle Biotechnologie (CLIB-Cluster e. V.), dem Innovationsraum Bioökonomie im Ballungsraum (BioBall e. V.), von ehemaligen Kollegen und Kolleginnen bei Evonik Industries und vielen anderen erhalten habe, hätte dieses Buch nicht entstehen können. Ganz herzlich danken möchte ich insbesondere Herrn Professor Rüdiger

Schaldach und Herrn Robert Goetz für die kritische Beleuchtung des Manuskripts und stellvertretend für den Springer Verlag Frau Doktor Stephanie Preuss für die Unterstützung des Projekts, Frau Karin Beifuss für das aufmerksame Lektorat und Frau Carola Lerch für die sorgfältige Steuerung durch den Publikationsprozess.

Manfred Kircher

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| | Literatur | 8 |
| 2 | Warum wir die Bioökonomie brauchen | 11 |
| 2.1 | Heute werden fossile und biogene Kohlenstoffquellen verwendet | 12 |
| 2.2 | Fossile Kohlenstoffquellen haben technische Vorteile | 15 |
| 2.3 | Warum sind fossile Rohstoffe trotzdem problematisch? | 19 |
| 2.4 | Das Pariser Klimaabkommen | 21 |
| 2.5 | Warum ist die Bioökonomie eine Alternative? | 23 |
| | Literatur | 25 |
| 3 | Welche Biomasserohstoffe sich anbieten | 27 |
| 3.1 | Umwandlung von Biomasse | 29 |

| | | |
|------------|---|------------|
| XII | Inhaltsverzeichnis | |
| | 3.2 Kaskadennutzung | 34 |
| | 3.3 Verwertungstechnologien | 34 |
| | Literatur | 37 |
| 4 | Der Stand der Bioökonomie in Deutschland | 39 |
| | 4.1 Die deutsche Bioökonomie | 40 |
| | Literatur | 56 |
| 5 | Hürden und Zielkonflikte hemmen die Bioökonomie | 61 |
| | 5.1 Ökonomische Hürden | 62 |
| | 5.2 Ökologische Zielkonflikte | 72 |
| | 5.3 Soziale Auswirkungen | 78 |
| | Literatur | 83 |
| 6 | Welche Lösungsoptionen bieten sich an? | 87 |
| | 6.1 Prioritäten setzen | 88 |
| | 6.2 Anbauflächen schonen | 91 |
| | 6.3 Kohlenstoffkreislauf, Koppel- und Kaskadennutzung | 97 |
| | 6.4 Integration der Bioökonomie und des Energiesektors | 105 |
| | 6.5 Den natürlichen und den technischen Kohlenstoffkreislauf nutzen | 108 |
| | Literatur | 109 |
| 7 | Den Übergang in die Bioökonomie gestalten | 115 |
| | 7.1 Biomassenutzung priorisieren | 116 |
| | 7.2 Branchenintegration, Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft | 119 |
| | 7.3 Rahmenbedingungen | 123 |
| | 7.4 Investitionsbedarf | 132 |
| | 7.5 Die Akteure informieren und motivieren | 134 |
| | Literatur | 139 |

| | |
|------------------|-----|
| 8 Fazit | 145 |
| Literatur | 150 |
| Anhang | 151 |
| Literatur | 183 |



1

Einleitung

Zusammenfassung

Die Bioökonomie wird zukünftig wesentlich zur deutschen Wirtschaft beitragen, und deshalb ist ihre Weiterentwicklung Teil der Regierungsprogramme auf Bundes- und Länderebene. Trotzdem ist der Begriff Bioökonomie in der breiten Öffentlichkeit wenig bekannt, und die Verwendung von Biomasse als industriellem Rohstoff stößt teilweise auf Skepsis. Dieses Kapitel definiert die Begriffe „Bioökonomie“ und „Biomasse“ und benennt Aspekte der Bioökonomie, über die gesellschaftlicher Konsens herrscht, die strittig sind oder die nur ungenügend beachtet werden.

Für ein Land wie Deutschland, dessen Wohlstand auf industrieller Produktion und Export beruht, ist die zukünftige Rohstoffversorgung und die damit verbundene Produktions- und Wirtschaftsweise von maßgeblicher Bedeutung. Sie wird von nachwachsenden, d. h. vorwiegend pflanzlichen Rohstoffen, ausgehen müssen, und

damit kommt der Bioökonomie für unsere wirtschaftliche Zukunft ganz wesentliche Bedeutung zu (Kasten 1.1).

Kasten 1.1 Die Vision der Bioökonomie in Deutschland

Bioökonomie wird definiert als die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen (auch Wissen), um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen [1]. Damit soll sie dazu beitragen, Lösungen zur Bewältigung der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu liefern:

Wie können Ernährungs- und Ressourcensicherheit für eine steigende Weltbevölkerung sichergestellt und gleichzeitig Klima, Umwelt und biologische Vielfalt geschützt werden? Wie können Ökologie und Ökonomie miteinander verbunden und die damit einhergehenden Chancen und Herausforderungen ausgewogen verteilt werden? Wie kann unser Wirtschaftssystem so transformiert werden, dass es nachhaltig ist und künftigen Wohlstand sichert? Wie kann die Bioökonomie möglichst schnell und wirksam zur Erfüllung der internationalen Klimaschutzziele des Übereinkommens von Paris beitragen? [2]

Mit der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ hat die Bundesregierung die Grundlagen einer nachhaltigen biobasierten Wirtschaft gelegt. Das hier dargestellte Konzept der Bioökonomie erfasst die Agrarwirtschaft sowie alle produzierenden Sektoren und ihre zugehörigen Dienstleistungsbereiche, die biologische Ressourcen – wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen – entwickeln, produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen. Sie erreicht damit eine Vielzahl von Branchen wie Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Fischerei und Aquakulturen, Pflanzen- und Tierzüchtung, Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sowie die Holz-, Papier-, Leder-, Textil-, Chemie- und Pharmaindustrie bis hin zu Teilen der Energiewirtschaft. Handlungsfelder sind die Sicherung der weltweiten Ernährung, eine nachhaltige Agrarproduktion, die Produktion gesunder und sicherer Lebensmittel, die industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe und der Ausbau von Energieträgern auf Basis von Biomasse [3].

Für die Umsetzung der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ sowie der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ wurde die Bundesregierung vom Bioökonomierat [4] mit dem Ziel beraten, optimale wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen für eine biobasierte Wirtschaft zu schaffen. Das Gremium wurde 2009 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) eingerichtet. Im Mai 2019 hat er zum letzten Mal getagt. Die 2020 von der Bundesregierung verabschiedete weiterentwickelte Nationale Bioökonomiestrategie sieht wieder die Einrichtung eines beratenden Gremiums vor.

Trotzdem ist der Begriff Bioökonomie über die Fachwelt hinaus immer noch weitgehend unbekannt oder zumindest erklärungsbedürftig und dies, obwohl Deutschland schon heute ein bedeutender Bioökonomiestandort für biobasierte Treibstoffe und Chemieprodukte ist. Beispiele für große Unternehmen und die Branchen, in denen sie tätig sind, gibt Tab. 1.1. Viele erfolgreiche kleinere Unternehmen in allen Bundesländern vervollständigen das Bioökonomieprofil Deutschlands. Dazu gehört übrigens auch der Maschinenbau, denn ohne Anlagen für die biobasierte Produktion ist die Bioökonomie nicht denkbar.

Um den Wandel in die Bioökonomie zu beschleunigen, wurde 2010 von der Bundesregierung eine der weltweit ersten Forschungsstrategien für den Wandel in eine Bioökonomie veröffentlicht. Ganz konkret wurde die Entwicklung der Bioökonomie 2018 als Arbeitspunkt in den Koalitionsvertrag der Bundesregierung eine der weltweit ersten Forschungsstrategien für den Wandel in eine Bioökonomie veröffentlicht. Ganz konkret wurde die Entwicklung der Bioökonomie 2018 als Arbeitspunkt in den Koalitionsvertrag der Bundesregierung [5] aufgenommen, und am 15.1.2020 konnte schließlich die weiterentwickelte Nationale Bioökonomiestrategie von der Bundesregierung verabschiedet werden. Auch auf Länderebene wird das Thema vorangetrieben. 2015 hat Bayern einen Sachverständigenrat berufen [6]. 2017 folgte Hessen mit einer Studie zum wirtschaftlichen Potenzial der Bioökonomie [7]. Baden-Württemberg verabschiedete 2019 eine eigene Bioökonomiestrategie [8]. Auf Bundes- und auf Landesebene haben in den letzten Jahren Förderprogramme und die Gründung von Cluster- und Beratungsorganisationen zum Fortschritt der Bioökonomie in Deutschland erheblich beigetragen. Auch für die EU-Kommission und die OECD ist

Tab. 1.1 Beispiele für Branchen und Unternehmen der Bioökonomie in Deutschland

| Branche | Produkt | Unternehmen | Standort | Bemerkung |
|----------------------------|-------------|------------------|-------------------|--|
| Energie | Biogas | Infraserv Höchst | Frankfurt am Main | Eine der größten Biogasanlagen Europas |
| Treibstoffe | Bioethanol | CropEnergies | Zeitz | Die effizienteste Anlage Europas für Bioethanol aus Getreide |
| | Bioethanol | Clariant | München | Einer der führenden Hersteller für Bioethanol aus Stroh |
| Ernährung | Aminosäuren | Evonik | Essen | Weltweit führender Produzent von Aminosäuren |
| Ernährung, Papier, Hygiene | Enzyme | AB-Enzymes | Darmstadt | Einer der weltweit führenden Enzymhersteller |

(Fortsetzung)

Tab. 1.1 (Fortsetzung)

| Branche | Produkt | Unternehmen | Standort | Bemerkung |
|------------|--------------------|-------------|-------------------|--|
| Chemie | Biopolymere | BASF | Ludwigshafen | Weltweit führender Chemiekonzern |
| Pharma | Insulin | Sanofi | Frankfurt am Main | Weltweit größte integrierte Insulin-produktionsanlage |
| Anlagenbau | Produktionsanlagen | GEA | Düsseldorf | Hat die weltweit größte Fermentationsanlage für Bakterien gebaut |

die Bioökonomie ein zentrales Element für die Entwicklung einer nachhaltigen Wirtschaft [9–11].

Und trotzdem ist der Begriff Bioökonomie in der breiten Öffentlichkeit unscharf geblieben. Entweder wird diese Wirtschaftsweise als nur technisch umzusetzende Alternative zur fossilbasierten Wirtschaft beschrieben, oder Zielkonflikte wie die Konkurrenz zwischen der Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen werden in den Vordergrund geschoben. Ein zentraler Streitpunkt ist dabei die Nutzung von „Biomasse“ als wesentlichem Rohstoff für die industrielle Produktion. Dabei ist das Verständnis dieses Begriffs noch dazu höchst unterschiedlich (s. Kasten 1.2).

Kasten 1.2

Biomasse ist der biologisch abbaubare Anteil von Produkten, Abfällen und Rückständen biologischen Ursprungs aus der Landwirtschaft (einschließlich pflanzlicher und tierischer Stoffe), der Forstwirtschaft und verwandter Branchen einschließlich Fischerei und Aquakultur sowie der biologisch abbaubare Anteil von Industrie- und Siedlungsabfällen [12].

In engerem Sinn wird Biomasse häufig als das pflanzliche Material der Land- und Forstwirtschaft gesehen, auch unter Einbeziehung von Meeresalgen. Andere beziehen auch Nebenprodukte, die bei der Verarbeitung von Biomasse anfallen, und Abfälle von biobasierten Produkten nach Gebrauch ein. Und wieder andere bezeichnen jedes organische, d. h. kohlenstoffhaltige, Material, das auf erneuerbare Weise verfügbar ist, als biologische Ressource – eine Sichtweise, die sich als roter Faden durch dieses Buch ziehen wird. Schon die Rohstoffbasis der Bioökonomie wird also ganz unterschiedlich gesehen. Gleiches gilt für die Zielkonflikte hinsichtlich der Ernährung der Weltbevölkerung und des Erhalts der Biodiversi-

tät. Ist die Bioökonomie also „neuer Raubbau oder doch die Wirtschaftsform der Zukunft?“ [13]. Droht die Gefahr, mit der Bioökonomie ein System zu entwickeln, das „alles Lebendige kommerziellen Interessen unterwirft und damit dessen Würde verneint?“ [14]. Solche Fragen müssen beantwortet werden, denn ansonsten würde auch die Bioökonomie keine nachhaltige Alternative zur „Ölwirtschaft“ bieten. Wir brauchen diese Option aber, denn Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sind sich einig, dass uns angesichts des Klimawandels nichts anderes übrig bleibt als von Kohle, Erdöl und Erdgas, also den fossilen Energie- und Kohlenstoffquellen loszukommen. Konsens besteht auch, dass es für die fossilen Energiequellen erneuerbare, kohlenstofffreie Alternativen wie Sonne und Wind gibt und so die Energieerzeugung „dekarbonisiert“ werden kann und muss. Die Forderung nach Dekarbonisierung wird aber fälschlicherweise auch für Treibstoffe und (organische) Chemieprodukte erhoben, obwohl diese Produkte von Kohlenstoff absolut abhängig sind (Kasten 1.3). Sie können gar nicht dekarbonisiert werden. Stattdessen müssen für sie nichtfossile Kohlenstoffquellen erschlossen werden; „Defossilisierung“ wäre deshalb der sachlich richtige Begriff. Dass wir dafür Biomasse industriell verwerten werden müssen, wird einerseits begrüßt, stößt aber zugleich auf Skepsis, wenn nicht Ablehnung, wenn es um große Volumina geht. Wir müssen deshalb erreichen, Biomasse unter Beachtung der natürlichen Grenzen so zu produzieren, zu verwenden und zu rezyklieren, dass sowohl die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung als auch die Biodiversität gesichert werden können. In der öffentlichen Diskussion werden diese komplexen Zusammenhänge der Optionen und der Grenzen der Bioökonomie wenig bis gar nicht thematisiert. Auch über die Wettbewerbssituation mit der heute noch dominierenden fossilbasierten Wirt-

schaftsweise besteht weithin Unkenntnis. Dabei wird sich die Bioökonomie dieser Auseinandersetzung in der kommenden Übergangsphase noch über Jahrzehnte stellen müssen. Die folgenden Kapitel werden diese vielfältigen Aspekte beleuchten. Sie bestimmen die notwendigen Weichenstellungen auf dem Weg in die Bioökonomie, und für den Erfolg ist es mit entscheidend, darüber gesellschaftlichen Konsens zu erreichen.

Kasten 1.3 Organische Chemie

In Molekülen der Organischen Chemie ist Kohlenstoff mit anderen Elementen verbunden. Dabei ergeben sich so vielfältige Kombinationen, dass diese Moleküle die wesentlichen Bausteine von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen bilden. Auch die aus biologischen Materialien entstandenen fossilen Ressourcen Erdöl, Erdgas und Kohle bestehen aus Molekülen der Organischen Chemie. Dies gilt auch für die aus biogenen und fossilen Rohstoffen erzeugten Produkte. Für die Bioökonomie sind Moleküle der Organischen Chemie deshalb zugleich Rohstoff und Produkt, und Kohlenstoff ist das zentrale Element.

Literatur

1. Bioökonomierat (2020) Was ist Bioökonomie? Online: <https://biooekonomierat.de/biooekonomie/>. Zugegriffen: 2. Jan. 2020
2. BMBF (2020) Nationale Bioökonomiestrategie für eine nachhaltige, kreislaforientierte und starke Wirtschaft. <https://www.bmbf.de/de/nationale-biooekonomiestrategie-fuer-eine-nachhaltige-kreislaforientierte-und-starke-10654.html>. Zugegriffen: 18. Jan. 2020
3. Die Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Nationale_