

Empfehlungen des Bioökonomierates

Weiterentwicklung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“



Überblick

Im Jahr 2017 endet die erste Phase der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“. Der Bioökonomierat begleitet die Weiterentwicklung des Forschungsprogramms aktiv. Viele richtige Weichenstellungen sind erfolgt, nun gilt es mit ungebrochenem Engagement und Zielbewusstsein die Forschung zur Bioökonomie zu fördern und die Entwicklung von biobasierten Lösungen zur breiten Anwendung zu bringen. Dabei sollte die Gesamtheit der biologischen Ressourcen und Erkenntnisse berücksichtigt werden. Dazu kann auch ein für die breite Öffentlichkeit überzeugendes und verständliches Narrativ zur Bioökonomie hilfreich sein.

Der Bioökonomierat

Der Bioökonomierat berät die Bundesregierung bei der Umsetzung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ auf dem Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Das Ziel des Bioökonomie-

rates ist es, in Deutschland sektorübergreifend eine wissensbasierte Bioökonomie zu etablieren. Sie bringt neue, nachhaltig erzeugte Produkte und Dienstleistungen hervor und vereint demnach ökonomisches Wachstum mit dem Ziel ökologischer Verträglichkeit. Als unabhängiges Beratungsgremium für die Bundesregierung wurde der Bioökonomierat in seiner jetzigen Besetzung 2012 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) berufen. Mit seinen Empfehlungen will der Rat:

- | Forschung und Entwicklung neuer Technologien in der wissensbasierten Bioökonomie fördern,
- | positive Rahmenbedingungen für eine biobasierte Wirtschaft auf den Weg bringen,
- | interdisziplinäre Aus- und Weiterbildung in der Bioökonomie verbessern,
- | die Gesellschaft informieren und mit ihr einen offenen Dialog führen.

Mitglieder des Bioökonomierates

Prof. Dr. Joachim von Braun, Direktor, Zentrum für Entwicklungsforschung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Prof. Dr. Christine Lang, Geschäftsführerin, ORGANOBALANCE GmbH
Prof. Dr. Ingrid Kögel-Knabner, Leiterin des Lehrstuhls für Bodenkunde, Technische Universität München
Prof. Dr. Johannes Vogel, Generaldirektor, Museum für Naturkunde
Prof. Dr. Georg Backhaus, Präsident, Julius Kühn-Institut
Prof. Dr. Daniel Barben, Vorstand, Institut für Technik- und Wissenschaftsforschung, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
Prof. Dr. Regina Birner, Fachgebietsleiterin, sozialer und institutioneller Wandel in der landwirt. Entwicklung, Universität Hohenheim
Dr. Léon Broers, Vorstand Forschung und Züchtung, KWS SAAT AG
Prof. Dr. Hannelore Daniel, Leiterin des Lehrstuhls Ernährungsphysiologie, Technische Universität München
Prof. Dr. Ulrich Hamm, Fachgebietsleiter, Agrar- und Lebensmittelmarketing, Universität Kassel
Prof. Dr. Reinhard F. J. Hüttl, Wissenschaftlicher Vorstand, Deutsches GeoForschungsZentrum
Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Präsident, Johann Heinrich von Thünen-Institut
Prof. Dr. Lucia Reisch, Professor für interkulturelle Konsumforschung und europ. Verbraucherpolitik, Copenhagen Business School
Prof. Dr. Manfred Schwerin, Leiter des Lehrstuhls für Tierzucht, Universität Rostock & Vorstand, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (emer.)
Prof. Dr. Daniela Thrän, Leiterin der Abteilung Bioenergie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Deutsches Biomasseforschungszentrum
Prof. Dr. Wiltrud Treffenedt, Chief Technology Officer EMEAI, DOW Europe GmbH
Dr. Holger Zinke, Mitglied des Aufsichtsrates, BRAIN AG

Bioökonomie: ein Narrativ

Sie ernährt den Menschen.

Sie kleidet ihn.

Sie wärmt ihn.

Sie bewegt ihn.

Sie gibt ihm ein Dach über dem Kopf.

Sie pflegt und heilt ihn.

Sie verbindet ihn mit der Natur.

Und sie entwickelt Lösungen für eine bessere, nachhaltigere Zukunft.

Die Natur hat dem Menschen schon immer alles gegeben, was er zum Leben brauchte. Und biobasiert war das Wirtschaften mit natürlich nachwachsenden Rohstoffen wie Holz jahrtausendlang – wenn auch meist zu Lasten der Natur.

Heute versteht die menschliche Gesellschaft die natürlichen Kreisläufe besser. Um die Natur und die wichtigen Ressourcen zu erhalten, muss sie sich in Zukunft nachhaltiger und ökonomisch – eben bioökonomisch – verhalten.

Bioökonomisch zu denken heißt, die Kreisläufe der Natur zu kennen und für die Energiewirtschaft, die Nahrungsmittel-, Papier- und Textilindustrie oder auch Chemie und Pharmazie nicht nur auszunutzen, sondern auch im Sinne von Umwelt- und Ressourcenschutz zu erhalten. Das erfordert Bioökonomie-Forschung für Innovation.

Bioökonomisch ist es zum Beispiel, Mikroorganismen Stoffe für den Haushalt oder die Industrie produzieren zu lassen. Energiereiche sowie klima- und umweltschädliche Herstellungsprozesse können so ersetzt werden. Bioökonomisch ist es auch, mit Hilfe von Mikroorganismen Biopharmaka wie Insulin herzustellen und damit vielen Menschen zu Schmerzlinderung und Heilung zu verhelfen.

Ein neuer Wirtschaftszweig ist die Bioökonomie hingegen nicht. Vielmehr ist sie ein Zeugnis des Umdenkprozesses, der in vielen Industrien und wirtschaftlichen Sektoren bereits in vollem Gange ist. Mal werden einzelne, chemisch produzierte Stoffe durch biologische Alternativen ersetzt, um Umweltschutzaufgaben zu erfüllen. Mal wird die Nachfrage nach naturverträglichen Produkten bedient, etwa wenn Lego-Bausteine nicht mehr aus erdölbasiertem Plastik hergestellt werden müssen.

Der Wandel zu einer solch „grüneren Wirtschaft“, einer echten Bioökonomie, ist nicht möglich ohne politische Weichenstellungen. Es braucht Anreize, die Unternehmen und Verbrauchern die langfristigen Vorteile bioökonomischen Handelns näherbringen. Und es braucht ein gesellschaftliches Umdenken, dass Wirtschaftswachstum nur mit ökologischen und sozial gerechten Produkten wirklich wertvoll für die Gesellschaft ist. Damit einher gehen Einschränkungen und Wachstumschancen für die Zukunft.

Dieses Ziel lässt sich nicht nur durch neue, attraktive Produkte erreichen. Verhaltensänderungen sind nötig – womit nicht nur Verzicht auf bioökonomisch schädliche Produkte gemeint ist, sondern vor allem Kreativität und gesellschaftliches Engagement für neue Ideen, die die Natur nicht mehr nur nutzen, sondern erhalten und als Quelle für ein gesundes Leben dieser und künftiger Generationen des Menschen schützen wollen.

Eckpunkte der Ratsempfehlungen

Für die erfolgreiche Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Anwendungen und Produkte sind neben **Forschungsförderung** weitere Eckpunkte ausschlaggebend:

- | **Ordnungspolitik** für eine soziale und ökologische Marktwirtschaft mit Anreizen, die Marktkräfte für bioökonomische Innovationen und tiefgreifende Anpassungen in der Ressourcennutzung anregen
- | Stärkere **Konzentration** auf hochwertige, wissensbasierte Bereiche der Bioökonomie
- | Aktivierung des deutschen **Kapitalmarktes** für Start-ups und wachsende Unternehmen in der Bioökonomie
- | Institutionelle Innovationen zur Förderung der Innovation „von unten“, aktive **Beteiligung** gesellschaftlicher Gruppen, besonders in den Bereichen Ernährung, Gesundheit, Wohnen und Mobilität
- | Praktische Begleitmaßnahmen und Forschung zur **Umsetzung** von F&E-Projekten

Bei den Forschungsthemen berücksichtigen die Empfehlungen das bisherige Programm der Forschungsstrategie¹ und entwickeln es zukunftsorientiert weiter. Nachhaltige **Agrarsysteme und Ernährung** bleiben zentrale Handlungsfelder. Neu sind die Handlungsfelder **Stadt** sowie **Ressourcenschutz und biobasierte Kreislaufwirtschaft**. Sie bauen auf der Förderung von Innovationen der stofflichen Nutzung biobasierter Ressourcen auf. Das Handlungsfeld Bioökonomie und **Konsum** umfasst zentrale Forschungsthemen zur Förderung der Bioökonomie auf der Nachfrageseite. Im Energiebereich sieht der Rat bei der Erforschung der künstlichen Fotosynthese und der **direkten Speicherung von Sonnenlicht** Potenzial für technologische Durchbrüche und Folgeentwicklungen.

Aufbau des Papiers

Der Rat spricht sowohl übergeordnete Empfehlungen für die Forschungspolitik als auch konkrete Forschungsthemen an. Der erste Abschnitt der Stellungnahme ordnet die Bioökonomie in die globale politische Agenda nach 2015 ein. Der zweite Abschnitt fasst die Entwicklungen und Herausforderungen der Bioökonomie im deutschen Innovationssystem kurz zusammen. Im dritten Abschnitt werden daraus die Empfehlungen für die Innovationspolitik und die Forschungsförderung abgeleitet. Diese Empfehlungen sollen dabei helfen, notwendige Prioritäten zu setzen, ohne jedoch die Vielfalt und Breite der Thematik unnötig einzuschränken (siehe Box 1).

1 Grundlegende Positionierung der Bioökonomie in der politischen Agenda nach 2015

Das Jahr 2015 hat die internationale politische Landschaft für die Bioökonomie verändert. Mit der Verabschiedung der für alle Länder gültigen UN-Nachhaltigkeitsziele (Agenda 2030), dem G7-Bekennnis zur Dekarbonisierung und zur Überwindung des Hungers für 500 Millionen Menschen sowie der Unterzeichnung des umfassenden Klimaabkommens von Paris (COP21) wird erforderlich, dass die deutsche Forschungspolitik die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie (siehe Box 1) fördert, die zur Erreichung dieser Ziele beiträgt.

Als 2010 die deutsche Forschungsstrategie veröffentlicht wurde, war sie eine der ersten Bioökonomie-Strategien weltweit. In den vergangenen sechs Jahren haben die Bioökonomie und die ihr zugrundeliegenden Innovationen international stark an Bedeutung gewonnen. Der Global Bioeconomy Sum-

mit 2015 hat gezeigt, dass inzwischen mehr als 40 Staaten Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen für die Bioökonomie in ihren Politikstrategien verankern.⁵

Während noch vor wenigen Jahren die Endlichkeit der Ölreserven („Peak Oil“) der treibende Motor für die politische Unterstützung der Bioökonomie war⁶, sind es nun die Klimaschutzziele und die Innovationspotenziale für eine nachhaltige Entwicklung. Die Neuorientierung der Bioökonomiepolitik von einer Substitutionsstrategie zu einer umfassenden Innovationsstrategie ist auch wichtigen Lernerfahrungen geschuldet. Die Entwicklung der Bioökonomie ist nicht automatisch nachhaltig. Unachtsam gestaltete Bioökonomie kann zu sozialen, ökologischen und ökonomischen Missständen führen. Aufbauend auf dem Global Forum for Food and

Box 1: Definition und Abgrenzung der nachhaltigen Bioökonomie

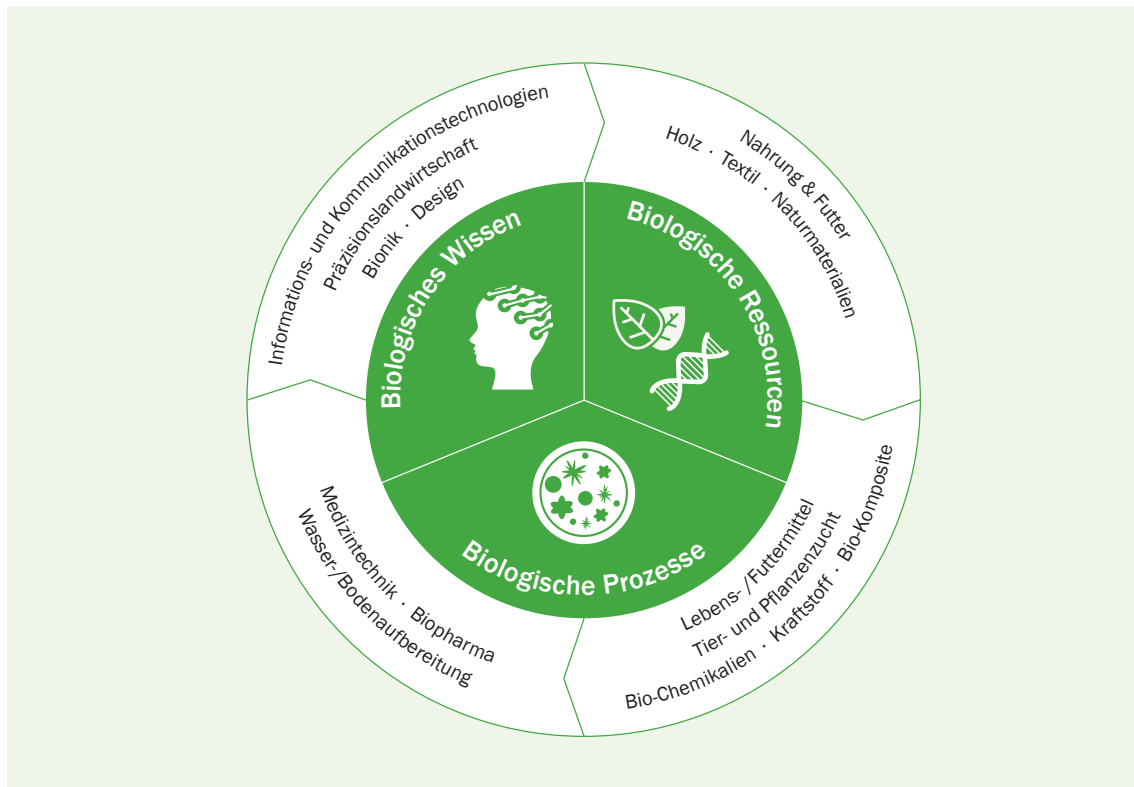
Die Bioökonomie ist getragen von einem gesellschaftlichen Wandel zu mehr Nachhaltigkeit. Sie basiert auf Innovationen aus der Forschung und Entwicklung sowie auf erneuerbaren Ressourcen.

Der Bioökonomierat versteht die Bioökonomie als wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Prinzipien, um Produkte und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. Lebens- und Futtermittel sowie Ernährungsthemen sind zentraler Bestandteil der Bioökonomie.

Der Begriff der biobasierten Wirtschaft („biobased economy“) wird in Europa teils synonym, teils als Bezeichnung für die rein stoffliche (non-food) Nutzung nachwachsender Rohstoffe verwendet. Die Bioökonomie trägt wesentlich zur Kreislaufwirtschaft bei. Das Konzept der Bioökonomie ist jedoch umfassender als das der „Circular Economy“². Sie nimmt nicht nur die Optimierung der Stoffströme und das Ressourcenmanagement in den Blick, sondern zielt auf gesellschaftliche Veränderungsprozesse und eine Biologisierung der Wirtschaft, welche ganz neue Produkte und Lösungen hervorbringt.^{3,4}

Die **politische Förderung der Bioökonomie** und ihrer Wissensbasis soll intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum ermöglichen und damit den Übergang zu einer „Green Economy“ fördern. Eine **nachhaltige Bioökonomie** schützt und nutzt die Natur, fördert dabei die weltweite Ernährungssicherung, den Klimaschutz und die Regeneration der natürlichen Ressourcen, insbesondere fruchtbare Böden, saubere Luft und sauberes Wasser.

Die Bioökonomie umfasst sämtliche Wirtschaftsbereiche



Agriculture (2015) und dem Global Bioeconomy Summit wurde Ende 2015 unter Leitung der FAO eine Initiative für nachhaltige Bioökonomiepolitik auf internationaler Ebene gegründet.

Die Bioökonomie hat in den vergangenen Jahren bereits zahlreiche Innovationen für mehr Nachhaltigkeit in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, der Energie-, Chemie- und Nahrungsmittelindustrie sowie der Bau-, Umwelt- und Gesundheitswirtschaft hervorgebracht.^{3,7} Die Biotechnologie hat sich als Schlüsseltechnologie erwiesen, beispielsweise in der Medizin⁸ und in der „grünen Chemie“⁹. Die Bioökonomie trägt wesentlich zur Entwicklung von Hightech-Lösungen und -Produkten bei, die

auf der Verschmelzung von Biotechnologien mit Sensorik, Nano-, Informations- und kognitiven Technologien beruhen. Dies wurde vor sechs Jahren so noch nicht bedacht. Die neuen Biotechnologien, wie beispielsweise CRISPR/Cas¹⁰, erfordern wissenschaftliche Bewertung und gesellschaftlichen Diskurs.

Weltweit gibt es inzwischen zahlreiche Projekte, Forschergruppen und Bildungsangebote, die sich mit bioökonomischen Fragestellungen befassen.¹¹ Erfolge und Lösungen werden zukünftig insbesondere bei nachhaltigen Ernährungssystemen, grünen Städten, erneuerbaren Energiesystemen und nachhaltiger Produktion und Nachfrage erwartet.¹²

2 Entwicklung der Bioökonomie und Herausforderungen im deutschen Innovationssystem

Alle Bereiche der nachhaltigen Bioökonomie sind wissenschaftsbasiert. Ihr Erfolg ist daher in besonderem Maße von kontinuierlichen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen abhängig. Diese umfassen die Ausbildung, die Grundlagen- und angewandte Forschung, Unternehmens-F&E wie auch die Begleit- und Umsetzungsforschung. In einem Innovationssystem ist das Wechselspiel zwischen Wissenschaft, innovativen Unternehmen und Gesellschaft bzw. Marktkräften von zentraler Bedeutung für das Gelingen von bioökonomischen Innovationen. Hierbei ist zu betonen, dass Neuentwicklungen nur dann erfolgreich sind, wenn sie von den verschiedenen Marktakteuren, beispielsweise Investoren, aufgegriffen und von den Verbrauchern angenommen werden. Die Umsetzung von Forschung in Produkte und Anwendungen ist somit wichtiger Teil einer Innovationsstrategie.

Die Bioökonomie-Forschungsstrategie 2030 hat dazu beigetragen, dass die Bioökonomie und bioba-

sierte Lösungen in weiten Bereichen der Fachöffentlichkeit stärker wahrgenommen werden als noch vor sechs Jahren. In den Medien finden sich regelmäßig Berichte zu biobasierten Innovationen und Forschungsprojekten. Die Förderung durch die Nationale Forschungsstrategie und durch die EU hat zahlreiche interdisziplinäre und sektorübergreifende Forschungsprojekte ins Leben gerufen.¹³ Dadurch hat die Anzahl der fachspezifischen Literatur und Konferenzen enorm zugenommen. Auch gibt es inzwischen eine Reihe von spezialisierten Bioökonomie-Forschungsnetzwerken, -Lehrgängen und -Clustern in Deutschland, die sich auch international vernetzt haben.

Trotz dieser Fortschritte und vielversprechender Produktentwicklungen^{3,14} finden sich am Markt bisher noch zu wenige biobasierte Innovationen. Die deutsche Wirtschaft nutzt die technologischen Möglichkeiten bislang nur in Nischen. Mit Blick auf das Innovationssystem lassen sich mehrere Her-



Interaktive Ausstellung zu Bioökonomie im Alltag

ausforderungen und Barrieren erkennen.^{15,16} Beispielsweise arbeitet die deutsche chemische Industrie sehr effizient auf Basis der existierenden Produktionsanlagen und etablierten Lieferketten. Viele biobasierte Innovationen weisen einen ökologischen Vorteil auf, z. B. geringere Emissionen, die aber am Markt nicht hinreichend bewertet werden. Teils fehlen auch die rein praktischen Vorteile, beispielsweise bei Haltbarkeit oder Verarbeitbarkeit. Sie stehen oft in Konkurrenz mit fossil-basierten oder energie-intensiven Produkten, die seit Jahren kostenoptimiert hergestellt werden können. Hier sind die Ausgangsbedingungen bis dato ungleich. Zudem erzielen nachhaltigere Lösungen auch aufgrund unvoreilhafter gesetzlicher Rahmenbedingungen keine Kostenvorteile. Dazu kommt, dass die Bioökonomie noch nicht hinreichend im deutschen Innovationssystem etabliert ist. Zwar haben Bund und einige Länder beachtliche Bioökonomie-Zentren aufgebaut, deren Vernetzung ist jedoch noch durchzuführen oder auszubauen.

Bei den Bürgern ist das Konzept der Bioökonomie noch zu wenig bekannt.¹⁷ Dabei ist die Nachfrageseite entscheidend für ihren langfristigen Erfolg. Die Produkteigenschaft „biobasiert“ ist nicht klar definiert und wird von Konsumenten sehr unterschiedlich und teils widersprüchlich wahrgenommen.¹⁸ In diesem Marktumfeld fällt es Unternehmen schwer, biobasierte Produkte und Verfahren zu vermarkten, besonders wenn für den Endkunden kein entscheidender Leistungsunterschied kommuniziert wird.

Für die Umsetzung von Innovationen sind zudem Wagniskapital und Wachstumsfinanzierung für Unternehmen erforderlich. Am Kapitalmarkt gibt es in Deutschland nach wie vor großen Handlungsbedarf, um nachhaltige Innovationen ausreichend zu honorieren.^{19,20} Die Einbindung der Sparer, Investoren und Finanzunternehmen in die Innovationsstrategie ist



dabei ebenso wichtig wie die Änderung der Rahmenbedingungen zugunsten von längerfristigen Investitionen in nachhaltige Innovationen.

Bioökonomische Forschungsergebnisse können ohne Umsetzung und Marktzutritt keinen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Mehrwert generieren und kaum zur Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschaft beitragen. Die Bioökonomie-Forschungsstrategie muss in diesem Zusammenhang noch stärker die Weiterentwicklung von der Erfindung bis zur Anwendungs- und Marktreife mitdenken und mit konkreten Maßnahmen und Forschungsprojekten begleiten.

3 Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Forschungsstrategie

Der folgende Abschnitt nennt zuerst übergeordnete Empfehlungen für die Forschungsstrategie. Diese werden als zentral angesehen, damit zukünftig noch mehr Forschungsergebnisse in Innovationen übersetzt und erfolgreich implementiert werden können. Ziel ist die Unterstützung des Wandels zu einer nachhaltigeren Gesellschaft und insbesondere zu einem biobasierten, zukunftsfähigen Wirtschaftssystem.

Übergeordnete Empfehlungen

- | Die weiterentwickelte Forschungsstrategie soll auf den Zielen und Handlungsfeldern aufbauen, die im bisherigen Programm verfolgt wurden.¹ In Zukunft sind aber verstärkt die Gesamtheit der biologischen Ressourcen und die damit verbundenen Funktionen und Erkenntnisse (Wissen) zu berücksichtigen. In Deutschland sind zum einen der **Biopharma-Bereich** inkl. der biotechnologischen F&E, auch unter dem Aspekt der „One Health“-Strategien²¹, relevant. Dies würde den Gesundheitsnutzen der Bioökonomie untermauern. Zum anderen sollten die biobasierte Kreislaufwirtschaft und die aquatische Bioökonomie stärkeres Gewicht bekommen.
- | Die Bioökonomie als Beitrag zu einer nachhaltigeren Gesellschaft sollte eine zentrale Rolle in der neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung einnehmen. Bioökonomische Innovationen bedingen eine Vielzahl an Durchbrüchen in der Grundlagenforschung (siehe S. 11ff.). In Förderprogrammen sollte die **Zusammenarbeit von der Forschung bis zur Anwendung** weiter unterstützt und gezielt angeregt werden. Beispielsweise sollten Netzwerke aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Unternehmen gefördert werden, die daraus Innovationen in verschiedenen, nicht konkurrierenden Branchen entwickeln.²²
- | Deutschland gilt im Bereich der Bioökonomie-Forschungsstrategien als politischer Vorreiter. Diese Spitzenrolle zu halten wird angesichts der inzwischen in vielen Ländern konkurrenzfähig etablierten Forschungsstrategien vermehrte Anstrengungen erfordern. Ein ganzheitliches Begriffsverständnis und eine visionäre Themensetzung sichern dem neuen Programm Alleinstellungsmerkmale. Im Sinne zukünftiger Wettbewerbsvorteile und Marktentwicklungen sollte die deutsche Forschungsstrategie aber auch **Allianzen** mit ähnlich gelagerten internationalen Aktivitäten suchen. Längerfristige Kooperationen mit führenden Technologienationen werden insbesondere bei den Schlüsselthemen empfohlen, die globale Wirkungen haben können und deshalb besser international bearbeitet werden.²²
- | Verschiedene Bundesländer haben signifikante eigene Bioökonomiestrategien etabliert bzw. unterhalten spezielle Förderprogramme. Die Forschungsstrategie des Bundes sollte eine Koordination der Bundes- und Länderaktivitäten vorsehen; die Etablierung einer **nationalen Bioökonomie-Plattform**, in der sich Bund und Länder sowie weitere Akteure austauschen und zu Förderprogrammen abstimmen können, wird empfohlen.
- | Um die vielfältigen Innovations- und Naturschutzaufgaben der Zukunft zu bewältigen, müssen die Kapazitäten in der Biodiversitäts-, der ernährungs-, agrar- und forstwissenschaftlichen Forschung deutlich ausgeweitet werden. Die zielorientierte **Ausbildung** und die **Nachwuchsförderung** sind hier von hoher Bedeutung für Deutschland.²³ Die Verfassung sieht in Artikel 91b GG vor, dass Bund und Länder in Fällen überregionaler Bedeutung bei der Förderung von Lehre und Forschung zusammenwirken können. Besonders in für bioökonomische Innovationen kritischen „kleinen“ Forschungsdisziplinen könnte ein gemeinsames Vorgehen die notwendigen Kapazitäten sichern.

Thematische Forschungsempfehlungen

Die Ratsempfehlung adressiert drei zentrale Querschnittsthemen, die in jedem der fünf thematischen Handlungsfelder berücksichtigt werden sollten. Diese bauen auf dem bisherigen Forschungsprogramm¹ auf und wurden anhand von Leitprojekten weiterentwickelt (siehe Box 2). Je Handlungsfeld werden die aus Ratssicht besonders relevanten Forschungsthemen hervorgehoben.

Querschnittsthema: Einbindung der Gesellschaft und der Akteure des Innovationssystems

| Neben den F&E-Aktivitäten der Universitäten, Forschungsinstitutionen und Unternehmen sollten noch mehr als bisher die Gesellschaft und wichtige Akteure des Innovationssystems eingebunden werden. Besonders wichtig wäre die stärkere Einbindung von Investoren und Finanzinstituten. Weitreichende Forschungsanstrengungen sind notwendig, um den gesellschaftlichen Wandel anzustoßen und zu unterstützen. Hier gilt es, die möglichen Entwicklungspfade der Bioökonomie gemeinsam zu definieren und mit Hilfe von Szenarien und Leitbildern klarer zu verdeutlichen. Ein **Narrativ**, das die Herausforderungen und Lö-

Box 2: Leitprojekte für die Bioökonomie

Unter Berücksichtigung der aktuellen Diskussionen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickelte der Rat 2015 vier umfassende Leitprojekte für die Bioökonomie. Sie sollten technologische Durchbrüche erfordern bzw. visionär sein, wesentlich zur Erreichung der globalen Nachhaltigkeitsziele beitragen, für Deutschland als Technologiestandort interessant sein und eine breite, themenübergreifende F&E-Zusammenarbeit erfordern. Die Leitprojekte Bioökonomische Stadt, Künstliche Fotosynthese, Nachhaltige Ernährungssysteme und Globale Ordnungspolitik für Nachhaltige Bioökonomie wurden anschließend in einer internationalen Delphi-Befragung weiterentwickelt. Zudem wurden drei weitere Leuchtturmprojekte aus den Vorschlägen der Studienteilnehmer abgeleitet: Nachhaltige Aquakultur, Biobasierte Kreislaufwirtschaft (Bioraffinerie 4.0) sowie Nachhaltiger Konsum und Gesellschaftliche Mitgestaltung.¹²

sungsansätze der Bioökonomie für nachhaltige Entwicklung in den verschiedenen Handlungsfeldern aufzeigt, sollte Szenarien des Transformationsprozesses inklusive der notwendigen Rahmenbedingungen entlang einer Zeitachse beschreiben. Forschungsbedarf besteht zudem bei der **Folgenabschätzung** der Chancen und Risiken von verschiedenen technologischen Entwicklungspfaden sowie hinsichtlich der (sich ändernden) Anforderungen der Gesellschaft an die Bioökonomie.²⁴

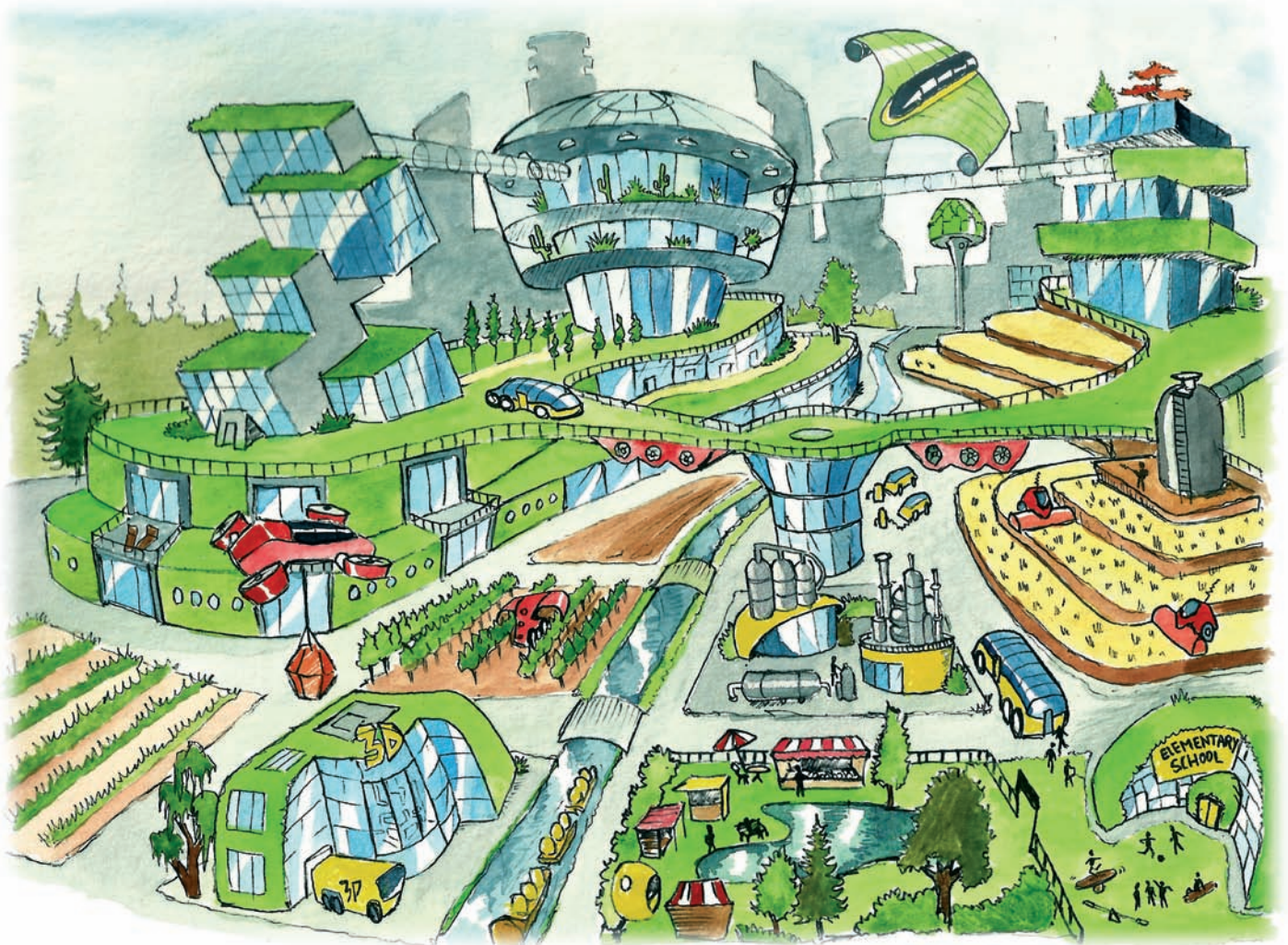
Querschnittsthema: Digitalisierung

| Die Bioökonomie ist zunehmend von der Konvergenz von Wissenschaften und Technologien geprägt. Insbesondere die Verbindung der Biowissenschaften und der Biotechnologie mit den Informations- und Kommunikationstechnologien bietet umfassende Möglichkeiten für nachhaltige Innovationen und „grünes Wachstum“, beispielsweise in der Robotik, der Präzisionslandwirtschaft, der Kunststoffverarbeitung, der Medizintechnik, der Pharmazie, der Pflanzenzüchtung, bei Navigationssystemen und in der Prozess- und Computertechnik. Der Rat empfiehlt, diese Verbindung als ein zentrales Querschnittsthema in der Forschungsstrategie zu verankern.²⁴

Querschnittsthema: Begleitmaßnahmen und Forschung zur Umsetzung

- Die Bioökonomie sieht eine Transformation ganzer Wertschöpfungsketten vor. Der Wandel kann nur gelingen, wenn technologische, organisatorische und soziale Innovationen ineinandergreifen.²⁵ Dies erfordert konkrete Begleitmaßnahmen, Dialogprozesse und Forschung zur Umsetzung in allen Handlungsfeldern.²⁶ Eine Ex-Post-Evaluierung allein ist hier oft nicht zielführend. Idealerweise können wichtige Erkenntnisse über Erfolge und Fehlentwicklungen bereits während der Laufzeit eines Programms in die weitere Programmgestaltung einfließen. Es ist zudem notwendig, den Ordnungsrahmen und die Anreizsysteme für die Umsetzung von Innovationen in den jeweiligen Handlungsfeldern und Wirtschaftsbereichen begleitend zu erforschen. Die gewonnenen Erkenntnisse können die bisher fehlende Wissensbasis für notwendige rechtliche Änderungen liefern.

Darstellung einer Bio-City*



*persönliche Interpretation des Künstlers

Handlungsfeld 1: Bioökonomie für eine hohe Lebensqualität in Städten

Die Anwendung biobasierter Prinzipien und Materialien in der Stadtplanung und -gestaltung kann wesentlich dazu beitragen, dass Städte umweltfreundlicher und lebenswerter werden. Für die Resilienz und das Wohnklima in Städten spielen **Begrünungstechnologien, Grünanlagen und -gürtel** eine immer wichtigere Rolle.^{27,28} Grundlagenforschung und angewandte Forschung sind notwendig, um nachhaltige Lösungen (z. B. grüne Dächer, mobile Begrünungselemente) zu entwickeln. Der Aufbau und die sachgerechte dauerhafte Pflege von Grünelementen und -anlagen in der Städteplanung sind zu optimieren.¹² Neue Konzepte für urbane Gärten mit Beteiligung der Bevölkerung sind ebenso Teil einer solchen Strategie wie die Integration der bereits bestehenden Kleingarten- und Hausgartenstrukturen²⁹.

In der **Architektur und im Bauwesen** zeichnen sich neue faszinierende bioökonomische Konzepte ab, beispielsweise der Holzhochbau, energie-positive und begrünte oder recyclingfähige Häuser. Diese Konzepte versprechen lebenswerte Gebäude mit geringerem Ressourcen-Fußabdruck und flexiblerer Nutzung. Auch biobasierte Materialinnovationen³⁰ sind weiterzuentwickeln und ihr Beitrag zu nachhaltigem Bauen ist zu evaluieren. Weite Teile des **Verkehrs** in Städten müssen auf elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe, wie Biokraftstoffe der neuen Generation, umgestellt werden.³¹ Technologische Innovationen sind in diesen Bereichen dringend notwendig, um nachhaltige Lösungen zu realisieren.

Auch die neuen Konzepte für den verbrauchernahen Anbau von Nahrungsmitteln **in der Stadt und stadtnah** wie Sky- und Peri-Urban Farming erfordern intensive Forschungsarbeiten und technologische Durch-

brüche in verschiedenen Disziplinen, wie Forschung zu Pflanzen, biologischem Pflanzenschutz, Anbau- und Beleuchtungstechniken, Nährstoffkreisläufen, Architektur, Logistik etc. Hier können technologisch anspruchsvolle Produkte, Verfahren und Leistungen entwickelt werden, die weltweit stark nachgefragt sind. Forschung muss aufzeigen, wie dies ggf. mit veränderten Regelwerken erfolgen kann, damit es tatsächlich zu positiven Nachhaltigkeitswirkungen führt. Zudem sind **Kreislaufsysteme für biobasierte Materialien und Energie** ein bedeutendes Forschungsthema für die ressourceneffiziente Stadt. In diesem Bereich sind technologische und soziale Innovationen für die Sammlung, Aufbereitung und intelligente Nutzung von Ressourcen notwendig.

Handlungsfeld 2: Gesundes und nachhaltiges Ernährungssystem

Dieses Handlungsfeld wurde bereits in den vergangenen sechs Jahren in Forschungsprogrammen in

Deutschland berücksichtigt. Diese Anstrengungen gilt es nicht nur zu verstetigen, um vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels, die Ressourcen-Fußabdrücke und Emissionen in der Land- und Fischereiwirtschaft deutlich zu reduzieren und gleichzeitig die Ansprüche der Verbraucher an gesunde und nachhaltige Ernährungsangebote zu berücksichtigen, sondern auch Innovationschancen zu nutzen. Wichtige Forschungsthemen sind insbesondere: Züchtungsforschung³², biologische und biotechnische³³ Pflanzenschutzsysteme sowie nachhaltige Verfahren der Nährstoffversorgung, Präzisionslandwirtschaft und nachhaltige Tierhaltung. Im Hinblick auf die steigende Rohstoffnachfrage einer wachsenden Weltbevölkerung gewinnt zusehends die Versorgung mit hochwertigen Proteinen, die in Zukunft nicht mehr allein durch traditionelle Tierhaltung bereitgestellt werden können, an Bedeutung. Zu den Alternativen gehören neben der Gewinnung und Verarbeitung von hochwertigen Pflanzenprotei-

Darstellung zukünftiger Ernährungssysteme*



*persönliche Interpretation des Künstlers

nen, die Proteingewinnung aus Insekten und die **nachhaltige Aufzucht von Meeresorganismen**, wie beispielsweise Muscheln und Algen. F&E ist notwendig, um Lösungen für eine wirtschaftlich sinnvolle und ökologisch nachhaltige Aquakultur in Deutschland zu finden. Idealerweise erbringen Aquakulturen sogar wichtige Ökosystem-Dienstleistungen, beispielsweise Küstenschutz oder Wasserreinigung und -aufbereitung. Synergien und die Anschlussfähigkeit mit „Blue Bioeconomy“-Strategien in Europa sollten sichergestellt werden.

Aufgrund der besorgniserregenden Degradation **fruchtbarer Böden** weltweit, sind die Forschungsansätze zum Verständnis von Wechselwirkungen zwischen Ausgangssubstrat, Klima, Landschaftsmorphologie, Nutzungsgeschichte, Bewirtschaftung und dem Kohlenstoff- und Nährstoff-Haushalt von Böden neu und weiterzuentwickeln. Bodenmikroorganismen sind ein Motor der Nährstoffumsetzungen und -verfügbarkeit in Böden. Ihre Rolle für die effiziente Pflanzenernährung, den Humus-Aufbau und -Abbau sowie für den Klimaschutz ist weiter zu erforschen und für eine nachhaltige Landwirtschaft nutzbar zu machen.³⁴

Die Entwicklung von **nachhaltig erzeugten, gesunden Lebensmitteln**, auch auf Basis neuer Proteinquellen, spielt eine wichtige Rolle bei der Sicherung der Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung und beim Klimaschutz. Forschung in diesem Feld ist notwendig, um den Gesundheitsaspekt von Ernährung, die Nachhaltigkeit von Erzeugung, Lagerung und Verwertung sowie die Ernährungssicherheit auch zukünftig zu gewährleisten. Grundlagenforschung und biotechnologische Innovationen sind zudem notwendig, um den Nährstoffgehalt (z. B. Vitamine) von Lebensmitteln im Sinne einer gesunden Ernährung zu optimieren. Industriennahe Forschungsprojekte können hierbei vermehrt Bedeutung erhalten. Auch Versorgungskonzepte an der Schnittstelle von Ernährungswissenschaft, Medizin und Digitalisierung, wie beispielsweise Bioprinting und Nutrigenetik, sind wichtige Forschungsthemen für eine älter werdende Bevölkerung in den Industrieländern.

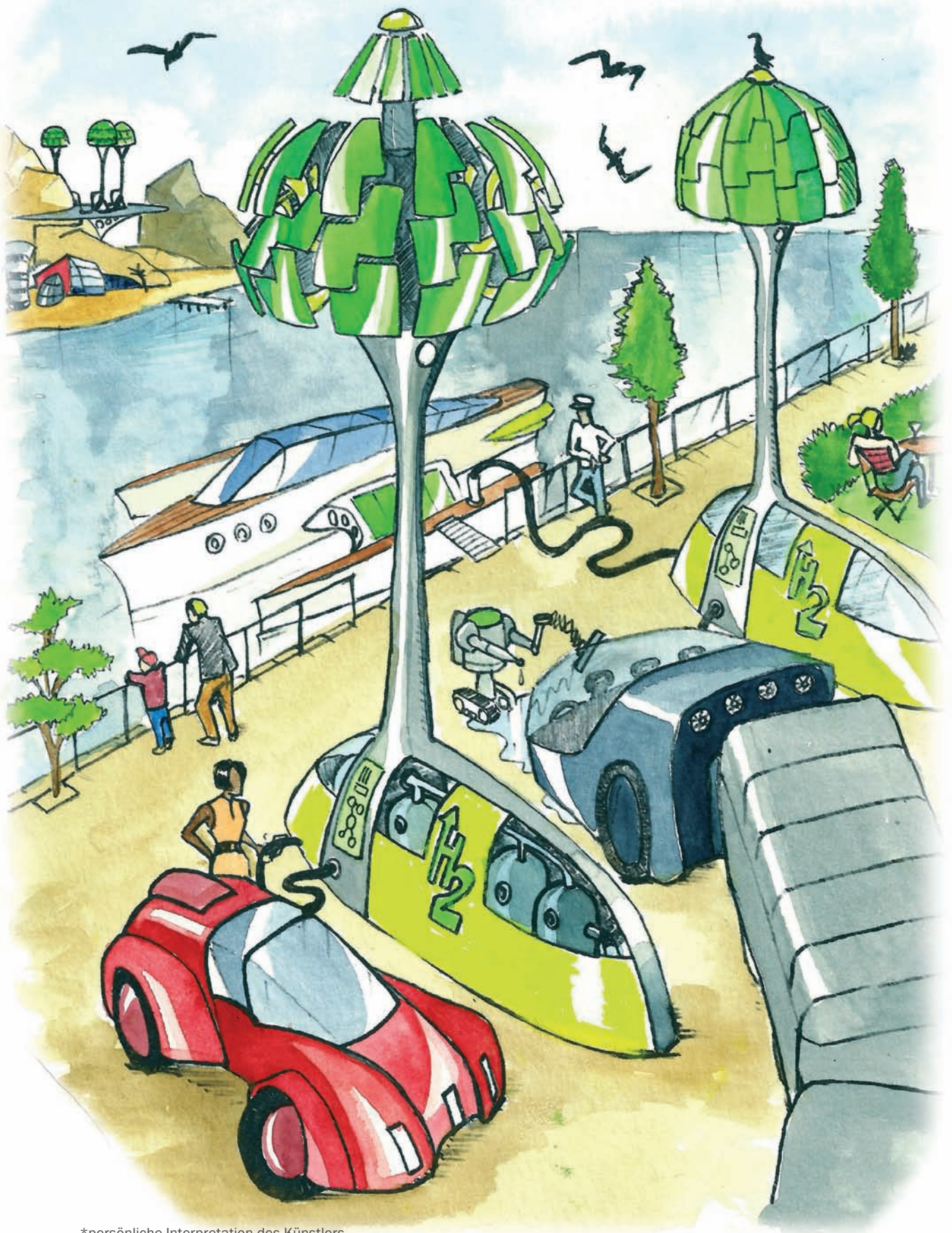
Ernährung ist heute in den Industrieländern nicht mehr eine reine Versorgung mit Kalorien und Nährstoffen, sondern stellt einen wesentlichen Faktor der Gesundheit und des Wohlbefindens sowie des Life-

styles dar. In diesem Sinne sind die Themen Ernährung und Gesundheit vielschichtig und haben eine direkte Auswirkung auf die Lebensqualität. Für die Entwicklung der Forschungsstrategie bedeutet dies, dass nicht nur Produktinnovationen, sondern auch sinnvolle Anreize und Begleitmaßnahmen für **nachhaltiges und gesundes Ernährungsverhalten** einzu-beziehen sind. Hierzu müssen Strategien zu einer verbesserten **Verbraucherkommunikation** zu Gesundheit und Haltbarkeit von Lebensmitteln, z. B. durch Verpackungsinnovationen oder mobile Informationsanwendungen erforscht und entwickelt werden.²⁴ Die Minderung von Lebensmittelverschwendung ist ein wichtiges Thema der Bioökonomie. Somit ist die **Verbraucherforschung** zu Anreizen und Regelwerken für biobasierten Konsum auszuweiten. Ein Schwerpunkt kann hier auf der Entwicklung von alltagstauglichen und einfachen Lösungen für Verhaltensänderungen liegen. Große forschungsgestützte Experimente mit kommunaler Partizipation zu nachhaltigem Konsum, insbesondere zur Verhinderung von Fehlernährung und von Lebensmittelverschwendung, sollten gewagt werden.

Handlungsfeld 3: Ressourcenschutz & biobasierte Kreislaufwirtschaft

In einer zukunftsfähigen Bioökonomie muss die Wirtschaft biologische Ressourcen effizienter als bisher nutzen und verarbeiten, sodass idealerweise aus einer Einheit „Input“ mehr „Output“ und Wertschöpfung entsteht. Die Ressourcen sollten nach dem Vorbild der Natur im Kreislauf geführt werden, wobei erst hochwertige Nahrungsmittel und Industrieprodukte gewonnen werden, bevor die Nebenprodukte und Reststoffe, zum Beispiel für Basischemikalien und Bioenergie, verwendet werden.³⁵ Bioraffineriekonzepte sollten weiterentwickelt werden, sodass verschiedene parallele Produkte aus einem Rohstoffstrom erzeugt werden können. Idealerweise entsteht gar kein Abfall bzw. können Rohstoffe mittels biologischer Verfahren rückgewonnen werden. In diesem Bereich gibt es erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf.³⁶ Neben technologischen Innovationen (z. B. Enzyme für die Aufbereitung verschiedener biogener Rohstoffe und Reststoffe) sind Prozess- und Produktinnovationen zu entwickeln. Auch die Nutzung von CO₂-Emissionen für die biotechnologische Gewinnung von Rohstoffen sollte weiter erforscht werden. Eine breitere Umsetzung biobasierter Kreislaufwirtschaft erfordert die Unter-

Darstellung zu direkter Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie*



*persönliche Interpretation des Künstlers

stützung durch Demonstrationsprojekte zur technologischen Machbarkeit, ebenso wie die Bewertung ökologisch und ökonomisch vorteilhafter Konversionspfade.^{15,35}

Die Bioökonomie kann jedoch nur gelingen, wenn die lebensnotwendigen Ressourcen – fruchtbarer Boden, sauberes Wasser und saubere Luft sowie die Vielfalt der Organismen – gepflegt werden. Intakte Ökosysteme und insbesondere die Biodiversität sind wichtig, um diese Ressourcen zu erhalten und zu regenerieren.²⁴ Bioökonomische Innovationen müssen deshalb einen deutlich verringerten **Ressourcenfußabdruck** aufweisen als bereits etablierte Produkte und Methoden. Der Rat empfiehlt generell, die externen Effekte des Einsatzes von nachwachsenden Ressourcen vollständig zu messen und dem Fußabdruck der etablierten traditionellen Produkte und Prozesse gegenüberzustellen. Dies schließt die gesamte Prozesskette sowie die unterschiedlichen Anwendungsformen (Nahrungsmittel, industrielle Anwendung, Energie) ein.¹⁹ Dabei ist die gemeinsame Betrachtung von Wasser- und Landnutzung sowie von Emissionen und Energiebedarf besonders wichtig, um negative externe Effekte zu reduzieren. Forschungsanstrengungen sind notwendig, um Zielkonflikte zu analysieren, zu kommunizieren und Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Die **genetische Diversität** ist unverzichtbare und wertvolle Ressource für die Züchtung von anpassungsfähigeren Tierrassen und Pflanzensorten sowie für die Entdeckung von neuen Wirk- und Inhaltsstoffen. Um das noch lückenhafte Wissen um organismische und genetische Vielfalt weiterzuentwickeln und zu erforschen, sollten die Genom- und Mikrobiomforschung, die integrative Biodiversitätsforschung, die Biodiversitätsinformatik³⁸ und die Phänotypisierung gefördert werden. Auch die Erforschung, Entwicklung und Nutzung biologischer und biotechnischer³³ Abwehrsysteme oder Zoonosen (z. B. Antagonisten und Mikroorganismen) im Zusammenspiel biotischer oder abiotischer Stresskomponenten ist von großer Bedeutung für die Resilienz von Ökosystemen, den Naturschutz³⁷ und die menschliche Gesundheit³⁹.

Handlungsfeld 4: Nachhaltiger biobasierter Konsum
Gesellschaftliche Entwicklungstrends und Verbraucherpräferenzen für nachhaltige Produkte und

Dienstleistungen haben bereits zahlreichen Innovationen Vorschub geleistet, z. B. im Ernährungssektor. Die **Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten der Gesellschaft** bei der Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie sollten stärker aufgezeigt und gefördert werden. Hierbei ist schulische Bildung - insbesondere in den Lebenswissenschaften - ebenso notwendig wie die praktische Vermittlung von Wissen zur Bioökonomie. Die Messung und Kommunikation der **Nachhaltigkeit und Klimarelevanz des Verbraucherhaltens** bleibt ein wichtiges Forschungsthema, um Konsumenten dabei zu unterstützen, Abfälle und übermäßigen Konsum von Ressourcen zu vermeiden. Die Beteiligung von gesellschaftlichen Gruppen an der Entwicklung der Bioökonomie kann beispielsweise über die Einbindung von Schülern und interessierten Bürgern in Innovationsnetzwerke, bürger-nahe Forschungsprojekte und biobasierte Produktentwicklungen geschehen. Im Themenfeld nachhaltiger Konsum werden bereits Konzepte zur „consumer co-creation“ und „citizen science“ erprobt.⁴⁰ Diese sollten auch für die Bioökonomie erschlossen werden. Die Qualität und Sicherheit der entwickelten Lösungen müssen jedoch sichergestellt werden.

Handlungsfeld 5: Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie, hybride Energiesysteme

Im Bereich der biologischen Speicherung von Sonnenenergie und hybriden Energiesystemen, und dabei auch der künstlichen Fotosynthese, wird darauf abgezielt aus Wasser und CO₂ direkt energiereiche Kohlenwasserstoffe zu erzeugen. Diese können als vielseitiger Ausgangsstoff für Energieträger oder Chemierohstoffe (Stärke, Zucker) eingesetzt werden. Ein technologischer Durchbruch in diesem Bereich würde einen großen Beitrag zur dezentralen Nutzung erneuerbarer Energien leisten und wird deshalb in den führenden Technologieländern gefördert. Auch in Deutschland gibt es hierzu etablierte Grundlagenforschung, die weiter unterstützt und stärker mit der angewandten Forschung vernetzt werden sollte.

Bioökonomieforschung im Kontext

Die Förderung der Bioökonomieforschung muss sich in Zukunft noch stärker an langfristigen gesellschaftspolitischen Leitbildern orientieren. Dazu zählen besonders nachhaltiger Konsum, gutes Leben in einer sich rasch wandelnden Arbeitswelt,

nachhaltige Produktion und globale Verantwortung gegenüber Umwelt und Lebensbedingungen in Deutschland und in anderen Ländern, die durch Innovationen aus Deutschland positiv beeinflusst werden können. Für den Industriestandort Deutschland spielt die intelligente Nutzung von Innovationskapazitäten und Ressourcen eine entscheidende Rolle. Hier ergeben sich neue Chancen durch eine stärkere Konzentration auf hochwertige, wissensbasierte Bereiche der Bioökonomie. Die Forschungsstrategie Bioökonomie bietet die Möglichkeit, die Ziele und Leitbilder wichtiger Strategien miteinander zu verknüpfen und umzusetzen. Insbesondere die

Bioökonomie-Politikstrategie der Bundesregierung⁴¹, die Strategie der Bundesregierung zu nachhaltigem Konsum⁴², die Strategien der Europäischen Union zu Bioökonomie⁴³ und Kreislaufwirtschaft⁴⁴, das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD)⁴⁵ sowie die eingangs genannten internationalen Verpflichtungen erfordern erhöhte Forschungs- und Innovationsanstrengungen für die Bioökonomie. Die zurzeit in Bearbeitung befindliche Hightech-Strategie der Bundesregierung⁴⁶ sollte der Bioökonomie deshalb eine wichtige Position zumessen, um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Referenzen

- [1] Handlungsfelder: weltweite Ernährungssicherheit, nachhaltige Agrarproduktion, gesunde und sichere Lebensmittel, industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe sowie Energieträger auf Basis von Biomasse.
- [2] „In a circular economy the value of products and materials is maintained for as long as possible; waste and resource use are minimised, and resources are kept within the economy when a product has reached the end of its life, to be used again and again to create further value.“ (European Commission, 2012)
- [3] BMBF & BMEL. (Hrsg.) (2015). Bioökonomie in Deutschland: Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Verfügbar unter http://www.bmbf.de:8001/pub/Biooekonomie-in-Deutschland_001.pdf [31.10.16].
- [4] www.biooekonomie.de
- [5] Bioökonomierat. (2015). Bioeconomy Policy (Part II): Synopsis of national strategies around the world. Verfügbar unter http://gbs2015.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/Bioeconomy-Policy_Part-II.pdf [31.10.16].
- [6] En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy (2007). Verfügbar unter <https://www.bmbf.de/pub/cp.pdf> [31.10.16].
- [7] www.biooekonomie.de
- [8] Mitra, J. (2016). The New Health Bioeconomy: R&D policy and innovation for the 21st century. London: Palgrave MacMillan.
- [9] BMBF. (2015). Weiße Biotechnologie: Chancen für eine biobasierte Wirtschaft. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Weisse_Biotechnologie.pdf [31.10.16].
- [10] CRISPR/Cas-System (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) ist eine biochemische Methode, um DNA gezielt zu schneiden und zu verändern (Genome Editing).
- [11] Bioökonomierat. (2015). Global Bioeconomy Summit: Conference Proceedings. Verfügbar unter http://gbs2015.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/Proceedings_neu_2.pdf [31.10.16].
- [12] Bioökonomierat. (2015). Global Visions for the Bioeconomy – an International Delphi-Study. Verfügbar unter <http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Delphi-Study.pdf> [31.10.16].
- [13] BMBF-Förderdatenbank. (2016). Verfügbar unter <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/root.html> [31.10.16].
- [14] www.biooekonomie.de
- [15] Bioökonomierat. (2015). Die deutsche Chemieindustrie – Wettbewerbsfähigkeit und Bioökonomie. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOERMEMO_Chemie_final.pdf [31.10.16].
- [16] Carus, M. et al. (2011). Level playing field for biobased chemistry and materials. Policy paper on biobased economy in the EU. Verfügbar unter <http://bio-based.eu/policy/> [31.10.16].
- [17] Institut für Demoskopie Allensbach. (2013). IfD-Umfrage 11013.
- [18] Sijtsema, S. J. et al. (2016). Consumer perception of bio-based products – An exploratory study in 5 European countries. *Wageningen Journal of Life Sciences* (77), p. 61-69.
- [19] Bioökonomierat. (2013). Bioökonomie-Politikempfehlungen für die 18. Legislaturperiode. Verfügbar unter <http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/Politikempfehlungen.pdf> [31.10.16].
- [20] Das EFI-Gutachten (2016) mahnt, dass die im Koalitionsvertrag angekündigten gesetzlichen Grundlagen geschaffen werden müssen, um die Rahmenbedingungen für Wagniskapital und damit die Finanzierungsmöglichkeiten für innovative Unternehmen zu verbessern.
- [21] Das „One Health-Konzept“ erkennt an, dass die menschliche Gesundheit mit der Gesundheit von Tieren und der Umwelt verbunden ist“, siehe Centre for Disease Control <http://www.cdc.gov/onehealth/>
- [22] Bioökonomierat. (2015). Bioeconomy Policy (Part I): Synopsis and Analysis of Strategies in the G7. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOER_Laenderstudie_1_.pdf [31.10.16].
- [23] Bioökonomierat. (2015). Landwirtschaft in Deutschland – ihre Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit der Bioökonomie. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOERMEMO_Landwirtschaft_final.pdf [31.10.16].; Bioökonomierat. (2016). Holz in der Bioökonomie – Chancen und Grenzen. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/BOER_Memo_Holz.pdf [31.10.16].
- [24] International Advisory Committee. (2015). Communiqué Global Bioeconomy Summit 2015: Making Bioeconomy Work for Sustainable Development. Verfügbar unter http://gbs2015.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/Communique_final.pdf [31.10.16].; Bioökonomierat. (2014). Förderkonzept „Lebensmittelkonsum, Ernährung & Gesundheit“. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/Empfehlungen_Ernaehrung.pdf [31.10.16].
- [25] Bioökonomierat. (2014). Positionen und Strategien des Bioökonomierates. Verfügbar unter <http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/Strategiepapier.pdf> [31.10.16].
- [26] Expertenkommission für Forschung und Innovation (EFI). (2016). EFI-Gutachten 2016. Verfügbar unter http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2016/EFI_Gutachten_2016.pdf [31.10.16].
- [27] Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). (2016). Ökosystemleistungen in der Stadt: Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. *Naturkapital TEEB Bericht Nr. 3*.
- [28] BMUB. (2015). Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf [31.10.16].
- [29] In Deutschland summiert sich die Fläche der Kleingartenanlagen auf deutlich über 1 Mio. Hektar. Diese Anlagen bestehen seit über hundert Jahren. Sie sind gesetzlich geregelt über das deutsche Kleingartengesetz, werden meist in einer Verbandsstruktur organisiert und haben damit einen gewissen Sonderstatus. Rechnet man die Hausgärten, die teils dringend einer „Biologisierung“ bedürfen, hinzu, so verfügt in Deutschland fast jeder Zweite über einen Gartenzugang. Diese Gartenvielfalt, die es in vielen anderen Ländern so nicht gibt, ist inzwischen ein immens wichtiges Element für das Überleben von Tier- und Pflanzenarten.
- [30] z. B. selbstheilender Beton, biobasierte Leichtbauelemente, Naturfaser-Komposite und biobasierter Asphalt
- [31] Umweltbundesamt. (2015). Alternative Kraftstoffe. Verfügbar unter www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/kraft-betriebsstoffe/alternative-kraftstoffe [31.10.16].
- [32] Gilbert, N. (2016). The race to create super-crops: Old-fashioned breeding techniques are bearing more fruit than genetic engineering in developing hyper-efficient plants. *Nature*, 533, p. 308-310.

- [33] Biotechnische Verfahren sind: die gezielte Nutzung natürlicher Reaktionen von Schadorganismen auf bestimmte physikalische oder chemische Reize, die „zweckentfremdet“ für ihre Bekämpfung eingesetzt werden. Beispiele sind: Farbfallen, Sexualpheromone, Dufstoff-Fallen, Lichtfallen, Kairomone, Attract- and kill-Verfahren.
- [34] Bioökonomierat. (2010). Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie: Boden, Wasser und Landnutzung – Herausforderungen, Forschungs-, Technologie- und Handlungsbedarf. Verfügbar unter <http://biooekonomierat.de/fileadmin/templates/publikationen/berichte/Berichte01-Boden.pdf> [31.10.16].
- [35] Bioökonomierat. (2015). Bioenergiepolitik in Deutschland und gesellschaftliche Herausforderungen. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOERMEMO_Bioenergie_final.pdf [31.10.16].; Bioökonomierat. (2016). Holz in der Bioökonomie – Chancen und Grenzen. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/BOER_Memo_Holz.pdf [31.10.16].
- [36] siehe beispielsweise Biorefineries Fact Sheet der International Energy Agency unter www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery/Factsheets.htm
- [37] Bioökonomierat. (2015). Beitrag der Pflanzenforschung zur Deckung des Rohstoffbedarfs der Bioökonomie. Verfügbar unter http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/BOERMEMO_Pflanzenzuechtung_final.pdf [31.10.16].
- [38] Leopoldina. (2014). Herausforderungen und Chancen der integrativen Taxonomie für Forschung und Gesellschaft: Taxonomische Forschung im Zeitalter der OMICS-Technologien. Verfügbar unter https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2014_Stellungnahme_Taxonomie_LANG_final.pdf [31.10.16].
- [39] Scientific Collections International. (2015). Scientific Collections and Emerging Infectious Diseases: Report of an Interdisciplinary Workshop. Verfügbar unter http://scicoll.org/scicollpubs/EID_2015March.pdf [31.10.16].
- [40] Bonn, A. et al. (2016). Grünbuch. Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland. Verfügbar unter http://www.buergerschaftenwissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/gewiss-gruenbuch_citizen_science_strategie.pdf [31.10.16].
- [41] BMEL. (2014). Nationale Politikstrategie Bioökonomie: Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. Verfügbar unter <https://www.bmbf.de/files/BioOekonomiestrategie.pdf> [31.10.16].
- [42] BMUB. (2016). Nationales Programm für nachhaltigen Konsum. Verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Produkte_und_Umwelt/nat_programm_konsum_bf.pdf [31.10.16].
- [43] European Commission. (2012). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Verfügbar unter http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf [31.10.16].
- [44] European Commission. (2015). Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. Verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> [31.10.16].
- [45] United Nations. (1992). Convention on Biological Diversity. Verfügbar unter <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> [03.11.16].
- [46] BMBF. (2014). Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf [31.10.16].

Impressum

Herausgeber:
Geschäftsstelle des Bioökonomierates
Dr. Beate El-Chichakli
c/o BIOCOM AG
Lützowstraße 33-36
10785 Berlin

Gestaltung: Sven-Oliver Reblin, Berlin
Bilder: Benjamin Röbig (S. 7), Bioökonomierat (S. 8), Swapan/Fotolia.de (S. 9), Benjamin Stolzenberg (S. 12, 13, 15)

Berlin, 17.11.2016



Diese Publikation wurde klimaneutral produziert.

