Dieser Artikel stammt aus dem BIO Deutschland Jahrbuch 2013/2014, S. 12–18
Das vollständige Jahrbuch finden Sie unter: https://www.biodeutschland.org/de/jahrbuecher.html

Die treibende Kraft der Bioökonomie

Die Biotechnologie bahnt einen Weg zur Nachhaltigkeit

Ein Viertel des gesamten für 2020 prognostizierten Benzinbedarfs innerhalb der Europäischen Union könnte von Zellulose-Ethanol gedeckt werden, das aus Getreidestroh gewonnen worden ist. Nach Schätzungen des Bloomberg New Energy Finance Reports könnten es unter Einbezug weiterer lignozellulose-haltiger Reststoffe je nach Szenario sogar 62 Prozent sein. Das zeigt, wie groß das Potential nachwachsender Rohstoffe ist, fossile Energieträger zu ersetzen, ohne dabei in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu treten. Die Erschließung dieses Potentials wird sowohl die Abhängigkeit vom Erdöl als auch die Emission von Kohlendioxid signifikant verringern. Die Biotechnologie spielt dabei eine entscheidende Rolle. Denn ohne moderne biotechnologische Verfahren wäre die Aufbereitung energiereicher Moleküle aus Stroh oder nicht-essbaren Pflanzenteilen, die aus einem fest verwobenen Gemisch aus Lignin, Hemizellusose und Zellulose (sogenannter Lignozellulose) aufgebaut sind, unmöglich. Das zeigt sich beispielhaft in der Demonstrationsanlage der Clariant, die in Straubing seit Juli 2012 jährlich bis zu 4.500 Tonnen Stroh in 1.000 Tonnen Bioethanol verwandeln kann.

Produktionsanlagen für Zellulose-Ethanol

In dem sogenannten sunliquid®-Verfahren lösen in dieser Anlage Biokatalysatoren, die auf die Prozessbedingungen und auf den Rohstoff optimiert worden sind, zunächst die C6- und C5-Zuckermonomere aus der Zellulose und Hemizellulose des Strohs. Die Enzymproduktion verläuft dabei prozessintegriert, was die Kosten erheblich senkt. Die entstandene Zuckerlösung wird anschließend mit einer eigens entwickelten Hefevariante zu Bioethanol fermentiert. Die simultane Fermentation von C6- und C5-Zuckern gelingt dank dieses speziellen Hefestammes und erhöht die Ethanolausbeute gegenüber herkömmlichen Verfahren, die nur Glukose vergären können, um 50 Prozent. Somit erreicht das Verfahren hohe Produktausbeute. Die gesamte Prozessenergie wird aus den Nebenprodukten wie dem Lignin gewonnen und macht den Einsatz zusätzlicher fossiler Brennstoffe überflüssig, was zu einer Kohlendioxid-Einsparung von knapp 95 Prozent führt. Die Anlage ist inzwischen vom International Social Science Council (ISCC) zertifiziert, so dass das dort aus Stroh hergestellte Ethanol als Biokraftstoff in den Verkehr gebracht werden darf. Innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre sollen die ersten großvolumigen Produktionsanlagen entstehen.

Die Energiegewinnung ist aber nur eine Seite des Aufschlusses von Biomasse. Mindestens ebenso wichtig ist ihre stoffliche Nutzung. So können etwa die Zuckermonomere aus der Zellulose auf der sunliquid®-Plattform als Ausgangsstoff biobasierter Chemikalien wie zum Beispiel organischer Säuren dienen. Zellulose-Ethanol wiederum kann nicht nur als Treibstoff eingesetzt werden, sondern auch für die Synthese von Kunststoffen.

Bioraffinerie prägt Spitzencluster

Der Versuch, biogene Bausteine stofflich und energetisch zu nutzen, wird auch in Bioraffinerien unternommen, die dafür großtechnische Prozesse etablieren, die dem „steam reforming“ und dem „steam cracking“ bei der Aufbereitung und Verarbeitung des Erdöls entsprechen. Die Pilotanlage einer solchen Bioraffinerie ging im Dezember 2012 in Leuna in Betrieb. Sie verarbeitet Holzschnitzel von Buchen und Pappeln zu Zuckermonomeren und Lignin. Die Bioraffinerie ist das Kernstück des Spitzenclusters BioEconomy Mitteldeutschland, dessen Ziel es ist, „eine weltweit beispielhafte Umsetzung der Bioökonomie im Maßstab einer ganzen Region zu erreichen“.

© iStock

Hinter dem Begriff Bioökonomie verbirgt sich dabei die Vision einer Zukunft, in der unser Wohlstand nicht mehr vom Verbrauch begrenzter fossiler Ressourcen abhängt, sondern mit Hilfe der Biotechnologie aus natürlichen Stoffkreisläufen schöpft. Klimafreundlich und umweltschonend will die Bioökomonie bevorzugt nachwachsende Ressourcen zur Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung und zu deren Versorgung mit Energie und Produktionsgütern nutzen. Sie wird in der Industrie chemische Verfahren biologisieren und diese damit ökologisch verträglicher und energieeffizienter machen. Sie wird in der Land- und Forstwirtschaft die Ertragskraft steigern. Das kann einerseits über eine Optimierung der Widerstandskraft und des Inhaltsreichtums von Nutz- und Nährpflanzen wie Getreide oder Kartoffeln gelingen. Denn neben der traditionellen Pflanzenzüchtung ist die biotechnologische Veränderung von Pflanzen und Zellen von enormer Bedeutung, wenn es gilt, die primäre Produktion nachwachsender Rohstoffe zu verbessern. Andererseits ist eine bewusste Wiederverwertung von Abfällen und damit eine Vernetzung bisher unabhängiger Wertschöpfungsketten in Betracht zu ziehen. Auch dafür liefert die Biotechnologie die notwendigen Werkzeuge.

Biotechnische Abfallverwertung

So ist es dem Unternehmen N-Zyme Biotec gelungen, schadstoffarme Gerbstoffe aus Olivenblättern zu entwickeln, und zwar so erfolgreich, dass es die entsprechenden Produkte inzwischen in seiner Ausgründung Wet-Green vermarktet. Mehr als eine Million Tonnen dieser Blätter fallen in Europa jährlich bei der Olivenernte und dem Rückschnitt der Bäume als Abfall an. Daraus lassen sich durch schonende Extraktion und biotechnologische Prozessierung Wirkstoffe zur Lederherstellung gewinnen, die frei von giftigen Gerbchemikalien wie Chrom sind. Das hautschonende und biologisch abbaubare „Olivenleder“ gilt als so innovativ und hochwertig, dass BMW es für die Innenausstattung seines im November 2013 eingeführten Elektroautos i3 verwendet. Mit einem anderen Verfahren nachhaltiger Resteverwertung macht die Firma Qmilch Deutschland nicht nur in der Modewelt auf sich aufmerksam: Sie verwendet das Casein von Rohmilch, die verfallen ist und nicht mehr als Lebensmittel verwendet werden darf – das sind in Deutschland allein 1,7 Millionen Tonnen jährlich – als Ausgangsprodukt einer Textilfaser, die antibakterielle und temperaturregulierende Eigenschaften hat.

Biobasierte Grund- und Spezialstoffe

Als Schlüsseltechnologie belebt die industrielle Biotechnologie nicht nur die direkte Verwertung von Biomasse. Sie dient auch der Entwicklung biobasierter Grund- und Spezialstoffe. Großen Unternehmen der Lebensmittel- und Konsumgüterbranche wie Procter & Gamble und Coca-Cola helfen biotechnologische Verfahren dabei, ihre Nachhaltigkeitsprogramme zu verwirklichen. Sie haben sich in einem „Joint Venture“ zusammengeschlossen, um PET-Kunststoff-Flaschen und –verpackungen so weit wie möglich aus biobasierten Vorstufen herzustellen. PET besteht zu 30 Prozent aus Monoethylenglykol, das sich im „Plant Bottle“™ -Verfahren aus pflanzlichen statt wie bisher aus erdölbasierten Rohstoffen herstellen lässt. Die Produktionskapazität für teilweise biologisch abbaubare PET-Flaschen beträgt schon heute 620.000 Jahrestonnen. Bis 2020 soll sie auf fünf Millionen Jahrestonnen wachsen, was PET zum weltweit meistproduzierten Biokunststoff machen wird. Coca Cola zum Beispiel soll dann nur noch in „Plant Bottles“™ erhältlich sein.

Auch andere Kunststoffe, die auf dem Weltmarkt in großen Mengen nachgefragt werden, lassen sich aus biologisch gewonnenen Bausteinen aufbauen, wie das von der Wacker Chemie verfolgte Projekt des Polyvinylacetats zeigt, dessen Monomer aus Ethen und Acetat gefügt ist. Während Ethen durch klassische Dehydratation aus Bioethanol gewonnen werden kann, bieten sich für die Synthese von Bioacetat verschiedene Wege an, in denen fermentative Prozesse mit einer klugen Folgechemie verknüpft sind. So kann Acetat im proprietären ACEO®-Verfahren in Bioraffinerien der ersten Generation aus einer wässrigen Bioethanollösung über eine energieautarke Gasphasenoxidation erzeugt werden. Der enzymatische Aufschluss von Lignocellulose in Bioraffinerien der zweiten Generation liefert den C4-Körper 2,3-Butandiol, auf den dieselbe Gasphasenoxidation anwendbar ist.

Biopolymere auf dem Vormarsch

Biopolymere sind ein Werkstoff der Zukunft und werden vielerorts erforscht und entwickelt. Eine aktuelle Erfolgsmeldung entstammt einer Kooperation des dänischen Biotech-Unternehmens Novozymes mit den Chemie-Unternehmen BASF und Cargill. Im Technikumsmaßstab gelang es den beteiligten Forschern, Biomasse zur Herstellung von 3-Hydroxypropionsäure einzusetzen, dem Ausgangsstoff der Acrylsäure. Diese entsteht bisher als Nebenprodukt der Erdölverarbeitung und wird für Superabsorber in Windeln oder Verbandsmaterial verwendet. Einer Studie des Nova-Institutes zufolge wird sich der Anteil von Biopolymeren am weltweiten Kunststoffmarkt innerhalb der nächsten acht Jahre verdoppeln – von 1,5 auf drei Prozent. Nicht nur Drop-in-Polymere, die ihren Geschwistern

fossilen Ursprungs im Massenmarkt für Polyethylen oder Polypropylen aufs Haar gleichen, begründen dieses Wachstum, sondern auch neue Kunststoffe wie die Polymilchsäure, deren Produktion per se biobasiert ist.

Enzyme als Synthesehelfer

Die Bereitstellung von Enzymen, die entweder als Biokatalysatoren die Synthese komplexer organischer Moleküle erleichtern beziehungsweise erst ermöglichen oder die als aktive Komponenten in Endprodukte eingehen, ist eine weitere Domäne der industriellen Biotechnologie. Diese Enzyme werden meist fermentativ mittels gentechnisch veränderter Mikroorganismen produziert. Auch Pflanzen und Algen kommen für ihre Produktion in Frage. Die Auswahl der geeigneten Organismen ist entscheidend, um die biosynthetische Kreativität der Natur zu erschließen. Die Gensequenz der Enzyme wird gegebenenfalls durch Mutagenese und Rekombination verändert, um sie für industrielle Zwecke zu optimieren.

Als aktive Komponenten sorgen maßgeschneiderte Enzyme wie Proteasen, Lipasen oder Amylasen für immer umweltfreundlichere Waschmittel, die schon heute bei 40 Grad bessere Leistung als früher bei 60 Grad bringen und durch den geringeren Energieverbrauch viele Millionen Tonnen Kohlendioxid einsparen. Auch als Futtermittelzusatz sind optimierte Enzyme gefragt. So hilft die Phytase Schweinen und Geflügel beim Verdauen des Pflanzeninhaltsstoffes Phytat und senkt dadurch die Phosphatbelastung der Umwelt erheblich.

Aminosäuren, Antibiotika und Vitamine zählen neben Biopolymeren zu den Substanzen, die durch den Einsatz von Biokatalysatoren bei relativ geringem Druck und niedriger Temperatur in wässrigen Lösungen synthetisiert werden können – mit einer hohen Selektivität und Spezifität. Das erhöht den Wirkungsgrad und die Ausbeute und vermindert Neben- und Abfallprodukte sowie Emissionen, was wiederum Material und Energiekosten spart. Die sanften Verfahren der industriellen Biotechnologie verändern zunehmend auch die Herstellung von Arzneimitteln, die meist mit einem besonders hohen Verbrauch an Rohstoffen, Lösungsmitteln und Energie sowie einem hohen Abfallaufkommen verbunden ist.

Nachhaltige Pharmazie

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) unterstützt deshalb mit ihrem Förderprogramm „Nachhaltige Pharmazie“ die ressourcenschonende und effiziente Herstellung von Arzneimitteln. Beispielhafte Projekte dieses Programms präsentierte sie gemeinsam mit BIO Deutschland auf einem Gemeinschaftsstand bei der Biotechnica 2013. Dazu gehört die umweltfreundliche Synthese von Arzneimitteln aus der Klasse der Profene bei der Firma Chiracon in Luckenwalde. Profene sind als Antirheumatika und Schmerzmittel weit verbreitet. Wirksam sind nur die optisch links drehenden S-Enantiomere dieser Substanzen. Bei der chemischen Synthese entsteht jedoch stets ein Gemisch aus S- und dem spiegelbildlich verkehrten R-Enantiomeren. Die biotechnische Synthese ermöglicht es dagegen, nur die wirksamen S-Enantiomere herzustellen. Sie steht damit für eine erhöhte Ausbeute, geringeren Rohstoffeinsatz, weniger Abfälle und vor allem auch für eine bessere Wirksamkeit und ein geringeres Nebenwirkungspotenzial. An ähnlichen Prozessoptimierungen der Pharmawirkstoffsynthese, die es bei den

© iStock

Biotechnologietagen in Stuttgart vorstellte, arbeitet auch das junge Unternehmen Enzymicals, eine Ausgründung aus der Universität Greifswald. Dabei kooperiert es sowohl mit der Biotech-Firma BRAIN als auch mit einem mittelständischen Pharmachemikalienhersteller und liefert damit einen weiteren Beleg für die innovationsfördernde Rolle des Mittelstandes bei der Umsetzung von Ideen, die ursprünglich aus den Universitäten stammen.

61 deutsche KMU konzentrierten sich 2012 auf die industrielle Biotechnologie, wie eine Branchenumfrage von biotechnologie.de im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ergab. Der Großteil dieser Unternehmen ist für die Nahrungs- und Futtermittelbranche tätig oder fungiert als Zulieferer für die Herstellung von Arzneimittelmitteln. Rund zwei Drittel dieser Unternehmen wurden erst 2000 oder danach gegründet, meist als „spin-offs“ aus Forschungsinstituten. Zahlreiche Großunternehmen der deutschen Chemiebranche betreiben die industrielle Biotechnologie wegen deren Bedeutung für ihre Geschäftsfelder darüber hinaus in intensiven „inhouse“-Aktivitäten.

Brückenschlag zwischen Forschung und Markt unterstützen

Für den Erfolg der von der Bundesregierung formulierten Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 ist es essentiell, Unternehmensgründungen im Bereich der industriellen Biotechnologie noch stärker zu fördern. Denn diese sind – obwohl gerade vom Mittelstand wertvolle Impulse zur Biologisierung der Chemie ausgingen – im Vergleich zur biomedizinisch ausgerichteten Biotechnologie nach wie vor relativ gering. Das liegt einerseits an der Dominanz der chemischen Großindustrie, die lukrative Arbeitsmöglichkeiten bietet und es für Gründungswillige schwierig macht, nachhaltige Nischen für eigenes Unternehmertum zu finden, andererseits an unzureichenden Zugangsmöglichkeiten zu notwendigem Kapital. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, wenn die Translation von Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung in den Markt, staatlicherseits stärker gefördert würde, wie das in Ländern wie den USA üblich ist. Denn während die Forschungs- und Entwicklungsleistung im Bereich der industriellen Biotechnologie in Deutschland exzellent ist, wird die Brücke von Pilot- über Referenz- zu Produktionsanlagen noch zu selten begangen.

Die industrielle Biotechnologie ist weltweit zum wichtigsten Impulsgeber und Transformator der chemischen Industrie geworden. Nach Prognosen von Festel Capital werden 2020 bereits 22 Prozent aller Chemieprodukte auf biotechnologischem Weg hergestellt werden. 2030 werden, so schätzt die deutsche Akademie der Technikwissenschaften „Biomaterialien und Bioenergie ein Drittel der gesamten industriellen Produktion ausmachen“. Als tragende Säule einer wissensbasierten Bioökonomie erweist sich inbesondere die industrielle Biotechnologie zunehmend als conditio sine qua non für den Weg in eine ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltige Zukunft, wie sie auf dem Gipfel von Rio de Janeiro 1992 als überlebensnotwendiges Ziel für die Entwicklung der Menschheit formuliert wurde.