



Kunststoffe: Weiße Biotechnologie reduziert CO₂-Emissionen in der Produktion

Bio-Chemikalien aus der Bakterienfabrik

Erdöl wird knapper und teurer und die CO₂-Emissionen sollen sinken. Eine Lösung bietet die weiße Biotechnologie: Forscher verwenden jetzt Mikroorganismen wie Bakterien, um Substanzen für die Kunststoffherstellung zu gewinnen. Der Vorteil: Die biochemischen Minifabriken nutzen nachwachsende Rohstoffe oder Ernteeabfälle – und produzieren daraus hochwertige Chemikalien.

Sie haben weder studiert noch promoviert – und sind dennoch begnadete Chemiker: Bakterien besitzen biochemische Stoffwechselwege, die sie im Laufe der Evolution bis ins feinste Detail optimiert haben. Die winzigen Chemiefabriken aus der Natur können beispielsweise Substanzen wie Alkohol oder Penicillin produzieren. Die Herausforderung dabei: „Chemie und Biotechnologie müssen wir geschickt miteinander verflechten“, erklärt Dr. Gesa Behnken, Chemikerin bei Bayer MaterialScience.

Fermentation nennt man den biochemischen Prozess, der in der Lebensmittelindustrie und Pharmabranche seit Langem etabliert ist. Eiweißbausteine, Aminosäuren oder das für Diabetiker lebenswichtige Insulin werden auf diese Weise von Mikroorganismen hergestellt. Und Bayer HealthCare wiederum produziert so seit Jahren den Blutgerinnungsfaktor „Faktor VIII“ für Bluterkrankte.

Und künftig sollen die biologischen Minifabriken helfen, den derzeit noch wichtigsten Treibstoff der Weltwirtschaft zu ersetzen: Erdöl. Besonders bei der Kunststoff-Produktion lässt sich dank der kleinen Lebewesen vielleicht bald jede Menge des schwarzen Urstoffs einsparen. Inzwischen haben Forscher die Bakterien dazu gebracht,

dass sie sogar einzelne Kunststoffbausteine – sogenannte Monomere – in großen Mengen herstellen. Der Vorteil der Biotech-Verfahren: Die Mikroorganismen nutzen Biomasse als Ausgangsstoffe. „Unser Ziel ist es, damit ein Stück weit vom Erdöl unabhängig zu werden und letztlich auch den CO₂-Ausstoß unserer Produktion zu verringern“, sagt Behnken, die bei Bayer MaterialScience Expertin für Nachwachsende Rohstoffe ist.

Öle, Zucker und Stärke für die Kunststoffherstellung nutzen

Zusammen mit ihren Kollegen will sie Stoffströme, die heute noch auf fossilen Ressourcen basieren, Schritt für Schritt durch biogene Schritte ersetzen. „Künftig wollen wir auch jene Substanzen auf biologischem Wege gewinnen, von denen wir große Mengen benötigen“, so Behnken.

Bayer bietet bereits heute Produkte auf Basis pflanzlicher Öle, Zucker und Stärke: Polyurethan-Komponenten für die effiziente Wärmedämmung von Gebäuden, Kühlschränken und Rohrleitungen, aber auch treibstoffsparende Automobil-Leichtbaukonzepte. Ein nächster Schritt in Richtung noch

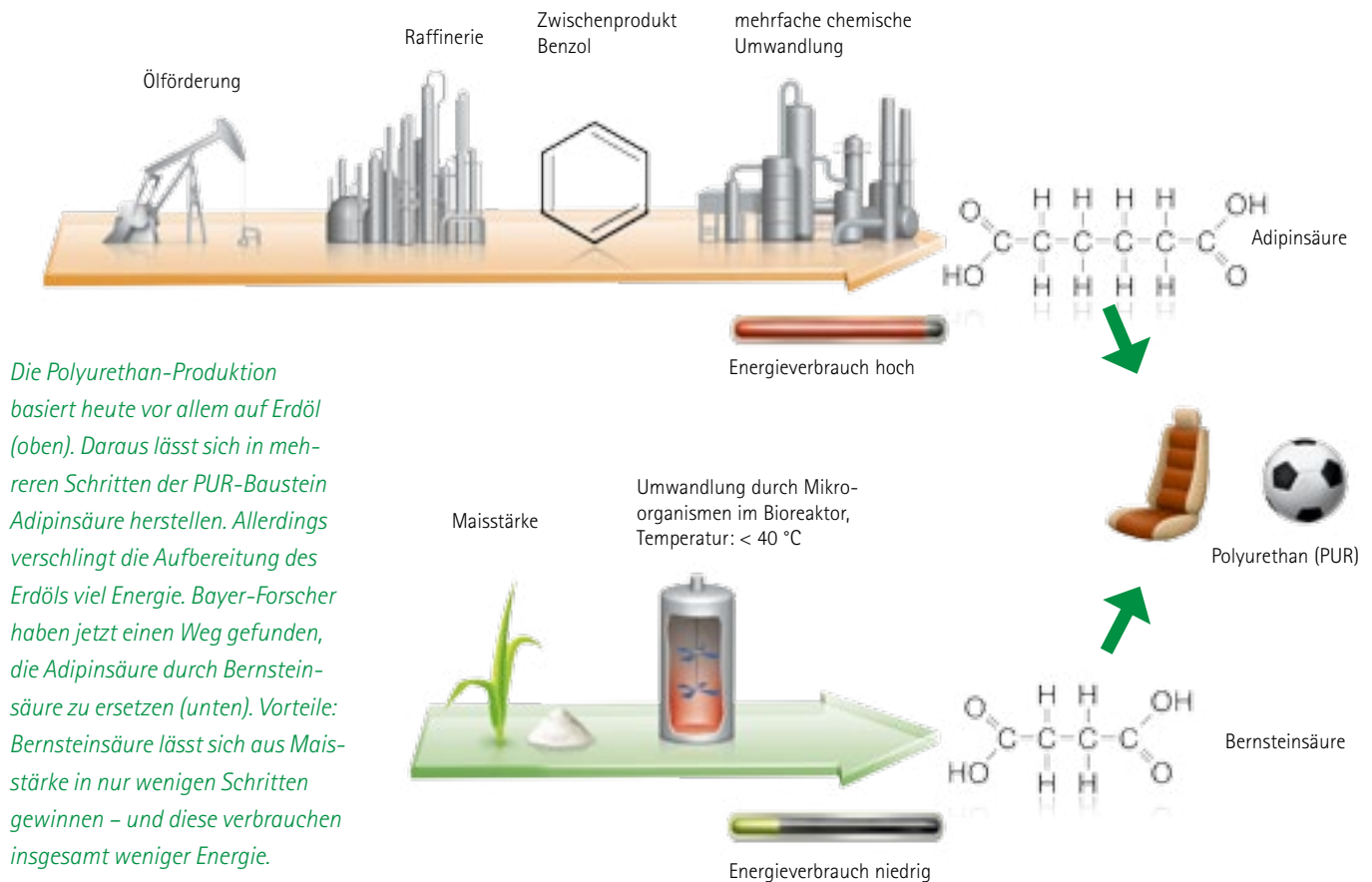
größerer Nachhaltigkeit ist die Entwicklung von Materialien auf Basis von Abfallstoffen aus Pflanzen und Holz. Dabei sind jedoch noch echte Technologiesprünge nötig. Derzeit glauben die Bayer-Forscher auch nicht, dass mittel- und langfristig ein vollständiger Ersatz fossiler Rohstoffquellen möglich ist, um alle Material-Anforderungen abzudecken. „Aber biobasierte Rohstoffe bieten auch Zugang zu völlig neuen Eigenschaftsprofilen“, so Behnken.

Und ein Anfang ist bereits gemacht. In Zusammenarbeit mit dem niederländischen Unternehmen Reverdia und dem amerikanischen Unternehmen Bioamber arbeiten die Bayer-Material-Experten seit einiger Zeit daran, die Kunststoff-Vorstufe Adipinsäure zu ersetzen. Der Stoff wird aus Nebenprodukten des Benzins gewonnen. Behn-

Grüne Chemie: Dr. Gesa Behnken und Thomas Michaelis (Foto li.) begutachten eine Kunststoff-folie, die teilweise auf nachwachsenden Rohstoffen statt auf reiner Erdölchemie basiert. Dafür haben die Forscher spezielle Bakterien biotechnologisch so getrimmt, dass diese winzigen Biofabriken jetzt Zutaten beispielsweise für Polyurethane produzieren. Der Vorteil: Die Mikroorganismen (Foto re.) nutzen Biomasse wie Maisstärke oder Stroh als Ausgangsstoffe.



Bernsteinsäure für den Klimaschutz



Die Polyurethan-Produktion basiert heute vor allem auf Erdöl (oben). Daraus lässt sich in mehreren Schritten der PUR-Baustein Adipinsäure herstellen. Allerdings verschlingt die Aufbereitung des Erdöls viel Energie. Bayer-Forscher haben jetzt einen Weg gefunden, die Adipinsäure durch Bernsteinsäure zu ersetzen (unten). Vorteile: Bernsteinsäure lässt sich aus Maisstärke in nur wenigen Schritten gewinnen – und diese verbrauchen insgesamt weniger Energie.

ken: „Wir nutzen die Adipinsäure für die Synthese von Polyurethan, das sich zum Beispiel sehr gut als Dämmmaterial oder als Polsterschaum für Autositze eignet.“ Dazu lässt man zunächst die Dicarbonsäure Adipinsäure mit einem zweiten Monomer, einem Diol reagieren. Dabei entsteht ein sogenanntes Polyester-Polyol. Und dieses wiederum braucht man für die abschließende Polyurethan-Synthese: Dabei wird Polyol mit Isocyanat gemischt. Beide vernetzen sich in Sekundenschnelle zum Polyurethan.

Innovative Biotechnologie und kreatives Moleküldesign

Nachteil dieses Verfahrens: „Die Adipinsäure-Produktion läuft über sehr viele Stufen und kostet viel Energie“, so Behnken. Deshalb hat die Chemikerin zusammen mit einem geschäftsereichsübergreifenden Team jetzt einen anderen Weg eingeschlagen. Statt

„Die Nutzung von Erntefällen in der Chemie-industrie bietet ideale Lösungsansätze, um Herausforderungen wie dem Klimawandel zu begegnen.“

Dr. Gesa Behnken, Expertin für Nachhaltige Rohstoffe bei Bayer MaterialScience



Adipinsäure nutzen sie Bernsteinsäure für die Polyol-Produktion. Und diese stammt aus der Bakterienfabrik von Firmen wie Reverdia. Dort wird sie in großen Mengen hergestellt. Dazu füttert man die biologischen Minifabriken mit Maisstärke. Doch so einfach, wie es sich anhört, war der Wechsel von der Adipin- zur Bernsteinsäure nicht. Denn dem Bernsteinsäure-Molekül fehlen zwei Kohlenstoff-Atome – das bringt andere Eigenschaften hervor. Damit daraus ein Polyol und schließlich ein Polyurethan mit dem gewünschten Profil entsteht, müssen die Chemiker die Bernsteinsäure und alle übrigen Zusatzstoffe optimal aufeinander abstimmen. Behnken arbeitet dafür mit den Biotechnologieexperten von Bayer Technology Services und mehreren Produktentwicklern von Bayer MaterialScience zusammen. „Wir stellen Qualitätsprodukte wie zum Beispiel Rohstoffe zur Produktion von Isolierschaum her. Eine Substanz aus biologischer Pro-

Nachgefragt



Rohstoff-Check: Dr. Gesa Behnken und Dr. Jørgen Magnus prüfen eine Flüssigkeit, die die Bakterien im Edelstahltank, Fermenter genannt, aus Maisstärke produziert haben. Diese Substanz ist ein Zwischenprodukt auf dem Weg zur Herstellung von Kunststoffen auf Biobasis.

duktion könnten wir deshalb nur verwenden, wenn die Eigenschaften des Endprodukts genauso gut oder sogar besser sind als die des ursprünglichen Produkts. Diese Eignung wird zurzeit in einem Entwicklungsprojekt untersucht“, sagt Dr. Lutz Brassat, Anwendungsentwickler bei Bayer MaterialScience.

Schon in ein bis zwei Jahren könnte die weltweite Bernsteinsäure-Produktion die 60.000-Tonnen-Marke erreichen. Eine OECD-Studie prognostiziert sogar, dass im Jahr 2030 etwa 39 Prozent der gesamten Wertschöpfung in der chemischen Industrie aus biotechnologischen Produkten und Prozessen stammen.

„Ein großer Vorteil von Biomasse ist natürlich, dass sie die fossilen Ressourcen schont und den CO₂-Fußabdruck reduziert“, erklärt Behnken. Und der Vorteil ist beachtlich: Analysen haben ergeben, dass die Bernsteinsäure-Produktion nur ein Zehntel so viel CO₂ erzeugt wie die Adipinsäure-Herstellung. Berücksichtigt ist dabei auch der Energieaufwand zur Erzeugung des Maisstärke-Futters für die Bakterien. Doch auch dabei lässt sich noch manches verbessern: „Künftig sollen vor allem Stroh und Holz verwendet werden – Ernteabfall, aus dem das Pflanzenmaterial Zellulose gewonnen wird“, erklärt die Bayer-Chemikerin. Die Zellulose wie-

derum besteht aus Zucker, den man für die Bakterien nutzen kann.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Biomasse. Zudem muss eine entsprechende Logistik aufgebaut werden, um künftig die großen Massen an Maiskolben, Stroh oder Holzabfällen in die Biofabrik zu transportieren.

Bioraffinerien: der Weg zur grünen Chemie der Zukunft

Und Voraussetzung für einen funktionierenden Markt für biobasierte Produkte wäre zudem der Aufbau einer neuen, kompletten Wertschöpfungskette: vom Landwirt bis zur Herstellung von Endprodukten wie beispielsweise Sportschuhen. Aber es müssen auch neue Verfahren entwickelt und bis zur Industriereife gebracht werden. „Gerade das Up-Scaling von der Laboranlage bis zum großtechnischen Prozess ist entscheidend“, so Dr. Jørgen Magnus, Ingenieur und Biotechnologie-Experte bei Bayer Technology Services.

Will man aber in die Produktion dieser sogenannten Bulkchemikalien einsteigen, wird man neue große Bioraffinerien aufbauen müssen, in denen das Stroh aufbereitet und die Zellulose extrahiert wird. Bis zum Großeinsatz der Biochemikalien werden sicher noch ein

„Neue Moleküle, Technologien und Kooperationen“



„research“ sprach mit Dr. Richard Janssen, bei Reverdia verantwortlich für die Marktentwicklung des Bio-Bernsteinsäuregeschäfts, über die Zukunft von Chemikalien aus der Biofabrik.

Welche Mikroorganismen lassen sich nutzen?

Wir stellen zum Beispiel mithilfe von Hefen biobasierte Dicarbonsäuren her, die man für die Lack- und Kunststoffindustrie benötigt. Und wir nutzen sogar isolierte biologische Enzymsysteme, die bestimmte Substanzen synthetisieren. Zudem werden die Mikroorganismen immer weiter optimiert. 2013 will unsere Muttergesellschaft DSM in den USA zusammen mit einem Partner eine Anlage für die Bio-Ethanol-Produktion aufbauen.

Welche Chancen sehen Sie für die Zukunft?

Derzeit liefert die Biotechnologie bereits neun Prozent aller verkauften Chemieprodukte. Dieser Anteil wird steigen, denn für fast alle der heute verwendeten Basischemikalien sucht man nach alternativen Produktionsverfahren auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Neue Technologie, neue Kooperationen, neue Moleküle – all das wird die Branche in Sachen nachwachsende Rohstoffe weiter voranbringen.

paar Jahre vergehen. Der Aufwand lohnt sich: Verwendet man Stroh statt des wertvollen Mais, liegt keine Konkurrenz zur Nahrungskette vor, und zudem lässt sich ein gut verfügbarer, günstiger Abfallstoff nutzen.



www.research.bayer.de/nachwachsende-rohstoffe
Weitere Infos zum Thema