

grüne chemie

Wertvoller Abfall

Bioabfälle: ein neuer Rohstoff für die Chemieindustrie

Dr. Mark Gronnow und Margaret Smallwood
Biorenewables Development Centre, York, UK



Moderne Laboranalytik

Lovibond® – Das Original



Thermostatschränke

Kontinuierliche Temperierung bei unterschiedlichen Anwendungen in Industrie und Forschung

- Temperaturbereich 2 °C bis 40 °C
- Regelbar in Schritten von 0,1 °C
- Beleuchtetes LED-Display mit Ist-/Sollwertanzeige
- 20 °C BSB-Bestimmungen
- Innenliegende Steckdosen
- 8 Modelle in 4 Größen
Standard- oder Glastür
- Unterbaufähig (ET 618-4)



Die Chemieindustrie ist seit einhundertfünfzig Jahren eng mit fossilen Rohstoffen verknüpft, doch die Zeiten ändern sich. In dem Ausmaß, in dem der Ölpreis unaufhaltsam in die Höhe klettert und die ökologischen Auswirkungen bei Richtlinien und Regularien zunehmend eine Rolle spielen, beginnen die Führungskräfte der Industrie, neue, nachhaltigere Rohstoffquellen zur Herstellung von Treibstoffen und Chemikalien zu nutzen. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei die Millionen von Tonnen biologischer Abfälle, die jedes Jahr in der Landwirtschaft, Brauwirtschaft und Lebensmittelproduktion anfallen.

Die Rohstoffe der Gegenwart nutzen

Bei den fossilen Rohstoffen der Welt handelt es sich eigentlich um über Jahrmillionen hinweg „konservierte Sonnenstrahlen“, entstanden durch die Fotosynthese von Pflanzen, deren Umwandlung in Kohlenstoff und Verflüssigung. Betrachten wir diese Reserven als Sparbuch, das der Mensch plündert wie losgelassene Teenager die elterliche Kreditkarte. Die Reserven schwinden und wir müssen langsam beginnen, sozusagen von unserem Girokonto zu leben, d. h., Energie und Rohstoffe zu nutzen, die immer wieder erneuerbar sind.

Während es eine Reihe potenzieller Quellen Erneuerbarer Energie gibt wie beispielsweise Wind, Wasser, Sonnenlicht und Erdwärme, ist die Chemieindustrie auf in lebenden Organismen gebundenen Kohlenstoff angewiesen. Die Bioabfälle, die bei der Erzeugung der Lebensmittel für die rund 9 Mrd. Menschen entstehen werden, die im Jahr 2050 auf unserem Planeten leben werden, scheinen ein attraktiver Ausgangsstoff für die Produktion der Chemikalien der Zukunft zu sein.

Marktbestimmende Faktoren

Die Produktion von Chemikalien aus erneuerbaren biologischen Ressourcen ist nicht neu: Die International Energy Agency (IEA)

schätzt die derzeitige Produktion biobasierter Chemikalien und Polymere auf rund 50 Mio. Tonnen pro Jahr [1]. Unter günstigen Marktbedingungen könnten erneuerbare biologische Rohstoffe bis zum Jahr 2050 fast 40% der Massenchemikalien ausmachen.

Die Verwendung biologischer Abfälle anstelle von Agrarpflanzen als Rohstoff senkt nicht nur die Herstellungskosten biologisch erneuerbarer Chemikalien, sondern verbessert auch ihre Nachhaltigkeit, da sie nicht mit Nahrungsmitteln um landwirtschaftliche Ressourcen konkurrieren. Darüber hinaus erscheint es sinnvoller zu sein, von der Natur zusammengesetzte Moleküle zu extrahieren, als chemische Strukturen neu zu bauen.

Unternehmen suchen nach Methoden zur Verbesserung ihrer Ökobilanz, um ihrer unternehmerischen Verantwortung nachzukommen und gleichzeitig Emissionsvorschriften einzuhalten. Eine ebenso wichtige Rolle spielt das zunehmende Umweltbewusstsein der Verbraucher, sodass „Grüne Referenzen“ einer Marke echte Wettbewerbsvorteile einbringen können.

Steigt der Ölpreis weiter, steigert die Kombination all dieser Faktoren die Motivation, nach alternativen, preiswerteren und nachhaltigeren Rohstoffen für biologisch erneuerbare Chemikalien zu suchen – Bioabfälle passen da gut ins Bild.

Tab. Beispiele für Rohstoffe aus Bioabfällen

Abfall	Tonnen	Potenzielle Anwendungsbereiche
Tomatenabfälle	4,4 Mio. t (Europa) [2]	Produktion hochwertiger Karotenoide, Proteine, Zucker, Fasern und Öle
Kaffeebohnenabfälle	6 Mio. t (global) [3]	mesoporöser Kohlenstoff, Bodenverbesserer, Baupappe, Energie, Biokraftstoffe,
Landwirtschaftliche Biomasseabfälle	1,4x1011 Mio. t (global) [4]	Fein- und Massenchemikalien, Papierprodukte, Taue, Polster- und Verpackungsmaterialien, Tierfutter, Isolierstoffe und Faserplatten, Energie, Biokraftstoffe

grüne chemie



Maggie Smallwood, geb. 1957, studierte Biochemie und Mikrobiologie an der University of Leeds und promovierte dort an der Biologischen Fakultät. Im Anschluss an ihre Postdoc-Anstellung an der University of Leeds war sie als Forschungsleiterin in einem Ablegerunternehmen der University of York tätig und leitete dann ein strategisches Forschungsprogramm an der University of York zum Thema Frostschutzproteine. Seither hatte sie Positionen bei öffentlichen und privaten Forschungs- und Entwicklungsprogrammen inne. Zurzeit ist sie am Biorenewables Development Centre als Research Development Manager tätig.

Mark Gronnow, geb. 1979, studierte Chemie an der University of York und promovierte dort 2005 am Green Chemistry Centre of Excellence mit einem von GlaxoSmithKline finanzierten Projekt. Von 2004–2010 war er als Technical Manager bei YorkTest Laboratories tätig. Im Anschluss hatte er eine Position als Technical Operations Manager am Green Chemistry Centre of Excellence der Universität York. Seit 2012 ist er Process Development Unit Manager im Biorenewables Development Centre (BDC). Dort ist er für die Prozessanlagen verantwortlich, begleitet neue Anwender bei Ihrer Entwicklungsarbeit und koordiniert dabei die technische und akademische Unterstützung. Seine Forschungsschwerpunkte sind nachwachsende Rohstoffe, Bioraffination, Bioenergie, Chemikalien aus Biomasse, mikrowellengestützte Chemie, Grüne Chemie und neue Extraktionssysteme. Er ist Mitglied der Royal Society of Chemistry.

Rohstoffe aus Bioabfall

Das in der Landwirtschaft und bei der Lebensmittelproduktion entstehende Abfallvolumen ist beachtlich (Beispiele siehe Tab.) und birgt ein gewaltiges Potenzial an wertvollen Stoffen. Beispielsweise werden Obst- und Gemüseschalen normalerweise weggeworfen; doch sind sie reich an Geschmacks-, Duft- und bioaktiven Stoffen.

Auch wenn viele biologische Abfälle gemischt sind, entsteht bei der Lebensmittelproduktion auch eine Reihe von Abfallströmen mit nur einem Bestandteil. Diese lassen sich mit relativ geringem Aufwand zu hochwertigen Chemikalien verarbeiten. Ein Beispiel ist Kaffeesatz, der zu Platten und Bodenverbessern verarbeitet werden kann, und Brauereiabfälle, die zur Energiegewinnung oder als Rohstoff für Lebensmittelzusätze genutzt werden können.

Das bei der Getreideernte anfallende Stroh ist weltweit ein erheblicher Land- und Luftverschmutzungsfaktor. Weizenstroh enthält jedoch wie viele landwirtschaftliche Produkte eine Reihe wertvoller Stoffe einschließlich natürlicher Wachse. Solche Wachse kommen in vielen Bereichen zum Einsatz, z. B. in Oberflächenbeschichtungen und Kosmetikprodukten. Die auf der Oberfläche von Weizenstroh befindlichen Stoffe haben ähnliche Eigenschaften wie viele zurzeit verwendete Wachse. Die Technik zur Umwandlung der im Stroh enthaltenen Zellulose in Äthanol wird bereits kommerziell vermarktet, doch es gibt auch Potenzial, die aus fünf Kohlenstoffatomen bestehende Pentose in den Hemizellulosebestandteilen zur Herstellung von Massenchemikalien wie Zitronensäure einzusetzen.

Die erste Generation von Biokraftstoffanlagen produziert erhebliche Mengen von Abfall. So fällt bei der Herstellung von zehn Tonnen Biodiesel als Nebenprodukt mehr als eine Tonne Glycerin an; bei der Bioäthanolfermentation aus Getreide kommen sieben Kilogramm so genannte Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS) auf zehn Liter Äthanol. Diese Abfälle wandern häufig in Anwendungsbereiche mit relativ geringem Wert, z. B. in die anaerobe Vergärung zur Energiegewinnung, dabei bergen sie ein großes Rohstoffpotenzial für die Chemieindustrie.

Unternehmen investieren bereits in Anlagen zur Nutzung von Abfallströmen für die Produktion chemischer Stoffe. So entwickelt beispielsweise Archer Daniels Mid-



Hanfsamen



Hanföl

land ein ganzes Programm chemischer Stoffe, die aus erneuerbaren Rohstoffen gewonnen werden. In Illinois hat das Unternehmen eine Propylenglykolanlage mit einer Kapazität von 100.000 Tonnen in Auftrag gegeben, in der aus Sojabohnen und der Rapsölproduktion anfallendes Glycerin als Rohstoff genutzt wird.

Es gibt außerdem thermochemische Optionen zur Verarbeitung von Lignozelluloseabfällen zu chemischen Produkten oder Energieprodukten. Dörren ist eine attraktive Alternative zur Herstellung eines soliden Energieträgers, der Biokohle. Diese hat eine höhere Energiedichte als die nichtmodifizierte Biomasse und ist leichter zu handhaben und zu verbrennen. Bei höheren Temperaturen (ca. 500°C) können mittels Pyrolyse flüssige Energieprodukte wie schweres Heizöl oder Chemikalien wie Phenol, Furan oder wasserfreie Zucker gebildet werden. Es laufen Forschungen zur Untersuchung von Methoden zur Aufwertung dieser so genannten „Bioöle“ in Flüssigtreibstoffe für den Straßen- und Luftverkehr.

Neue Chemietechnologien

Um aus Bioabfällen zuverlässig Chemikalien zu extrahieren, separieren und transformieren, sind neue Technologien erforderlich.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit für technologischen Fortschritt

Die Weiterentwicklung der Technologie zur Verarbeitung von Bioabfällen zu Chemikalien erfordert Kompetenzen in Chemie, Biologie und Technik. Eine interdisziplinäre Gruppe aus rund 200 Wissenschaftlern, die sich speziell mit der Gewinnung von Rohstoffen aus erneuerbaren biologischen Stoffen beschäftigt, wurde in der Stadt York in Großbritannien gebildet. An der University of York kann das Green Chemistry Centre of Excellence (GCCE) auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Industrie verweisen und genießt internationale Anerkennung für seine Forschungen zu Katalyse, Materialchemie, neuartiger Reaktortechnik, Plattformmolekülen und sauberen Lösemitteln. Das GCCE arbeitet eng mit dem Centre for Novel Agricultural Products (CNAP) zusammen, einem in der biologischen Fakultät angesiedelten preisgekrönten Forschungszentrum, das sich auf Forschungen zur Entwicklung von Pflanzen und Mikroben als „Grüne Fabriken“ konzentriert. Um die kommerzielle Nutzung ihrer Forschungsergebnisse voranzutreiben, arbeiten die beiden Zentren mit ETDE, einer Verfahrenstechnikfirma, als Biorenewables Development Centre zusammen. Dabei handelt es sich um eine gemeinnützige Gesellschaft, die frei zugängliche Scale-up-Einrichtungen anbietet, die die Industrie zur Entwicklung von Prozessen für die Verarbeitung von Pflanzen und Bioabfällen zu hochwertigen Produkten nutzen kann.

→ www.biorenewables.org



Peptide unsere Spezialität

Sie benötigen spezielle Peptide für die Forschung?

Von Amyloid Peptiden bis Xenopsin synthetisieren wir alle Peptide nach Ihren Wünschen. Ob acetyliert, biotinyliert, cyclisiert, Fluoreszenzmarkiert, phosphoryliert, DOTA/DTPA-markiert oder für eine Immunisierung an Antigen-konjugiert. Schnell, kostengünstig und von höchster Qualität.

Ihre Wunschpeptide entwickeln wir schnell, zuverlässig und wirtschaftlich.



Peptide Specialty Laboratories

PSL GmbH

Im Neuenheimer Feld 583 | D-69120 Heidelberg | www.peptid.de | info@peptid.de

grüne chemie

Interessante Stoffe sind häufig in geringer Konzentration in wässrigen Mixturen enthalten oder in komplexen Biopolymeren gebunden.

Diese Herausforderung hat die Forschung erkannt und entwickelt Technologien, mithilfe derer komplexe Bioabfälle zu chemischen Produkten und Werkstoffen weiterverarbeitet werden können.

Idealerweise würden wir auf diese Stoffe gerne mithilfe „natürlicher“ Lösungsmittel wie Wasser, Äthanol und Kohlendioxid mit möglichst geringem Energieeinsatz zugreifen. CO₂ ist zur selektiven Extraktion vieler hochwertiger natürlicher Stoffe besonders geeignet. Es ist außerdem ein sehr gut abstimmbares Lösungsmittel für chemische Reaktionen, insbesondere für enzymvermittelte Reaktionen, da es einen ausgezeich-

neten Stoffübergang bei einfacher Produktaufbereitung ermöglicht. Mit spezieller Software lässt sich mittlerweile modellieren, welche „Grünen“ und biologisch gewonnenen Lösungsmittel für bestimmte Reaktionen besonders günstig sind.

Auch die Mikrowellentechnologie hat ihren Platz in der Wiederverwertung von Bioabfällen. Sie bietet eine schnelle, flexible, energieeffiziente Heizmethode, die sich besonders für die kontinuierlichen Prozesse bei der Herstellung flüssiger und fester Brennstoffe sowie chemischer Produkte eignet. Das Mikrowellenverfahren ist eine flexiblere, bei niedrigerer Temperatur ablaufende thermochemische Verarbeitungsalternative zu den beschriebenen Verfahren (ca. 200 °C). Auf mobile Systeme montiert, können die Anlagen von verschiedenen Ab-

fallproduzenten eingesetzt werden. Mikrowellen können neue Reaktionswege fördern und die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen beschleunigen.

Weißer Biotechnologie

Neue industrielle Biotechnologietechniken sind für die erfolgreiche Verarbeitung von Bioabfällen zu hochwertigen Chemikalien unverzichtbar. Wissenschaftler haben mittlerweile effiziente „omik“-Werkzeuge zur Verfügung, die die Selektion von Stämmen von Mikroorganismen zur Katalyse ausgewählter Reaktionen ermöglichen.

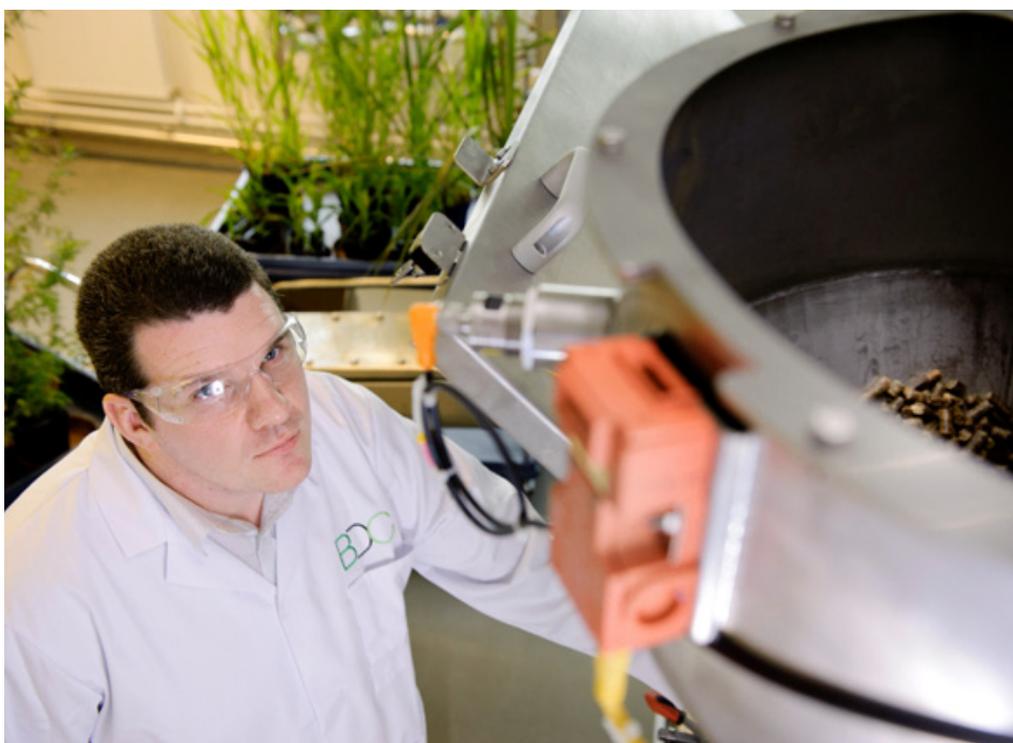
So ist beispielsweise *Aspergillus* ein vielseitiger Pilz, der eine Reihe von Substraten abbauen kann, die üblicherweise in den Abfallströmen bioverarbeitender Industrien zu finden sind. Wissenschaftler aus dem Centre for Novel Agricultural Products an der University of York haben gemeinsam mit dem BDC und einer kleinen Technologiefirma, Citration Technology Ltd, mithilfe von Genomik potenzielle Wege zur Produktion kommerziell attraktiver industrieller Chemikalien mithilfe von *Aspergillus* entwickelt.

Die meisten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sind für die Nahrungsmittel- oder Futtererzeugung optimiert. Wissenschaftler setzen nun molekulare Züchtungsansätze ein, um Nutzpflanzen mit verbesserten Bioabfällen zu entwickeln, z. B. leichter vergärbare Stroh, das zur Gewinnung von Biokraftstoffen und Chemikalien verwendet werden kann.

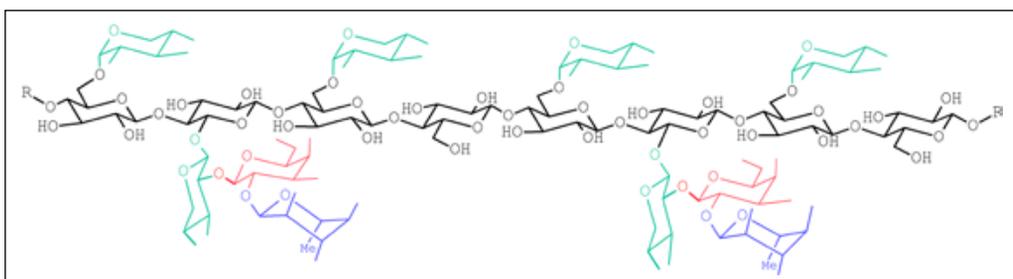
Innovation

Während wissenschaftlicher Ideenreichtum zur Entwicklung genialer Technologien im Labor dient, bleiben die Ideen häufig in akademischen Fachzeitschriften „verborgen“, anstatt in der Welt draußen eingesetzt zu werden. Einrichtungen wie das Biorenewables Development Centre (BDC) in der Nähe der University of York in Großbritannien wollen diese Lücke zwischen Laborforschung und kommerzieller Anwendung schließen – eine Lücke, die bei Innovationsexperten auch als „Tal des Todes“ bekannt ist.

Die frei zugänglichen Einrichtungen des BDC sind darauf ausgelegt, neuartige Technologien vom Labor- auf den Industriemaßstab zu bringen, um eine Materialmenge zu produzieren, die in der Industrie an eigenen Produkten getestet werden kann. Die



Dr. Mark Gronnow, Fachbereichsleiter Prozessentwicklung, bei der Einstellung des Dauerspül-Niedertemperatur-Mikrowellen-Pyrolyse-Geräts



Prinzipielle Struktur der Hemicellulose Xyloglucan. Schwarz: Glucose, grün: Xylose, rot: Galactose, blau: Fucose. Die OH-Gruppen sind für Glucose eingezeichnet, für die anderen Zucker durch Bindungsstrich symbolisiert.

Strukturgrafik: Gerhard Schilling

modular konzipierten Anlagen verarbeiten grobes Rohmaterial im Rahmen vielfältiger Prozesse. Das BDC ermöglicht den Zugang zu Analyse- und Verarbeitungstechniken, auf die die Industrie, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, sonst keinen Zugriff hätte.

→ mark.gronnow@york.ac.uk
 → margaret.smallwood@york.ac.uk

Literatur

- [1] *Biobased chemicals: Value-added products from biorefineries, Report from Task 42, Biorefinery, IEA Bioenergy.* Ed DeJong, Adrian Higson, Patrick Walsh, Maria Wellisch
- [2] *Gerald Ondrey Chemical Engineering, 2004.* (<http://www.bigbeam.com/doc/1G1-114404968.html>).
- [3] *Tokimoto, T., et al. (2005), Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass, J Colloid InterfSci 281, 56-61*
- [4] http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications/Waste%20Management/WasteAgriculturalBiomassEST_Compndium.pdf

Foto
 Hanföl, Hanfsamen und Dr. Mark Gronnow : Biorenewables Development Centre (BDC)
 ©panthermedia.net | Valentyn Volkov Volkov, ifong,
 Wavebreakmedia Ltd, Daum Daniel, Phil Date, Simisa Botas

Nachwachsender Rohstoff – Orangen und Ihr „Abfall“

Orangen sind ein ausgezeichnetes Beispiel für die Verschwendung eines biologischen Rohstoffs: Nach dem Auspressen des Saftes wird rund die Hälfte der Frucht einfach entsorgt. Schätzungsweise werden allein in Brasilien jedes Jahr 8 Mio. Tonnen Orangenschalen als Abfall entsorgt. Doch lassen sich aus Orangenschalen zahlreiche kommerziell wertvolle Stoffe herstellen. Wissenschaftler aus dem Green Chemistry Centre of Excellence an der University of York/GB haben gemeinsam mit Kollegen der Universitäten von Sao Paolo und Cordoba die Orange Peel Exploitation Company (OPEC) gegründet. OPEC ist ein Bioaffinerieprojekt, das sich dem Grundsatz „null Abfall“ verschrieben hat und mittels Niedrigtemperaturmikrowellentechnik eine Reihe von Stoffen aus den Orangenschalen extrahiert. Zu den hochwertigeren Stoffen, die man sich zum Ziel gesetzt hat, gehören d-Limonen, ein gängiger Zusatzstoff in Haushaltsprodukten, mesoporöse Kohlenstoffe für die Wasseraufbereitung sowie chemische Grundstoffe wie Kresol. Die restliche Biomasse könnte dann sogar noch zur Gewinnung von Biokraftstoffen fermentiert werden. Die von der Green Chemistry Group entwickelte Technik wird im Biorenewables Development Centre vom Labor- auf den Industriemaßstab gebracht.



Seit 1968 Nummer 1 im Bereich von Filtrationstechnologien zum Schutz des Laborpersonals

Besuchen Sie uns auf der
ILMAC
 Halle 1 – Stand B85
 24-27 Sept. 2013 - Messe Basel



Filterabzüge & Sicherheitswiegarbeitsplatz



Chemikalienschränke



PCR-Werkbänke



Werkbank in ultrareiner Atmosphäre



Autonomes Filtrationssystem für Sicherheitsschränke



Ersatzfilter

Schutz durch Filtrationsspezialisten

- ✓ Exklusive Flex®-Filtration Technology
- ✓ Kein Ausschuss von Schadstoffen in die Atmosphäre
- ✓ Mobilität für einen umgehenden Einsatz
- ✓ Kein Abluftsystem notwendig
- ✓ Hohe Energieeinsparungen
- ✓ Keine voraussichtliche Planung
- ✓ Sehr geringer Energiebedarf

Laden Sie unsere Infobroschüre herunter:
www.captair.com

Vertretungsbüro Deutschland - Siegburger Strasse 215 - D-50679 Köln - 0800 330 47 31 - Kontakt@erlab.net