



## ACHEMA 2018 Trendbericht: Die Suche nach dem biobasierten heiligen Gral – ist das Ergebnis in Europa das gleiche wie in den USA?

### ACHEMA

Erdöl ist eine endliche Ressource und wenn wir es weiterhin verwenden, wird das die Klimaerwärmung beschleunigen. Seit das klar ist, hat die Suche nach Alternativen zum Erdöl begonnen. Schiefergas und Erdgas sind dabei nur Pseudolösungen, denn auch ihr Vorrat ist begrenzt und es handelt sich um fossile Rohstoffe. Der einzige Ausweg sind nichtfossile, also biobasierte Rohstoffe. Industrie und Akademie entwickeln fieberhaft biobasierte Prozesse, immer unter der Prämisse, dass die Produkte nicht teurer sein dürfen als konventionelle. Allerdings fiel im Herbst 2014 der Rohölpreis unter 70 US Dollar pro Barrel und hat sich bis zum Frühjahr 2018 nicht erholt. Die Preise für die Bausteinchemikalien Ethylen und Propylen haben sich von 2014 bis 2016 halbiert. Diese trüben Aussichten haben die Chemieriesen Braskem und Dow Chemical dazu bewogen, ihre Entwicklungsarbeiten für biobasiertes Propylen auf Eis zu legen. Thyssen Krupp Industrial Solutions hat seine Mehrzweck-Produktionsanlage für organische Säuren in Leuna 2015 in Winterschlaf geschickt, bis bessere Zeiten kommen, und letztendlich an EW Biotech verkauft.

Die Zeiten sind weltweit hart für biobasierte Chemikalien, denn preismäßig können sie mit der fossilen Konkurrenz nur selten mithalten. Nicht einmal in Sachen Klimaerwärmung können sie einen Trumpf ausspielen. Vom weltweiten Energiebedarf verbraucht die chemische Industrie 30% und sie ist verantwortlich für 20% der Treibhausgase, die die gesamte Industrie emittiert. Die Kohlenstoffmenge, die am Ende in Produkten landet, ist dagegen vergleichsweise gering. Der Energieverbrauch ist deshalb der Ansatzpunkt, wenn der CO<sub>2</sub>-Ausstoß

merklich reduziert werden soll. Trotzdem haben viele Regierungen biobasierte Produkte in ihre Strategien aufgenommen und ambitionierte Ziele gesetzt.

#### Strategien für biobasierte Produkte in Europa und den USA

Regierungen rund um den Globus sind sich einig, dass es offizielle Leitlinien für den Übergang zu einer biobasierten Wirtschaft geben muss; die Ansätze dafür sind unterschiedlich.

Die Staaten der europäischen Union haben sich auf folgende Punkte geeinigt

- Reduzierung der Treibhausgase bis 2030 um 40% (im Vergleich zu den Werten von 1990)
- Mindestens 27% erneuerbare Energien
- Mindestens 27% Energieeinsparung

Noch konkreter heißt das, dass bis 2020 20% aller Chemikalien und Materialien in Europa biobasiert sein müssen und dieser Anteil steigt bis 2030 auf 25%. In den USA soll laut biomass R & D board die Bioökonomie die Größenordnung von einer Milliarde Tonnen erreichen. Dafür wird bis 2030 jährlich eine Milliarde Tonnen Biomasse nachhaltig produziert. Sie soll einerseits die Basis für die wachsende Bioprodukt-Industrie sein. Hauptsächlich wird sie aber dafür sorgen, dass bis 2030 im Transportwesen 30% des Kohlenstoffs aus Biomasse stammen – in Form von Biodiesel oder Ethanolbeimischung zum Benzin.

#### Welches ist die vielversprechendste biobasierte Chemikalie?

Wenn neue Prozesse und Produkte auf den Markt kommen, ist es nur menschlich zu fragen, wer sich im Wettbewerb

am besten schlägt. Für den unbeteiligten Betrachter mag es schlichte Neugier sein; für Investoren geht es um eine Menge Geld, wenn sie die Entscheidung treffen auf den biobasierten Zug aufzuspringen.

2004 hat das amerikanische National Renewable Energy Laboratory (NREL) zwölf biobasierte Chemikalien benannt, die als Top-Kandidaten für die industrielle Umsetzung galten. Seither ist eine Menge passiert; im Nachfolgebericht 2016 gibt es wieder eine Liste mit zwölf vielversprechenden Kandidaten. Die Schnittmenge beider Listen ist moderat und besteht aus Bernsteinsäure, Glycerin und para-Xylen.

Auch die EU bemüht sich darum vorherzusagen, welche biobasierten Chemikalien eine Zukunft haben. RoadToBio ist ein EU-gefördertes Projekt, das 2017 gestartet ist und dessen Ziel bis 2019 die Erstellung einer Roadmap ist. Die soll der europäischen Chemie die „sweet spots“ aufzeigen, an denen eine biobasierte Produktion Sinn macht. Im ersten Schritt wurde dafür eine Liste von 120 Chemikalien erstellt, die wirtschaftliches Potential zeigen. Ausgewählt wurden nur Substanzen, die ein „technology readiness level“ (TRL) von 6 oder höher haben. Das heißt, dass die Entwicklung des Prozesses mindestens im Pilotmaßstab angelangt ist. Gleichzeitig wurden die Wertschöpfungsketten von 500 Petrochemikalien unter technischen Gesichtspunkten untersucht. 85% der Wertschöpfungsketten bieten Anknüpfungspunkte, an denen eine biobasierte Chemikalie eine erdölbasierte ersetzen kann. Die Chemikalien, die am häufigsten als ersetzbar genannt wurden, sind Ethylen, Propylen und Methanol.

### RoadToBio untersucht die Schnittstellen zwischen biobasierten und erdölbasierten Chemikalien

Sowohl der NREL-Bericht als auch RoadToBio untersuchen nur Produkte, deren Entwicklung mindestens im Pilotmaßstab angelangt ist. Weiterhin arbeiten beide Studien bislang entlang der Wertschöpfungsketten petrochemischer Produkte. Ein typischer Produktbaum beginnt bei einem niedrigpreisigen Ausgangsstoff wie Ethylen und verzweigt dann in höherwertige Zwischenprodukte wie Polyethylen, Ethylenoxid oder Vinylacetat. Die Zwischenprodukte können wiederum vielfältig eingesetzt werden; Vinylacetat kann ebenso gut in Klebstoff eingesetzt werden wie in Autolack.

Wann immer eine erdölbasierte Chemikalie durch eine biobasierte ersetzt werden kann, wird dies bei RoadToBio als Einstiegspunkt bezeichnet. Von den 120 Chemikalien in der Grobauswahl haben nur 49 einen Einstiegspunkt in bestehende petrochemische Wertschöpfungsketten, während die anderen 71 dedizierte Chemikalien sind. Dedizierte Chemikalien haben kein petrochemisches Gegenstück und eröffnen damit ganz neue Wege. Milchsäure als Basis für den Biokunststoff Polylactid ist ein bekanntes Beispiel für eine dedizierte Chemikalie. Im Gegensatz dazu sind Drop-ins biobasierte Versionen von bereits existierenden Chemikalien und chemisch mit diesen identisch. Die dritte Gruppe – Smart drop-ins – haben darüber hinaus noch einen zusätzlichen Vorteil, zum Beispiel einen schnelleren oder einfacheren Produktionsweg oder einen geringeren Energieverbrauch.

Im NREL-Bericht wurden einige Produkte ganz bewusst ausgeschlossen, nämlich solche, die in Konkurrenz zu erdölbasierten Chemikalien stehen würden. Diese Substanzen durch biobasierte zu ersetzen, wird als nicht realistisch angesehen. Es bleibt abzuwarten, ob die RoadToBio-Forscher das genauso machen, wenn sie als nächsten Schritt Drop-ins und dedizierte Chemikalien auf ihr Marktpotential untersuchen.

Vier Chemikalien, die sowohl in der Top 12-Liste der NREL als auch auf der Top 49-Liste von RoadToBio verzeichnet sind, sind Bernsteinsäure, para-Xylen, Propylenglykol und Glycerin.

#### Bernsteinsäure

Der derzeitige Weltmarkt für die Dicarbonsäure umfasst 50.000 t/a und ist hauptsächlich für Spezialchemikalien bestimmt. Im täglichen Leben ist sie in der Tinte von Tintenstrahldruckern anzutreffen, wo 3% Bernsteinsäure dafür sorgen, dass die Druckfarben nicht ineinander laufen. Die Hochrechnungen für das künftige Marktvolumen sind enorm, und dass sie nicht nur theoretischer Natur sind, zeigt die Zahl der Produktionsanlagen, die weltweit gebaut werden. Succinity, BioAmber, Myriant und Reverdia bauen als Einzelunternehmen und in verschiedenen joint ventures Produktionskapazitäten von 400.000 Tonnen Bernsteinsäure. Die Mikroorganismen, die für die Fermentation eingesetzt werden sind *B. succiniproducens*, *E. coli* und *S. cerevisiae*. Die Firmen bauen darauf, dass sich Bernsteinsäure zur Plattformchemikalie entwickeln wird und sich dann eine weitaus größere Produktpalette eröffnet als Spezialchemikalien. Mit der Hydrierung von Bernsteinsäure zu 1,4-Butandiol und Tetrahydrofuran würde ein Markt von weiteren 2,4 Millionen t/a zugänglich. Wenn dies Realität wird, könnten in Zukunft auch Elasthan-Bekleidung und Polyurethan-Matratzen biobasiert sein.

#### Para-Xylen

Wird benutzt um Terephthalsäure und Dimethylterephthalat herzustellen, die beiden Bestandteile von Polyethylen-terephthalat (PET).

Para-Xylen wird fast ausschließlich für die Herstellung von Polyestern eingesetzt, wobei aus dem größten Teil Fasern und Folien gemacht werden. Die größte Aufmerksamkeit in den Bioökonomie-Medien haben aber die 27% genossen, die zu PET-Flaschen werden. Die Hauptabnehmer von PET – Coca-Cola, Ford, Heinz, Nike und Procter & Gamble –

haben viel Geld in die Erforschung von biobasiertem PET gesteckt. Virent hat einen kombinierten biochemischen und thermochemischen Prozess entwickelt, bei dem Biomasse zu einer Mischung aus Kohlenwasserstoffen umgewandelt wird. Die kann dann wie erdölbasierte Kohlenwasserstoffe weiterverarbeitet werden. Auf der Weltausstellung in Mailand 2015 wurde eine 100% biobasierte PET-Flasche gezeigt. Das para-Xylen dafür stammte aus einer Demonstrationsanlage, mit einer Produktion im industriellen Maßstab ist nicht vor 2021 zu rechnen. Die chemokatalytischen Verfahren von Micromidas und Anellotech basieren wie das von Virent auf Zellulose, während Biochemtex auf Lignin setzt. Das einzige Unternehmen, das ein Fermentationsverfahren verwendet, ist Gevo: Zucker aus Biomasse wird mit Hefe zu Isobutanol fermentiert und anschließend chemisch zu para-Xylen transformiert. Derzeit hat keine der Firmen die Produktionskapazitäten, um den Weltmarkt von 65 Millionen t/a zu beeinflussen.

#### Propylenglykol

Macht die Haut weich und die Haare leicht kämmbar, wenn es in Bodylotion und Haarshampoo eingesetzt wird. Darüber hinaus ist es vielseitig anwendbar vom Tierfutter bis zum Polyesterharz und hat deshalb einen Weltmarkt von 2,5 Millionen t/a. Propylenglykol wird derzeit aus Propylen hergestellt und ist ein Nebenprodukt des Erdölcrackings, deshalb ist sein Preis eng mit dem Erdölpreis verknüpft. Für biobasiertes Propylenglykol wird üblicherweise Glycerin hydrogenolytisch mit Metallkatalysatoren reduziert, dabei können die Zusammensetzung des Katalysators und die Reaktionsbedingungen variiert werden. ADM hat dafür 100.000 t/a Produktionskapazitäten in den USA und Oleon 20.000 t/a in Belgien. Global Bio-Chem betreibt in China eine 200.000 t/a Anlage mit Sorbitol aus Mais als Substrat. Das Sorbitol wird zu 1,2-Propan-diol, Ethylenglykol und Butandiol gespalten.

## Glycerin

Der Zuckeralkohol kann in Bodylotion und in Marzipan gleichermaßen verwendet werden, um die Haut oder die Mandelpaste zart und geschmeidig zu halten. Darüber hinaus hat es mehr als 1.500 Anwendungsmöglichkeiten. Die Erdölrouten zum Glycerin gehen vom Propan aus, spielen aber nur eine untergeordnete Rolle. Der Markt wird von biobasiertem Glycerin dominiert, das ein Nebenprodukt der Biodieselproduktion ist. Dafür wird Pflanzenöl mit Alkohol verestert; pro 10 Tonnen Biodiesel entsteht dabei 1 Tonne Glycerin. Mit einer Weltjahresproduktion von ca. 2 Millionen Tonnen ist der Markt gesättigt, mit stabilen und historisch niedrigen Preisen. Die Industrie sucht deshalb nach Wegen, um höherwertige Produkte aus Glycerin zu machen. Der Einsatz als Fermentationssubstrat für Bernsteinsäure, Zitronensäure, 1,3-Propanediol und Biogas ist zum Teil schon industriell umgesetzt, ebenso wie die Anwendung als Tierfutter.

## Wer macht das Rennen? Die Zusammenarbeit!

Wenn es so einfach wäre, den Erfolg eines biobasierten Produktes vorherzusagen, dann müssten Regierungen nicht Heerscharen von Wissenschaftlern beschäftigen und Studien in Auftrag geben, um eben diese Vorhersage zu machen. Nur die Zeit wird zeigen, welche der biobasierten Chemikalien ein Renner werden wird und ob RoadToBio zu den gleichen Schlüssen kommen wird wie die NREL-Studie. Der Erdölpreis und politische Entscheidungen der Regierungen sind nur zwei Unwägbarkeiten in der vieldimensionalen Matrix, die den wirtschaftlichen Erfolg eines biobasierten Produktes bestimmt.

Eine der Gemeinsamkeiten der oben diskutierten Stoffe ist, dass es sich um Drop-in-Chemikalien handelt. Sie sind chemisch identisch mit ihren petrochemischen Gegenstücken und für die Weiterverarbeitung spielt es keine Rolle, ob sie aus Erdöl oder aus Biomasse hergestellt wurden. Bei genauerem Hinsehen sind die Produktionsverfahren eine bunte Mischung aus Chemie und Biotechnologie. Fermentationsverfahren werden mit chemischen Transformationen kombiniert; ob ein Metallkatalysator oder ein Enzym eingesetzt wird, wird danach entschieden, was besser funktioniert. Erlaubt ist, was gefällt, solange es technisch machbar ist. Ein Verfahren ist nicht länger chemisch oder biotechnologisch, Kooperation ist die Regel. Die Gewinner auf der Suche nach dem heiligen Gral der biobasierten Chemikalien sind auf jeden Fall die Wissenschaftler aller beteiligten Disziplinen. Sie haben gelernt, über den eigenen Tellerrand hinaus zu schauen und eine völlig neue Perspektive im Teller der Nachbardisziplin zu finden.

## Weiterführende Literatur

*Studie von NREL*

*Mehr über [RoadToBio](#)*