

## Statusbericht zu möglichen Potenzialen von Bioraffinerien für die Bereitstellung von Rohstoffen in Industrie und Forschung

### ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Papier soll dargestellt werden, wie das Potenzial von Bioraffinerien für die deutsche chemische Industrie grundsätzlich zu bewerten ist. Schwerpunkt der Darstellung ist der Standort Deutschland unter Berücksichtigung der Vernetzung mit den EU-Nachbarländern.

#### **Kernbotschaft der chemischen Industrie:**

Bioraffinerien können aus Biomasse Grundstoffe für die chemische Industrie produzieren. Damit kann die chemische Industrie einen weiteren Beitrag zur nachhaltigen Produktion leisten. Die chemische Industrie kann aus diesen Grundstoffen nur bei wettbewerbsfähigen rechtlichen Rahmenbedingungen eine Wertschöpfung erzielen. Die chemische Industrie sieht sich nicht primär als Betreiber von Bioraffinerien, sondern eher als Kunde ihrer Produkte, mit dem Ziel, diese zu veredeln.

#### **Forderungen der chemischen Industrie an die Politik:**

- Bioraffinerien, die aus verschiedenen Rohstoffen vielfältige Produkte fertigen können, stehen noch am Anfang der Entwicklung und brauchen für die Weiterentwicklung Forschungsförderung. Dabei muss die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung über die Prozess-, Technologie- und Produktentwicklung in Bioraffinerien gefördert werden. Nur dann kann die chemische Industrie ihren Beitrag zur nachhaltigen Produktion durch Verwendung von Bioraffinerieprodukten weiter ausbauen.
- Bioraffinerien werden u.a. im Zusammenhang mit politisch motivierten Überlegungen zur Quotierung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die chemische Produktion in Europa als eine technologische Option angesehen. Die chemische Industrie lehnt eine Quotierung bei der Nutzung ihrer Rohstoffe ab – unabhängig von den technologischen Möglichkeiten der Bioraffinerien.
- Voraussetzung für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe sind die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit ihrer Aufarbeitung und Raffination. Die Wirtschaftlichkeit wird maßgeblich durch die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe weltweit zu wettbewerbsfähigen Preisen in ausreichender Menge und Qualität bestimmt. Daher müssen die Optionen der modernen Pflanzenzüchtung und Pflanzenproduktion zur Verfügung stehen.

## Statusbericht zu möglichen Potenzialen von Bioraffinerien für die Bereitstellung von Rohstoffen in Industrie und Forschung

In diesem Papier soll dargestellt werden, wie das Potenzial von Bioraffinerien für die deutsche chemische Industrie auf Basis einer realistischen Einschätzung grundsätzlich zu bewerten ist. Schwerpunkt der Darstellung ist der Standort Deutschland unter Berücksichtigung der Vernetzung mit den EU-Nachbarländern.

Auf Grund von Klima- und Ressourcenschutz werden in Deutschland in der Politik verschiedene CO<sub>2</sub>-Einsparmöglichkeiten diskutiert. Eine Option als Instrument zur Ressourcenschonung sind Bioraffinerien, die nachwachsende Rohstoffe stofflich und energetisch effizient verwerten können.

Das vorliegende Papier ist als Statusbericht zu verstehen und gibt als solches eine grundlegende Zusammenfassung des Sachstands und der realitätsgerechten Darstellung der wissenschaftlichen und ökonomischen Möglichkeiten von Bioraffinerien. Hierbei sollen insbesondere die derzeit existierenden Lücken in der Forschung und bei der Umsetzung bereits ausgearbeiteter Konzepte für Bioraffinerien aufgezeigt werden.

### **Kernbotschaft der chemischen Industrie:**

Bioraffinerien können aus Biomasse Grundstoffe für die chemische Industrie produzieren. Damit kann die chemische Industrie einen weiteren Beitrag zur nachhaltigen Produktion leisten. Die chemische Industrie kann aus diesen Grundstoffen nur bei wettbewerbsfähigen rechtlichen Rahmenbedingungen eine Wertschöpfung erzielen. Die chemische Industrie sieht sich nicht primär als Betreiber von Bioraffinerien, sondern eher als Kunde ihrer Produkte, mit dem Ziel, diese zu veredeln.

### **1. Definition des Begriffs „Bioraffinerie“:**

- "Bioraffinerien" sind Anlagen zur Fraktionierung, Raffination und Veredelung von Biomasse.
  - Der Begriff „Biomasse“ umfasst alle Materialien biologischen Ursprungs, ausgeschlossen sind in geologische Formationen eingeschlossene sowie versteinerte organisch Materialien.
- Bioraffinerien verarbeiten Grundstoffe aus Biomasse und bereiten diese zur Weiterverarbeitung durch die chemische Industrie und andere Industriebereiche auf. Die chemische Industrie produziert in Analogie zu Rohstoffen aus einer petrochemischen Raffinerie aus diesen Grundstoffen höherwertige Stoffe und Produkte.

- Das Papier beschränkt sich auf die Bewertung derjenigen Bioraffinerien, die insbesondere auf die Ganzpflanzenverwertung ausgelegt sind, die eine Vielzahl von Rohstoffen über verschiedene Verfahren zu multiplen Produkten umsetzen können. Bioraffinerien, die fokussiert auf wenige Ausgangsstoffe wenige Produkte produzieren (z.B. reine Stärke- oder Ethanolfabriken), sind bereits am Markt etabliert.
- Bioraffinerien der Zukunft sollen durch integrierte Prozesse die Verwertung umfangreicher Teile von Pflanzen hin zu verschiedenartigen Produkten ermöglichen. Diese können bei ausreichender Spezifikation, Qualität und Quantität von der chemischen Industrie veredelt werden.

## **2. Grundlagen für ein zukünftiges Potenzial von Bioraffinerien in Deutschland und der Europäischen Gemeinschaft:**

- Heute deckt die deutsche chemische Industrie mit 2 Mio. t mehr als 10 % ihres Rohstoffeinsatzes durch nachwachsende Rohstoffe ab. An der Wertschöpfung ist der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe noch deutlich höher. Damit ist die deutsche chemische Industrie auch ohne nennenswerte staatliche Hilfe einer der wichtigsten Nutzer nachwachsender Rohstoffe. Der Anteil nachwachsender Rohstoffe wird sich in Zukunft in dem Maße ändern, wie er eine zunehmende Wirtschaftlichkeit und technische Machbarkeit ermöglicht.
- Mit ihren Produkten ermöglicht die chemische Industrie den erfolgreichen Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in vielen anderen Industriezweigen bis hin zum Endverbraucher. Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe / Rohstoffen aus Biomasse in der chemischen Industrie ist demnach nicht neu. Sie sind seit langem etabliert und haben sich überall dort durchgesetzt, wo technische und ökonomische Vorteile gegenüber fossilen Einsatzstoffen bestehen: In fast allen Bereichen der chemischen Industrie, wie bei der Herstellung von Kunststoffen, Fasern, Waschmitteln, Kosmetika, Farben und Lacken, Druckfarben, Klebstoffen, Baustoffen, Hydraulikölen, Schmiermitteln bis hin zu Arzneimitteln kommen nachwachsende Rohstoffe wie Stärke, Zucker, Cellulose, Fette, Öle und pharmazeutische Wirkstoffe zum Einsatz.
- Wettbewerbsfähige Produkte der Bioraffinerien aus denen die chemische Industrie eine weitere Wertschöpfung erzielen kann, müssen weiterverarbeitet und veredelt werden. Hierbei findet für den Standort Deutschland die wesentliche Wertschöpfung statt. Daher ist es zur Stärkung des Standortes Deutschland wichtig, dass für diese Wertschöpfung die Wissensbasis sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen vorhanden sind, damit diese Prozesse hier effizient stattfinden können.
- Häufig ergeben erst Werkstoffkombinationen aus nachwachsenden Rohstoffen und petrochemischen Produkten der chemischen Industrie wettbewerbsfähige

hige Produkteigenschaften. Diese Werkstoffkombinationen dürfen daher z.B. durch Quoten nicht politisch diskriminiert werden.

- Die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Bioraffinerien kann durch Koppelnutzung und Kaskadennutzung wie bei Erdölraffinerien signifikant gesteigert werden. Unter einer Koppelnutzung versteht man die parallele Erzeugung von chemischen Produkten und Energieträgern, unter Kaskadennutzung versteht man die einem oder mehreren Nutzungszyklen nachgeschaltete stoffliche und/oder energetische Verwertung.
- Die Steigerung der stofflichen und energetischen industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe/Biomasse führt zu einem verstärkten Wettbewerb um Anbauflächen ("Flächennutzungskonkurrenz"). Wir verweisen hierzu auf das Papier: „Biomasse – Rohstoff für die chemische Industrie. Kernaussagen einer IFEU-Studie und Schlussfolgerungen des VCI“.

### **3. Damit die chemische Industrie Bioraffinerieprodukte nutzen kann, müssen diese spezifischen Anforderungen entsprechen!**

- Der entscheidende Unterschied zwischen einer petrochemischen Raffinerie und einer Bioraffinerie liegt – neben den unterschiedlichen Prozessen- in den Rohstoffen und damit auch in den Produkten. Bei der petrochemischen Raffinerie werden nur zwei Rohstoffe (Erdöl und Erdgas), aber unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung, verarbeitet. Bioraffinerien hingegen können vielfältige Rohstoffe verwerten (z.B. Holz, Stroh, Grünmasse, Fette, organische Abfälle) – wodurch sich unterschiedliche Spezifikationen der Endprodukte ergeben.
- Idealerweise sollten die Eigenschaften der Bioraffinerieprodukte auf die nachfolgenden Prozesse in der chemischen Industrie abgestimmt sein, um in die bestehenden und bewährten Prozessketten der chemischen Industrie integriert werden zu können.
- Bioraffinerieprodukte stehen in Konkurrenz zu erdölbasierten Produkten hinsichtlich Qualität, Preis, Wirtschaftlichkeit, Verfügbarkeit und Produkteigenschaften. Die chemische Industrie wird diejenigen Produkte für ihre Prozessketten auswählen, die zu einem wettbewerbsfähigen Endprodukt führen.

### **4. Die Potenziale von Bioraffinerien können sich nur innerhalb eines fairen Wettbewerbs entfalten!**

- Bioraffinerien werden u.a. im Zusammenhang mit politisch motivierten Überlegungen zur Quotierung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die chemische Produktion in Europa als eine technologische Option angesehen, diese Ziele zu erreichen. Die chemische Industrie lehnt eine Quotierung bei der

Nutzung ihrer Rohstoffe ab. Gesetzliche Verwendungsquoten, Subventionen und steuerliche Fördermaßnahmen verzerren den internationalen Wettbewerb, sind nicht nachhaltig und belasten Wachstum und industrielle Arbeitsplätze in Deutschland. Höhere Produktpreise, die regional begrenzt aus politischen Vorgaben zum Rohstoffeinsatz resultieren, lassen sich im internationalen Wettbewerb nicht durchsetzen und würden die Wettbewerbsfähigkeit der in intensivem internationalem Wettbewerb stehenden chemischen Industrie gefährden. Der Einsatz alternativer Rohstoffe darf deshalb nicht zu zusätzlichen Belastungen führen, sondern muss marktgetrieben erfolgen. Voraussetzung für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe sind die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Produktion. Die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe weltweit und zu wettbewerbsfähigen Preisen muss sichergestellt sein.

#### **5. Bioraffinerien stehen noch am Anfang ihrer Entwicklung – Forschung ist dringend notwendig!**

- Damit die chemische Industrie einen weiteren Beitrag zur nachhaltigen Produktion durch Verwendung von Bioraffinerieprodukten leisten kann, ist Forschungsförderung für Bioraffinerien notwendig. Dabei muss die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung über die Prozess-, Technologie- und Produktentwicklung in Bioraffinerien in die staatliche Förderung einbezogen sein, um die aktuell vorhandenen Wissenslücken, insbesondere in der Grundlagenforschung und Prozessentwicklung, zu schließen. Darüber hinaus ist Forschungsförderung in der Landwirtschaft erforderlich, um die nötige Verzahnung von Biomasseproduzenten und -abnehmern auszubauen.
- Die Vorgänge in der Natur zur Umwandlung und zum Abbau von Biomasse sind bisher nicht hinreichend erschlossen. Da aber eine Bioraffinerie auf diesen Vorgängen beruht, wird ein tiefer gehendes Verständnis benötigt, um z.B. Enzymkaskaden oder biomechanische Vorgänge beim Abbau von Lignocellulose in technische Systeme zu überführen.
- Die zentrale Herausforderung zur Nutzung von Bioraffinerieprodukten ist die Komplexität und Vielfalt von Biomasse (als Ausgangsstoff) im Hinblick auf die Spezifikationen und Anforderungen der Chemieindustrie an die Bioraffinerie-Endprodukte. Ein weiterer Förderschwerpunkt sollte daher auf der Prozessentwicklung, Prozessintensivierung und Prozessintegration (chemische und biotechnologische Prozesse verbinden) liegen. Die Verfahren müssen selektiv sein, um für die Nutzung in der chemischen Industrie die nötige Reinheit sowie eine wirtschaftliche Produktion zu gewährleisten.
- Weitere Herausforderungen sind die Weiterentwicklung technischer Verfahren der Rohstoffverarbeitung bei der Zuführung der Rohstoffe in die Bioraffinerie (Verfahrenstechnik und Logistik). Um eine wettbewerbsfähige Wertschöpfungskette über Bioraffineriekonzepte in Deutschland zu realisieren, werden Prozesse mit deutlich höheren Raum-Zeit-Ausbeuten bei signifikant erhöhtem Nutzungsgrad der eingesetzten Rohstoffe benötigt.

## 6. Die Verfügbarkeit von Biomasse ist eine zentrale Rahmenbedingung zur Nutzung von Bioraffinerieprodukten durch die chemische Industrie!

- Bioraffinerien benötigen Biomasse zu Weltmarktpreisen in bestimmten Qualitäten als Ausgangsmaterial für ihre Produkte. Es darf kein Protektionismus am Rohstoffmarkt geben, damit ein Wettbewerb zwischen international gehandelten und in Deutschland produzierten Rohstoffen möglich ist. Dazu sind Handelshemmnisse wie Zölle und Einfuhrbeschränkungen abzubauen. Die Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Biomasse darf nicht für neue Handelsbarrieren für importierte nachwachsende Rohstoffe missbraucht werden.
- Für die Züchtung optimierter Rohstoffpflanzen muss der gesamte Werkzeugkasten der modernen Pflanzenzüchtung und Pflanzenproduktion zur Verfügung stehen. Dazu gehört auch die Gentechnik, da diese dazu beitragen kann, Pflanzen als Lieferanten marktfähiger Rohstoffe zu etablieren. Sie bietet neue Möglichkeiten der Bereitstellung nachwachsender Rohstoffen bzw. von Biomasse. Dabei spielt sowohl die erreichbare Mengensteigerung als auch die gezielte Herstellung von benötigten Rohstoffen mit vorgegebener Zusammensetzung eine Rolle.
- Bioraffinerien stehen über die nachwachsenden Rohstoffe in Konkurrenz zur treibstofflichen und energetischen Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen sowie in Konkurrenz um Ackerfläche mit dem Lebens- und Futtermittelsektor. Wir sprechen uns dafür aus, dass dem Anbau von Nahrungsmitteln weiterhin oberste Priorität – gemäß der Initiative der FAO „Calls for eradication of hunger by 2025 and for more investment in agriculture (World Summit on Food Security, Nov. 2009) - eingeräumt wird.

Frankfurt am Main, den 07.09.2009

---

Dr. Ricardo Gent  
Geschäftsführer  
Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie  
Mainzer Landstraße 55  
60329 Frankfurt  
Telefon: +49 (69) 2556-1504  
Fax: +49 (69) 2556-1620  
E-Mail: [gent@dib.org](mailto:gent@dib.org)

Dr. Martin Reuter  
Verband der Chemischen Industrie e.V.  
Wissenschaft, Technik und Umwelt  
Bereich Wissenschaft und Forschung  
Mainzer Landstr. 55  
60329 Frankfurt  
Telefon: +49 (69) 2556-1584  
Fax: +49 (69) 2556-1620  
E-Mail: [reuter@vci.de](mailto:reuter@vci.de)

## Anhang

### **Bioraffinerien der Zukunft verwerten eine Vielzahl von Rohstoffen über verschiedene Verfahren zu multiplen Produkten**

Die recht allgemein gehaltene Definition von Bioraffinerien macht es notwendig, für eine Statusbestimmung von Bioraffinerien in Deutschland Anlagenkonzepte grundsätzlich in mehrere Kategorien zu teilen. Hier ein Vorschlag aus der Literatur (Quelle siehe unten):

**Phase I Bioraffinerien** zeichnen sich dadurch aus, dass ein Rohstoff über ein Verfahren zu einem (Haupt-)Produkt verarbeitet wird. Beispiele für Phase I Bioraffinerien sind: Biodiesel- und Bioethanolanlagen sowie Zellstofffabriken (Produkt ist Zellstoff).

**Phase II Bioraffinerien** gehen auch von einem Rohstoff aus, der aber über mehrere Prozesse zu verschiedenen Produkten und Energie verarbeitet werden. Beispiele für Phase II Bioraffinerien sind: Stärkefabriken, Cellulosefabriken (Edukt ist Cellulose). Phase I und II Bioraffinerien sind Stand der Technik und produzieren im industriellen Maßstab.

**Phase III Bioraffinerien** können dagegen eine Vielzahl von Rohstoffen über verschiedene Verfahren zu multiplen Produkten umsetzen. Phase III Bioraffinerien werden nach Rohstoffen und Anlagenkonzepten unterteilt. Für die nachfolgend beschriebenen Anlagen gibt es bisher keine industrielle Umsetzung.

- **Lignocellulose-Bioraffinerien** schließen trockene pflanzliche Biomasse wie beispielsweise Hölzer, Stroh oder Maisstengel auf und trennen diese in die Fraktionen Lignin, Cellulose und Hemicellulosen auf. Die Fraktionen werden weiter veredelt. In Deutschland laufen derzeit Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Planung und Inbetriebnahme eines Pilotanlagezentrums in Sachsen-Anhalt.
- **Ganzpflanzen-Bioraffinerien** verarbeiten Stroh und Körner verschiedener Getreidesorten getrennt. Während die Stärke direkt hydrolysiert und zu Ethanol vergoren wird, wird das Stroh wie bei der Lignocellulose-Bioraffinerie aufgeschlossen. Die Cellulosefraktion wird hydrolysiert und zu Ethanol vergoren. Es sind Firmenkooperationen angekündigt, solche Anlagen zu entwickeln.
- **Grüne Bioraffinerien** verarbeiten feuchte Grünlandbiomasse (z.B. Grasschnitt) oder Silage durch mechanische Fraktionierung zu Presssaft und Presskuchen. Die im Presssaft enthaltenen Wertstoffe wie Proteine, Aminosäuren und Milchsäure werden gewonnen. Der faserige Presskuchen wird zu Dämmmaterial weiter verarbeitet oder als Viehfutter genutzt. In Brandenburg ist die Errichtung einer Pilotanlage geplant.

- **Zwei-Plattform-Konzept Bioraffinerien** kombinieren Bioethanolfermentation mit der Syngas-Technologie. Aus den Stärke- und Zuckeranteilen der Pflanzen wird Ethanol gewonnen. Die faserigen Bestandteile werden thermolytisch vergast. Aus dem entstehenden Syngas kann durch Fischer-Tropsch-Synthese Dieselkraftstoff erzeugt werden. Obwohl die beiden Plattformen unabhängig voneinander schon genutzt werden, gibt es bisher kein integriertes Konzept beider Plattformen.
- **Thermochemische Bioraffinerien** erzeugen aus Biomasse (vorwiegend agrarischer Reststoffe) Bioöl und Biokoks. Obwohl beispielsweise mit der Flash-Pyrolyse ein geeignetes Verfahren zur Thermolyse bereits im Pilotmaßstab zur Verfügung steht, ist die stoffliche Verwertung von Bioöl und Biokoks noch Gegenstand der Forschung.
- **Marine Bioraffinerien** verwerten Algenbiomasse (z.B. Mikroalgen) zur Wertstoffgewinnung. Zu den Verfahrensschritten gehören Aufschluss, Extraktion und Aufreinigung von Wertstoffen aus Algen. Die stoffliche Verwertung von Algenbiomasse ist Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Die Umsetzung hängt von der Verfügbarkeit der Algenbiomasse ab, für deren nachhaltige Gewinnung derzeit verschiedene Becken- und Reaktorkonzepte getestet werden.

Quelle:

Clark, James H., and Deswarte, Fabien. 2008. The Biorefinery Concept - An Integrated Approach. In: Clark, James H, and Deswarte, Fabien (Eds.). Introduction to Chemicals from Biomass. Wiley Series in Renewable Resource. John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-05805-3, p 1 - 20.

van Ree, René, and Annevelink, Bert. 2007. Status Report Biorefinery 2007. Agrotechnology and Food Sciences Group, Wageningen. AFSG No. 847, ISBN 978-90-8585-139-4. Download: <<http://www.biorefinery.nl/publications>