

Hintergrundpapier

Stand September 2022

Industrielle Bioraffinerien

Bronsema, V.; Lewandowski, I.; Thrän, D.; Wolperdinger, M.

Anmerkung

Dieses Hintergrundpapier fasst die wichtigen Kernaussagen und Diskussionspunkte verschiedener Workshops zu diesem Thema zusammen, die unter Federführung der o. g. Autor:innen im Zeitraum März bis September 2022 mit Beteiligung externer Stakeholder durchgeführt wurden. Es handelt sich nicht um ein Positionspapier des Bioökonomierats. Die Inhalte, Betrachtungsweisen und Schlussfolgerungen stellen keine Handlungsempfehlungen oder Ergebnisse des Bioökonomierats der Bundesregierung dar, sondern spiegeln ausschließlich die Inhalte der Expert:innengespräche wider.

Allgemeine Aussagen und konkreter Beitrag von industriellen Bioraffinerie-Technologien zur Beschleunigung der Rohstoffwende und Kreislaufwirtschaft

Das Konzept der Bioraffinerie zielt darauf ab, insbesondere biogene Rohstoffe, aber auch gasförmige Stoffe (beispielsweise Biomethan oder CO₂) und Stoffströme wie Abfall und Abwasser unter holistischer Nutzung aller anfallenden Nebenproduktströme zur Produktion diverser Wertstoffe unter Einsatz biologischer Ressourcen (z. B. auch Enzyme oder Mikroorganismen) zu verwenden. Die Ursprünge der Bioraffinerien liegen in der Biotechnologie, der biotechnologischen Prozesstechnik und der Schnittstelle mit konventionellen Produktionsumgebungen begründet.

Als integratives Nutzungskonzept angelegt, zielen Bioraffinerien im industriellen Kontext darauf ab, die Verarbeitung von nachwachsenden und anderen Rohstoffen (z. B. aus sekundären Quellen) zu Chemikalien, Biowerkstoffen und anderen stofflichen Produkten sowie Brenn- und Kraftstoffen unter möglichst vollständiger Nutzung der Rohstoffquelle (vergleichbar einer Ölraffinerie, die aus Erdöl eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffe herstellt) zu ermöglichen. Im Idealfall werden stoffliche und energetische Nutzungswege gekoppelt, wobei die stoffliche Nutzung Vorrang haben sollte. Bei den idealerweise zirkulären

Produktionsprozessen spielen neben Nachhaltigkeitsaspekten ökonomische Faktoren, wie die Rentabilität eine entscheidende Rolle, um mit existierenden und in vielen Fällen technisch seit Langem entwickelten und ausgereiften Produktionsprozessen konkurrieren zu können. Industriell tragfähige Bioraffinerie-Konzepte erfordern daher ein effizientes Zusammenspiel von Technologien, Rohstoffen (Wasser, Energie (CO₂-arm), Biomasse, Rest- und Abfallstoffe sowie Abwasser), ggfs. Aktualisierung des rechtlichen Rahmens und ökonomischen Betrachtungen. Darüber hinaus ist der soziale Kontext zu beachten, da eine Umsetzung der Technologie in die industrielle Realität im Kontext einer breiten öffentlichen Akzeptanz erfolgen sollte.

Bioraffinerien sind kein neues Konzept – viele der traditionellen Verfahren für die Umwandlung von Biomasse finden seit Langem Anwendung, beispielsweise in der Zucker-, Stärke- und Zellstoffindustrie. Trotz dieser Tatsache ist darauf hinzuweisen, dass Bioraffinerien und deren Produkte sich im Vergleich zu klassischen, erdölverarbeitenden Raffinerien, die eine ca. 150-jährige Prozessoptimierung durchlaufen haben, noch am Anfang ihrer Entwicklung befinden. In der Regel zielen Bioraffinerien darauf ab Kohlenstoffverbindungen, die die Hauptkomponente von Biomasse darstellen, für Plattformchemikalien oder Produkte nutzbar zu machen. Darüber hinaus gewinnen weitere Bestandteile der Biomasse, aber auch die Kreislaufführung von Rohstoffen aus Reststoffen und Abwasser, wie stickstoff- und phosphorhaltige Verbindungen, also insbesondere Pflanzennährstoffe und andere nicht-organische Stoffe (z. B. Metalle aus Biomining), zunehmend an Bedeutung. Für die Rohstoffwende, d. h. eine Reduzierung bzw. Abkehr von Erdöl als zentralen Rohstoff des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes und den ressourceneffizienten Umgang mit weiteren Rohstoffen, werden allerdings fortschrittliche und komplexere Raffinerien benötigt, die die Herstellung von biobasierten oder biokatalytisch erzeugten Produkten und Energieträgern integrieren.

In Anlehnung an die Klassifikation der VDI-Richtlinie 6310 „Klassifikation und Gütekriterien von Bioraffinerien“ werden folgende Bioraffineriekonzepte unterschieden: Zucker-Bioraffinerie, Stärke-Bioraffinerie, Pflanzenöl- und Algenlipid-Bioraffinerie, Lignocellulose-Bioraffinerie (Grüne Bioraffinerie), Synthesegas-Bioraffinerie, Elektrobioraffinerie. Neu ist inzwischen die Betrachtung der Abfall-, Abluft- und Abwasserraffinerie.

Eine Bioraffinerie kann bezüglich ihrer Entwicklung in die Phasen I – III eingeteilt werden. Dabei wird in Bioraffinerien der Phase I aus einem Rohstoff ein Hauptprodukt hergestellt. Ein klassisches Beispiel ist die Herstellung von Biodiesel aus ölhaltigen Pflanzen wie etwa Raps (Pflanzenöl-Bioraffinerie). Bioraffinerien der Phase II sind dadurch gekennzeichnet, dass aus einem Rohstoff durch eine Vielzahl an unterschiedlichen Prozessen eine Variation an Produkten gewonnen wird. Aus dem genannten Beispiel wird eine Bioraffinerie der Phase II, sobald anfallende Nebenströme in den Prozess integriert werden, um weitere Produkte zu generieren. Ein Beispiel hierfür ist die Bioraffinerie auf Basis einer Getreide-Nassmühle.

Durch Hydrolyse werden Rest- und Abfallstoffe der Korngewinnung wie Blattwerk, Ähren oder Spreu und Stroh in chemische Rohstoffe wie Zucker und Lävulinsäure umgewandelt. Eine Bioraffinerie der Phase III – wie eine Lignocellulose-Bioraffinerie – ist in der Lage, eine Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe (Stroh, Spreu, Forst-Biomasse (Unterholz, Holz); kommunale Abfälle, etc.) in vielfältige Produkte wie Weichmacher und Lösungsmittel sowie Schmierstoffe zu konvertieren. Darüber hinaus kommt dem Konzept Bioraffinerie zunehmend Bedeutung in der Nutzbarmachung weiterer gasförmiger und flüssiger Stoffströme (Abwasserbioraffinerie oder Abfallbioraffinerie) zu.

Industrielle Bedeutung

Aktuell basieren realisierte Bioraffinerieanlagen hauptsächlich auf Substraten wie Mais, Weizen, Zuckerrohr und Zuckerrüben, sie gehören also dem Bioraffineriekonzept der Zucker- oder Stärke-Bioraffinerie an. Der Vorteil dieses Bioraffinerietyps liegt darin, dass zucker- oder stärkehaltige Substrate relativ einfach und effizient in beispielsweise Bioethanol umgewandelt werden können. Außerdem werden diese Produktionsprozesse seit Jahrzehnten angewendet und optimiert. Auch die Kultivierungsbedingungen für die eingesetzte Biomasse wurden bereits seit Langem untersucht und hinsichtlich der erfolgreichsten Landnutzungsstrategie ausgelegt. Ein Nachteil der stärke- oder zuckerbasierten Bioraffinerie ist die sogenannte „Teller vs. Tank“-Problematik, da die Nutzung der für die Erzeugung dieser Substrate benötigten Flächen und fruchtbaren Böden in direkter Konkurrenz zur Erzeugung von Lebensmitteln oder Futtermitteln steht. Daher findet zunehmend eine Entwicklung von Bioraffinerien auf der Basis von sekundären Quellen statt.

Der Studie „EU Biorefinery Outlook to 2030“ zufolge generieren ca. 300 Bioraffinerien in der EU bereits heute einen Umsatz von mehreren Milliarden Euro mit biobasierten Produkten. Darin werden in Europa aktuell rund 4,6 Millionen Tonnen Chemikalien und Werkstoffe hergestellt. Die Anlagen sind vor allem im nord- und mitteleuropäischen Raum, darunter besonders in Deutschland, Frankreich, den Beneluxstaaten sowie Norditalien zu finden. In Deutschland werden derzeit 59 chemische bzw. stoffliche Bioraffinerien betrieben, die noch von einigen weiteren Pilot- und Forschungsanlagen ergänzt werden. Hier werden praktisch alle gängigen Plattformen abgedeckt. Beispiele sind die Grasfabrik der Biowert Industrie GmbH im hessischen Brensbach, die Wiesengras zu Ökostrom, Dünger, Kunst- und Dämmstoffen verarbeitet, der deutsche Standort der Cargill Deutschland GmbH in Krefeld, wo verschiedene Stärken und Süßungsmittel für die Lebensmittel- und die technische Industrie aus Mais hergestellt werden, die Bioraffinerie des Schweizer Spezialchemiekonzerns Clariant in Straubing, die Zucker und Ethanol aus Stroh und Chinaschilf herstellt oder Demoprojekte auf Basis von Abfällen und Abwässern im Bio-Ab-cycling Programm Baden-Württembergs.

Eine aktuell im Fokus stehende Bioraffinerie-Anlage ist die Bioraffinerie des größten europäischen Papierproduzenten UPM am Standort Leuna. Rund 750 Millionen EUR werden dort in die weltweit erste voll integrierte holzbasierte Bioraffinerie investiert. Ab Ende 2023 sollen hier auf Basis von Holz chemische Grundstoffe wie bio-Monoethylenglykol (MEG), bio-Monopropylenglykol (MPG) und ligninbasierte funktionelle Füllstoffe hergestellt werden. Als Rohstoffbasis für eine jährliche Produktionskapazität von 220.000 Tonnen Chemikalien dient regionales und zertifiziertes Industrielaubholz sowie Reststoffe aus Sägewerken.

Die nachfolgende Abbildung vermittelt einen Überblick zu bereits bestehenden Bioraffinerie-Konzepten und deren Produkte.

Bioraffineriekonzept	Rohstoffe	Produkte	Märkte
Zucker- und Stärke-Bioraffinerie	Zuckerrübe, Zuckerrohr, Getreide, Mais, Kartoffeln	Melasse, Schnitzel, Glucose, Fructose, andere Zucker, Milchsäure, Stärke, Bioethanol, Düngemittel	Fein- und Spezialchemikalien, Futtermittelindustrie, Papier, Pappe & Kartonage, Biokraftstoffe
Pflanzenöl- und Algenlipid-Bioraffinerie	Raps- und Palmöl, Algen	Proteine, Schmierstoffe, Biodiesel, Tenside, Algenbiomasse, (Biogas, Strom und Wärme)	Futtermittelindustrie, Schmierstoffmarkt, Wasch- und Körperpflegemittel, Biokraftstoffe, Chemikalien
Lignocellulose-Bioraffinerie; Grüne Bioraffinerie	Holz, Stroh, Gräser	Glucose, Xylose, Cellulose, Hemicellulose, Lignin, Biogas, Ethanol	Strom- und Wärmemarkt, Fein- und Spezialchemikalien
Synthesegas-Bioraffinerie	Holz, Stroh	Biokraftstoff, Chemikalien	Biokraftstoffe, Fein- und Spezialchemikalien
Biogas-Bioraffinerie	Gülle, Maissilage	Dünger, Chemikalien, Biokraftstoffe	Biokraftstoff-, Strom- und Wärmemarkt, Chemikalien

Quelle: FNR, Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Band 34

Beiträge zur Kreislaufwirtschaft

Die Rohstoffwende erfordert neue Wege im Umgang mit natürlichen Ressourcen. Hierbei sind Abfallstoffe ganz zu vermeiden oder weitestgehend zu reduzieren. Umwelt, Klima und Ökosysteme können mittels geschlossener Stoff- und Materialkreisläufe geschont werden. Unter Berücksichtigung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs), insbesondere in Bezug auf erschwingliche und saubere Energie, menschenwürdige Arbeit und wirtschaftliches Wachstum sowie Klimaschutz, kann die Verwendung von Abfallbiomasse, weiteren Abfällen und Abwässern als eine Chance gesehen werden, um sekundäre Rohstoffquellen innovativ zu nutzen und so über die zirkuläre Bioökonomie Fortschritte auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen.

Bioraffinerien, die sekundäre Rohstoffquellen (fest, gasförmig und flüssig) verarbeiten, haben das Potenzial als „Motoren“ einer bioökonomischen Kreislaufwirtschaft zu fungieren und erweitern darüber hinaus das Spektrum bereits bestehender chemischer

Konversionsschritten durch biotechnologische Ansätze und neue Substrate. Sie werden dadurch zu einer unersetzlichen Komponente einer zirkulären Kreislaufwirtschaft, in der Stoffströme kaskadenförmig genutzt und Rohstoffe in Kreisläufen gefahren werden können.

Eine Reihe von Pilot- und Demonstrationsanlagen, wie sie u. a. am Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse (CBP) in Leuna oder auf Kläranlagen und Unternehmen in Baden-Württemberg betrieben werden, zeigen, dass eine intelligente Koppel- und Kaskadennutzung von biologischen Ressourcen sowie von Rest- und Abfallstoffen machbar ist. Nun gilt es, diese Anlagen in die breite, industrielle Anwendung zu überführen und das Prinzip der Bioraffinerie als Basis für die industrielle Produktion der Zukunft umzusetzen. Allerdings sind diese Ansätze bislang noch sehr stark einzelunternehmensbezogen und noch nicht integraler Bestandteil von übergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken.

Stand, Zielkonflikte und Hemmnisse der nachhaltigen Umsetzung von Bioraffinerie-Technologien

Rohstoffe (Biomasse, Wasser, Energie, Abwässer)

Bestehende Bioraffinerien werden – sowohl national als auch international – überwiegend mit primärer Biomasse betrieben (Zucker-, Stärke-, Ölpflanzen, Waldholz, Gras). Dabei besteht nach wie vor ein klassischer Zielkonflikt in der Flächenkonkurrenz in Bezug auf die Nahrungsmittelerzeugung und dem Umweltschutz (z. B. Gewässerreinigung, Boden- und Biodiversitätsschutz). Damit ist die der Biomasseverfügbarkeit für den Betrieb von Bioraffinerien begrenzt. Klimapolitische Entscheidungen, wie die, den Wald verstärkt als CO₂-Speicher zu nutzen oder den steigenden Bedarf von nachwachsenden Rohstoffen in anderen Branchen zu decken (z. B. der Bauwirtschaft), führen zu einer zusätzlichen Verknappung des Rohstoffangebots für Bioraffinerie-Anlagen. Politische Akteure sind daher angehalten, im Rahmen der Bioökonomiestrategien, einen ganzheitlichen Ansatz zur Priorisierung der Verwendung von Biomasse zu etablieren. Dies trifft für die Verwendung von sekundären Rohstoffquellen in Bioraffinerien nicht gleichermaßen zu, hier ist allerdings die Abfallhierarchie zu berücksichtigen.

Ansätze, wie die Nutzung von Abwässern als Nährmedien für die Algenzucht, wertvolle Rohstoffe daraus zurückzugewinnen oder Wasserstoff zu erzeugen, bieten Möglichkeiten die Rohstoffbasis zu erweitern, ohne Agrarflächen zu beanspruchen. Hier ergeben sich in der komplexen und vielgliedrigen Prozesskette zahlreiche Forschungs- und Regulierungsfragen, für deren Beantwortung vor allem praktische Versuchs- und Pilotanlagen sinnvoll erscheinen.

Die Industrie versucht zunehmend, dort wo es möglich und ökonomisch sinnvoll ist, klassische chemisch-physikalische Prozesse durch biotechnische zu ersetzen. Diese Verfahren laufen zum Großteil im wässrigen Medium ab, zum Beispiel Fermentationsprozesse. Auf der einen Seite versucht die Industrie mithilfe von Biotechnologie effizienter zu produzieren. Auf der anderen Seite steht der energie- und kosteneffiziente Umgang mit diesem Wasser. Etwa bei der Frage, wie sich die Wertstoffe aus den Fermentationsbrühen effizient abtrennen lassen oder wie sich die Fermentationsbrühen so aufbereiten lassen, dass sie wiederverwendet werden können.

Wasser und Energie sind weitere wichtige Produktionsfaktoren von Bioraffinerien, werden aber insbesondere für die Erzeugung primärer Biomasse (Düngererzeugung, Maschinen, Bewässerung der Felder) quantitativ benötigt und sind daher in die Ökobilanzen der Bioraffinerien einzubeziehen. Steigende und zum Teil auch stark schwankende Preise u. a. bei den Energieträgern, die heute überwiegend am Strommarkt zugekauft werden, stellen eine ökonomische Herausforderung für die Betriebe dar. Gleichzeitig erfordert der Klimaschutz die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Quellen mit möglichst geringen Umweltauswirkungen. Diese muss seitens der Industrie im Sinne einer Standortpolitik mitgedacht werden, um das volle ökonomische Potenzial der Bioraffinerie sowie deren Beiträge zur CO₂-Effizienz entfalten zu können. So ist u. a. eine Versorgung der Standorte von Bioraffinerien mit erneuerbarem Strom essenziell für einen ganzheitlichen Ansatz. Eine 100-prozentige Versorgung ist bei den aktuell in Betrieb befindlichen Bioraffinerien wegen der Volatilität bestehender erneuerbarer Energiequellen sowie die Verwendung fossiler Energiequellen bei der Erzeugung von Biomasse in Verbindung mit unzureichenden Speicherkapazitäten allerdings kaum umsetzbar.

Darüber hinaus gilt es, der Umsetzung von Bioraffinerien durch die Logistik, das Anpassen bestehender oder dem Aufbau neuer Infrastrukturen, den Lieferketten für Rohstoffe, die Einbindung neuer industrieller Partner, dem Ausloten der Marktakzeptanz und den damit eng verbundenen sozioökonomischen Fragenstellungen mehr Bedeutung im politischen Kontext zuzumessen.

Hinsichtlich einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten aus Bioraffinerien sind Substrat-/Edukt-Bereitstellung aus vorgelagerten Wertschöpfungsketten wie der Land- und Forstwirtschaft oder anderer Stoffströme von Anfang an zu berücksichtigen. Wenn zusätzlich Rest- und Abfallstoffe genutzt werden, bestehen weniger Nachhaltigkeitsrisiken und eine größere Bandbreite an Rohstoffqualitäten und Rohstoffzusammensetzungen. Die Nachhaltigkeit von Produkten in Gänze zu bestimmen ist aufgrund der international fehlenden Harmonisierung von Bewertungsnormen der eingesetzten Roh- und Reststoffe eine Herausforderung.

Produktion

Zwar sind Produkte aus Bioraffinerien (wie Bernsteinsäure) meist noch teurer als ihre petrochemischen Pendanten, und eine echte Verknappung fossiler Rohstoffe ist nicht in Sicht. Hersteller nutzen jedoch den Trend, dass biobasierte Chemikalien in Produkten für Privatanwender wegen des nachhaltigen Images mit höheren Preisen abgesetzt werden können. Daher sehen nun auch die chemischen Verbundstandorte den Umgang mit „verderblicher“ Biomasse nicht mehr als unmöglich an, sondern erkennen deren regionale Verfügbarkeit als Standortvorteil.

Der Transport von Biomasse und anderen Rohstoffquellen zur Verarbeitungsanlage und der Rücktransport von Restprodukten zu den landwirtschaftlichen Betrieben oder zu anderen Industriezweigen kann je nach Transportentfernung einen großen Anteil an den Betriebskosten einer Bioraffinerie-Anlage haben. Der Großteil der gegenwärtigen Anlagen wird daher überwiegend dezentral betrieben. Ziel ist es, sie zu bestehenden Anlagen (z. B. Industriebetrieb mit Abfällen oder Kläranlage) zu ergänzen.

Während fossile Rohstoffe in der Regel aus Punktquellen gewonnen werden und petrochemische Raffinerien über einen einzelnen Anschlusspunkt über Rohrleitungssysteme mit Rohstoffen versorgt werden, benötigt die Bereitstellung der Rohstoffbasis für Bioraffinerien im großen Maßstab, bei der Verwendung von Biomasse, entsprechend große Flächen für den Anbau oder Einzugsradien für Reststoffe. Außerdem besteht ein zusätzlicher logistischer Aufwand, da feste biogene Rohstoffe in der Regel nicht „pumpbar“ sind. Bei der Verwendung von sekundären Rohstoffquellen kann dies anders geartet sein, so besteht bei der Verwendung von kommunalem oder industriellem Abwasser bereits die Infrastruktur, so dass der Betrieb der Anlage zu erweitern ist. Für die Verwendung von Bioabfällen sind häufig bereits regionale Sammelsysteme etabliert.

Mit einer Weiterentwicklung von Bioraffinerien, die insbesondere sekundäre Substrate, die Skalierung der Prozesse und damit die Erhöhung von Produktionsmengen im Blick haben muss, könnte die Nachfrage nach biobasierten Produkten angekurbelt werden. Allerdings gilt es zu beachten, dass die kapitalintensive Prozessskalierung insbesondere für kleinere Unternehmen eine Herausforderung darstellt.

Der Auf- und Ausbau von Anlagensystemen sollte unterstützt werden, um insbesondere die Anlagenbauer für dieses Konzept zu gewinnen. Die Skalierung und damit die Konkurrenzfähigkeit neuer biobasierter Ansätze lässt sich auch weiterhin durch nationale und regionale Förderkonzepte der öffentlichen Hand vorantreiben.

Technologie

Obwohl im Bereich der Biotechnologie noch viel Potenzial gesehen wird (z. B. Weiterentwicklung von Stämmen zahlreicher Mikroorganismen, höhere Produktkonzentrationen, um Prozesse wirtschaftlicher zu gestalten, kontinuierliche vs. Batchproduktion), verfügt Deutschland über eine solide technologische Basis, diese Potenziale ausschöpfen zu können. Derzeit sind viele der zur Verfügung stehenden Verfahren und Technologien zur Konversion biogener Rohstoffe und sekundärer Substrate in wirtschaftlich konkurrenzfähige Produkte aktuell noch nicht wettbewerbsfähig. Als weitere zentrale Herausforderung wird die Anpassung von Technologien an den jeweilige Ausgangsstoff mit volatilen Rohstoffqualitäten und -zusammensetzungen gesehen.

Die Schwachstelle vieler biobasierter Prozesse liegt oft in dem aufwändigen Downstreamprocessing wässriger Multikomponentenlösungen begründet. In Bioraffinerien fallen wertvolle Bulkchemikalien selten in einfach trennbaren Mischungen mit geeigneter Zusammensetzung an. Oft liegen Wertstoffe in wässrigen Lösungen, die als Abwässer betrachtet werden, vor und werden aufgrund ihrer niedrigen Wertstoffkonzentration und der vermeintlich komplexen Trennaufgabe keiner stofflichen Verwertung zugeführt. Die Gewinnung von Intermediaten mit hohem Reinheitsgrad aus komplexen Gemischen durch Aufreinigung (z. B. mittel Filtrations- und Extraktionsschritten) ist nach wie vor eine noch zu lösende Aufgabe. Neben der Konversion der Substrate, gilt es daher insbesondere, den Trennschritten mehr Beachtung zuzumessen. Die stärkere Verzahnung und Vernetzung der Biotechnologie mit anderen Schlüsseltechnologien, wie Material- und Werkstoffforschung für die Membran-Entwicklung oder die Mikroelektronik könnte hier wertvolle Beiträge leisten. Zunehmend kommt der Datenverarbeitung großer Datenmengen, die mit einer Vielzahl von Sensoren erhoben werden, Bedeutung für eine optimierte Steuerung der Anlagen zu.

Für die Integration neuer Rohstoffe oder Nebenströme müssen darüber hinaus Technologien und Prozesse in den Traditionsindustrien spezifisch angepasst werden, insbesondere wenn es sich um Rest- und Abfallstoffe mit einer größeren Bandbreite in der Zusammensetzung handelt. Bioraffinerien, die eine umfassende Verwertung biogener Rohstoffe, beispielsweise aus Algen, in ein breites Spektrum biobasierter Produkte erzielen und die in bestehende Prozess- und Wertschöpfungsketten etablierter Anwenderindustrien einfließen können, stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung. Zur Etablierung und Marktdurchdringung integrierter Bioraffinerien sind daher nicht nur umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig. Es bedarf auch standardisierter Produktbeschreibung und ggf. der Einführung von neuen Produktklassen. Hier ist insbesondere zu prüfen, ob entsprechende Normungsaktivitäten aus dem Bereich der biogenen Festbrennstoffe oder der Sekundärbrennstoffe sinnvoll ergänzt werden können

Regulatorischer Rahmen

Bioraffinerien müssen wie jeder andere Produktionsbetrieb den Anforderungen in Bezug auf Sicherheit, Umwelt und Gesundheit sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen und Genehmigungskriterien erfüllen. Obwohl der regulatorische Rahmen nicht mit der Technologie verknüpft ist, wirken sich unterschiedliche Regelungen wie das Immissionsschutzgesetz rahmengebend auf die Technologien aus. Darüber hinaus benötigen langfristig angelegte Investitionen in Bioraffinerien einen verlässlichen rechtlichen Rahmen, der über einzelne Legislaturperioden hinausgeht. Aktuelle Vorgaben der EU wie die Richtlinie über Industriemissionen (IED) zur Zulassung und zum Betrieb von Industrieanlagen in Europa, sollten sich nicht auf bestehende oder bereits genehmigte Bauvorhaben auswirken. Zusätzliche Bürokratie, die zu Verzögerungen und Kostensteigerungen für die Vorhabenträger führt, muss vermieden werden.

Die gegenwärtig geltenden Regelungen untersagen, Abfälle direkt z. B. als Nährstoffe für die Produktion von Lebensmitteln verwenden zu können. Darüber hinaus bedarf es u. a. auch einer Nachjustierung des Begriffes „Reststoffe“ im Sinne einer normativen Beschreibung. So hat die Einstufung der Biomasse als Abfall oder Reststoff unterschiedliche Rechtsfolgen und kann verschiedene Anforderungen an den Nachhaltigkeitsnachweis und die Ermittlung von Treibhausgasmineralien ergeben. Im Sinne einer auf Rest- und Abfallstoffen basierenden industriellen Bioraffinerie sind auch die auf EU-Ebene verabschiedeten Regelungen entscheidend. Es wird empfohlen, dass die hierfür in der Bundesregierung zuständigen Ressorts dies bei ihrer Rechtssetzung berücksichtigen (z. B. Novelle Bioabfall-Verordnung) bzw. sich auf eine gemeinsame Linie einigen und diese geschlossen nach Brüssel tragen.

Zusammenarbeit

Bisher fehlt eine Vernetzung von verschiedenen Industriezweigen und ihren jeweiligen Stoffströmen, auch außerhalb der Biomassenutzung, und ihren Kompetenzen, z. B. CO₂-Emitenten, Anlagenbau oder in der Digitalisierung, um ein nachhaltiges Wertschöpfungsnetz aufzubauen. Viele Firmen sehen die Verwendung ihrer Nebenströme nicht unter dem Begriff Bioökonomie und es fehlen Informationen dazu, wie Sekundärrohstoffe und Nebenstoffströme nachhaltig weiterverwendet werden können. Daher bedarf es eines stärkeren Zusammenschlusses aus Forschung, Industrie und Politik z. B. in überregionalen oder Bundesländer-übergreifenden Initiativen. Gerade für einzelne Unternehmen z. B. aus der chemischen Industrie, die in Bioraffinerien derzeit nicht ihr Kerngeschäft sehen, ist es entscheidend sich mit der Thematik zu beschäftigen. Es fehlt in vielen Industrien und Betrieben auch an Kenntnis über die Möglichkeiten und Chancen als Teil einer bioökonomischen Wertschöpfung zu agieren. Insofern gibt es hier Kommunikationsbedarf.

Mögliche Handlungsempfehlungen zur Überwindung dieser Hemmnisse und zur Unterstützung des nachhaltigen Einsatzes von Bioraffinerie-Technologien

Gemeinsames Handeln mit Kommunikationsmaßnahmen stärken

Der Weg in eine Kreislaufwirtschaft mit weniger CO₂-Emissionen, die Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen, der Petrochemie, aber auch neu aufkommende Zielkonflikte verlangen nach mehr Orchestrierung des Zusammenspiels der Akteure durch die Politik, um Reibungsverluste und Doppelarbeit zu verhindern und gemeinsames und kollektives Handeln im Innovationsprozess voranzubringen. Hierzu ist auch eine klare Verortung in der Priorisierung der Biomassenutzung und der Nutzung weiterer fester, gasförmiger und flüssiger Rest- und Abfallstoffe erforderlich (z. B. im Rahmen der Biomassestrategie).

Gemeinsame Forschungsplattformen etablieren

Der Etablierung von Demonstrationsanlagen sollte förderteknisch mehr Bedeutung zugemessen werden. Hier fehlt eine Forschungsplattform, die die Belange der Industrie stärker berücksichtigt sowie über die personellen Ressourcen und Infrastruktur für die sicherheits- und anlagentechnische Bewertung verfügt. Wichtig wäre es, diese so auszugestalten, dass sie möglichst breit und universell von vielen Industrieunternehmen genutzt werden könnte.

Förderpolitik punktuell ergänzen

Mit der Projektförderung von Forschung und Entwicklung, wie die 2017 veröffentlichte „Technologie-Initiative Bioraffinerien“ des BMBF oder dem Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL sollte weiterhin die Skalierung von Laborprozessen vorangetrieben und Investitionsanreize für die Industrie geboten werden. Zukünftig sollten entsprechende Förderaufrufe auf einzelne verfahrenstechnische Schritte eines Prozesses, die nicht immer Teil einer kompletten Produktentwicklung sind, ausgeweitet werden. Der Gedanke einer solchen „Prozessintensivierung“ könnte in kleinen Forschungsprojekten gut gefördert werden. Um einerseits der Flexibilität von Bioraffinerien gerecht zu werden und andererseits die Kapitalbindung für kleine Unternehmen überschaubar zu gestalten, sollte das Konzept des modularen Aufbaus von Bioraffinerien von staatlicher Seite unterstützt werden. Hierbei gilt es insbesondere Anlagenbauer für diese Art der Produktion zu begeistern.

Rechtlichen Rahmen anpassen

Bestrebungen zur internationalen Harmonisierung von Nachhaltigkeitsbewertungen für Rohstoffe insgesamt sollten von Seiten der Regierung intensiviert werden. Insbesondere für Demonstrationsanlagen, die in der Lage sind, Ausgangsstoffe variabel nutzen zu können, sollten die Genehmigungsprozesse für den Betrieb dieser Anlagen verkürzt werden. Die

Etablierung von regulatorischen Innovationszentren (Reallabore), in denen gemeinsam mit den Behörden geforscht und bewertet wird, wäre eine geeignete Maßnahme, um diesen Prozess zu beschleunigen und Behörden, Forschende und Industrie frühestmöglich zusammenzubringen.

Generell sollte die Umweltgesetzgebung stärker als rechtsgebende Rahmensetzung für den Anlagenbau integriert werden. Hierbei gilt es auch, die existierenden Themenbereiche wie Abfall- und Abwasserregulierung oder Ressourceneffizienz im Kontext der Bioökonomie zu betrachten.