

# Hintergrundpapier

Stand September 2022

## Biogas- und Bioraffinerie-Technologien – Agrarperspektive

Grote, U.; Lewandowski, I.; zu Löwenstein, F.; Tappeser, B.; 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.

### Zusammenfassung

In Deutschland gibt es rund 9.700 Biogasanlagen (Statista Research Department, 2022), die überwiegend im landwirtschaftlichen Bereich verortet sind (Fachverband Biogas e.V., 2021). Diese produzieren ca. 31,3 TWh Strom (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, AGEE-Stat am UBA, 2022). Sie sind zu einer relevanten Einkommensquelle für die Landwirtschaft geworden und können, neben ihrem Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen, Umweltvorteile insbesondere durch die Verringerung von Emissionen bei der Gülle- und Synergien durch die Nutzung dieses Reststoffs aus der Landwirtschaft für die Energie- und Düngeproduktion erbringen. Jedoch ist die Wirtschaftlichkeit des Betriebs landwirtschaftlicher Biogasanlagen durch Anpassungen im EEG inzwischen kritisch geworden. Anlagenbetreiber müssen demzufolge neue Betriebsmodelle und mögliche Einkommensalternativen außerhalb der EEG-Förderung erschließen. Dazu gehören zum Beispiel die Produktion von Biomethan für die Einspeisung ins Erdgasnetz oder die lokale Kraftstoffbereitstellung, die flexible Stromproduktion oder der Ausbau der Wärmebereitstellung.

Weiterhin gibt es zunehmend öffentliche Kritik am vermehrten Maisanbau im Kontext des Ausbaus an Biogasanlagen, insbesondere auch wegen der Konkurrenz dieser Energiepflanze

zur Nahrungsmittelproduktion. Dabei gilt es den Blick darauf zu werfen, wie die enorme Infrastruktur an Biogasanlagen in Deutschland so weiterentwickelt werden kann – sowohl im Hinblick auf eine nachhaltigere Rohstoffversorgung als auch technisch –, dass ihr Potential zur Bereitstellung erneuerbarer Energie, zur Reduktion von Treibhausgasen und zur Eigenversorgung der landwirtschaftlichen Betriebe mit Energie und Düngern nachhaltig genutzt werden kann. Als Zukunftsoptionen sind z. B. der Anbau von Blühpflanzen, Aquakulturen (Wärmenutzung) oder Power-to-X-Verfahren denkbar. Sie alle eint, dass sie als mögliche Einkommensquelle mit landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Frage kommen können.

Technisch kann auch die Integration in Bioraffinerien als Weiterentwicklung geeignet sein. Hierunter kann eine Vielzahl an Technologien verstanden werden, die jeweils angepasst an die biobasierten Rohstoffe zu einem Spektrum an Zielprodukten führen können. Dabei ist es das Ziel, in der Landwirtschaft, Bioraffinerien möglichst nahe am oder auf dem landwirtschaftlichen Betrieb zu installieren. So kann der meist flüssige und wasserhaltige Rohstoff vor Ort verarbeitet und aufwändige Transporte vermieden werden. Außerdem gelingt so eine größtmögliche Beteiligung der Landwirt:innen an der Wertschöpfung und das Schaffen von Einkommensmöglichkeiten in ländlichen Räumen. Dazu wird, anders als im industriellen Bereich, die „Economy of scale“ durch die „Economy of numbers“ (Dezentralität) ersetzt.

## **1. Was ist der konkrete Beitrag von landwirtschaftlichen Biogas- und Bioraffinerietechnologien zur Erreichung der Ziele der Diversifizierung der Landbewirtschaftung?**

### **Verringerung der Inputabhängigkeit von landwirtschaftlichen Systemen**

Biogas- und Bioraffinerie-Technologien verringern die Inputabhängigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme und Betriebe im Wesentlichen durch:

- die Eigenversorgung landwirtschaftlicher Betriebe mit erneuerbaren Energien (Strom, Wärme, Kraftstoff)
- die Schließung von Stoff- und Energie-Kreisläufen. Hierbei kann insbesondere eine Verringerung des Bedarfs an extern zugeführten oder zugekauften Mineraldüngern erreicht werden. Diese können entweder
  - durch Gärreste substituiert werden oder
  - bei Integration von Bioraffinerien und Biogasanlagen - durch Recycling der mineralischen Bestandteile - insbesondere Phosphor (P) und Stickstoff (N) - auf dem eigenen Betrieb als Dünger eingesetzt oder veräußert werden (siehe NADU <https://www.nadu-naturduenger.de/>)
- eine Fruchtfolgediversifizierung, die sowohl zur Einsparung von synthetischen Düngern führen kann, z. B. wenn Stickstoff über Leguminosen in der Fruchtfolge fixiert wird (besonders für Biobetriebe eine wichtige Maßnahme) oder

- die Vielfalt der Kulturen der Krankheits- und Schädlingsdruck sinkt und damit weniger Pflanzenschutzmittel und Pestizide benötigt werden. Durch die Integration in Bioraffinerien kann dabei das Spektrum der genutzten Kulturpflanzen (z.B. Faser-, Öl-, Eiweißpflanzen) erweitert werden.

### **Kohlenstoffanreicherung in Böden**

Eine Fruchtfolgediversifizierung kann ebenfalls zu einer Anreicherung von Kohlenstoff im Boden führen, z. B. wenn humusmehrende und Zwischenfrüchte integriert werden.

Auch die gezielte Ausbringung von Gärresten oder Biokohlen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen kann zur Erhöhung insbesondere der längerfristig im Boden haltbaren Kohlenstoff-Fraktionen führen. So werden bei der Vergärung vor allem die leicht verfügbaren Kohlenstoff-Verbindungen abgebaut. Im Gärrest verbleiben vor allem die schwer abbaubaren Kohlenstoff-Verbindungen wie Lignin (Hofmann et al., 2015). Im Vergleich zu Maisstroh wurden in Untersuchungen von Chen et al. (2012) die Gärreste 2,5-fach langsamer im Boden abgebaut und erbrachten eine um 34 % höhere Kohlenstoff-Festlegung.

### **Bereicherung der Einkommensmöglichkeiten in der Landwirtschaft**

Biogas- und Bioraffinerie-Technologien bieten Einkommensoptionen mit höherer Wertschöpfung für die Landwirtschaft. Anstatt von Biomasse werden die Veredelungsprodukte Strom und Wärme verkauft. Dabei bietet zukünftig der Ausbau von Bioraffinerien zusätzliche Potenziale durch eine diversifizierte Produktpalette landwirtschaftlicher Rohstoffe mit hochpreisigen Erzeugnissen (z. B. Biokohle bzw. Aktivkohle, Basischemikalien wie HMF). Sie bieten dabei die Möglichkeit einer umfassenden Nutzung aller anfallenden Rohstoff- und Energieströme.

Aus diesem Grund wird vermehrt zu Technologien geforscht, die zum dezentralen Einsatz nahe am landwirtschaftlichen Betrieb geeignet sind – und damit auch nahe an der Ressource Biomasse. Es ist sowohl ein Kosten- als auch ökologischer Vorteil, wenn die oftmals sehr flüssige Biomasse mit geringen TS-Gehalten nahe an der Quelle direkt weiterverarbeitet werden kann und so aufwändige Transporte vermieden werden.

Insgesamt bieten (integrierte) Biogas- und Bioraffinerie-Technologien die Möglichkeit zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die einen Beitrag zur Revitalisierung und Diversifizierung des ländlichen Raumes leisten können.

Bioraffinerien können in bestehende Infrastrukturen integriert und an chemische und biologische und biotechnologische Prozesse zur Verarbeitung von Biomasse und Reststoffen gekoppelt werden. Sie sind damit die tatsächliche Umsetzung einer Kaskadennutzung mit vorrangig stofflicher Nutzung.

## **Ressourcenschonende Energieerzeugung**

Die etwa 9.500 ländlichen Biogasanlagen liefern ca. 11 % des erneuerbaren Stroms in Deutschland und sparen ca. 20 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Stromsektor ein. Das entspricht ca. 10 % der insgesamt über alle Sektoren (z. B. Strom, Wärme, Verkehr) durch erneuerbare Energien vermiedenen Treibhausgas-Emissionen. Dieser Bestand muss politisch langfristig gesichert werden, um den erneuerbaren Anteil der Stromerzeugung nicht zu verlieren.

Dabei ermöglichen die landwirtschaftlichen Biogasanlagen die Realisierung von Synergien:

- Nutzung von Rest- und Abfallstoffen zur Energieerzeugung
- gleichzeitige Nutzung von Gülle zur Energieerzeugung und Reduzierung der Stickstoff-Verluste aus der Lagerung als auch Ausbringung der Gülle
- Kreislaufführung der Nährstoffe

## **Erhalt und/oder Wiederherstellung von Biodiversität**

Im Kontext von erweiterten Fruchtfolgen und Kulturpflanzenspektren kann es insbesondere durch den Anbau von Zwischenfrüchten und Blühpflanzen sowie durch die Möglichkeit zur Verwertung von Landschaftspflegegut potenzielle Synergien zur Biodiversität geben.

## **2. Was ist der Stand der Biogas- und Bioraffinerie-Technologien zur Realisierung dieser Ziele?**

### **Biogas**

Deutschland verfügt über eine außerordentlich große Infrastruktur an Biogasanlagen im ländlichen Raum. Diese sollte weiterhin sinnvoll genutzt werden.

Die größte Herausforderung für den Weiterbetrieb von Biogasanlagen im ländlichen Raum besteht darin, die Ressourcenbasis auf eine Energiepflanzen- bzw. Biogas-Mais-arme Ressourcenbasis umzustellen. Dabei wurde kontrovers diskutiert, inwieweit die Umstellung auf eine überwiegend reststoffbasierte Ressourcenbasis als Prämisse zum Weiterbetrieb gesetzt werden sollte.

Die Herausforderungen bei der Vergärung von Reststoffen ist allerdings, dass diese oft schwer vergärbar sind (z. B. durch hohe Gehalte an Lignozellulose, Induktion von Prozessinhibierungen, sehr niedrige oder sehr hohe TS-Gehalte), schwankende Stoffeigenschaften aufweisen und meist dezentral in geringen Mengen anfallen. Technisch sind die bestehenden Biogasanlagen bislang mit Rührkessel-Reaktoren ausgestattet, die auf möglichst gleichmäßige Zuführung leicht vergärbare Einsatzstoffe ausgelegt sind. Daher gibt es den dringenden Bedarf, modular aufgebaute Biogasanlagen zu etablieren, die

zusätzlich mit einer präzisen Prozesssteuerung ausgestattet sind (sensor- und modellbasiert, weitgehend automatisiert), um den Biogasprozess mit einer zukünftig veränderten Ressourcenbasis stabil steuern und überwachen zu können. Diese Technologiestufe ist bei den bislang errichteten Anlagen noch nicht erreicht.

Weitere große Herausforderungen sind die veränderten finanziellen Rahmenbedingungen - vor allem durch geänderte Anforderungen an die garantierten Vergütungsansprüche durch das EEG: Bestehende Geschäftsmodelle werden dadurch auf den Prüfstand gestellt und sind stark im Umbruch, neue Geschäftsmodelle sind nur teilweise etabliert. Anlagenbetreiber müssen demzufolge neue Betriebsmodelle und mögliche Einkommensalternativen außerhalb der EEG-Förderung erschließen. Die Mehrheit der Anlagenbetreiber ist jedoch noch auf der Suche nach Möglichkeiten zur Diversifizierung ihrer Geschäftsmodelle. Dazu gehören zum Beispiel die Produktion von Biomethan für die Einspeisung ins Erdgasnetz oder die lokale Kraftstoffbereitstellung, die flexible Stromproduktion oder der Ausbau der Wärmebereitstellung. Es besteht zunehmendes Interesse an und Nachfrage nach CO<sub>2</sub>-Credits als Teil neuer Geschäftsmodelle.

Auch für diese neuen Geschäftsmodelle ist eine technologische Weiterentwicklung von Biogasanlagen (Automatisierung und Digitalisierung) unabdingbar.

### **Bioraffinerien**

2017 gab es in Europa 224 Bioraffinerien (Biobased Industries Consortium, 2017), darin eingeschlossen sind zum einen eher einfache Technologien, wie Biodiesel- und Bioethanolanlagen mit Konzentration auf ein Hauptprodukt, zum anderen aber auch Werke der Oleochemie oder der Stärke-, Zucker- und Celluloseverarbeitung mit verschiedenen Paletten unterschiedlicher Produkte. „Die“ Bioraffinerie gibt es nicht. Es besteht eine Vielzahl an Technologien, die jeweils angepasst an die verwendete Rohstoffbasis zu einem Spektrum an Zielprodukten führen kann.

Daher gibt es vielfältige technische Möglichkeiten. Allerdings sind für jeden Produktstrom Spezialmaschinen notwendig, die am Anfang als Einzelanfertigungen eingesetzt werden. Eine Einbindung in automatisierte Prozesslinien von der Materialannahme über Aufbereitung bis hin zur Verpackung sind dafür erforderlich. Die Komplexität der Technologien setzt ausreichende Kapazitäten bei den Akteuren und Organisationen auf allen Ebenen voraus, die in landwirtschaftlichen Betrieben oft nicht in ausreichendem Maß vorhanden sind. Das bedeutet, das Wissen muss zukünftig von außen in die Betriebe gebracht werden. Weitere Schwierigkeiten können zudem bei der Herstellung verschiedener Chemikalien bestehen, die z. B. unter die REACH-Verordnung und unter andere rechtliche Regelungen fallen. (Vergleichbar den Aufwendungen zum Explosionsschutz bei Biogas-Anlagen, was ebenfalls zunächst gemeistert werden musste, bevor die Produktion begonnen werden kann.)

Diese Rahmenbedingungen erschweren den Zugang zu diesen Technologien im ländlichen Raum. Für landwirtschaftliche Betriebe eignen sich vor allem Bioraffinerien, die Dünger und Biokohle oder Fasern als Ausgangsmaterial für die Verpackungsindustrie produzieren.

Für die Ressourcenbasis wird zunehmend auf Reststoffverwertung (landwirtschaftliche, industrielle, kommunale Reststoffe) gesetzt. Es werden aber auch zunehmend Pflanzen wie die Durchwachsende Silphie und Miscanthus für die Herstellung von Grundsubstanzen für die Faserproduktion interessant und bereits an einigen Standorten im Vollmaßstab genutzt.

### 3. Was sind mögliche auftretende Zielkonflikte und Hemmnisse der nachhaltigen Umsetzung von Biogas- und Bioraffinerie-Technologien?

Die wesentlichen Zielkonflikte und Hemmnisse gelten sowohl für den Betrieb von Biogasanlagen als auch für den Betrieb von Bioraffinerien.

#### **Rohstoffbasis**

Mögliche Zielkonflikte können durch Nutzungskonkurrenzen um Biomasse für den Einsatz zur Nahrungsmittelproduktion oder Energiegewinnung, gegebenenfalls auch zur stofflichen Nutzung entstehen. Dabei ist die stoffliche Nutzung von stark untergeordneter Bedeutung, da der Mengenbedarf deutlich kleiner ist als in den anderen Bereichen. Eine langfristig verlässliche Ressourcenbereitstellung in möglichst gleichbleibender Zusammensetzung und Qualität sowie eine hohe Qualität sind jedoch sowohl für den Betrieb von Biogasanlagen als auch für den von Bioraffinerien die größte Herausforderung.

Mögliche Lösungsansätze hierfür könnten sein:

- Umstellung der Rohstoffbasis auf Reststoffe
- Pflanzen mit eigenem Flächenbedarf dürfen nur in Verbindung mit der Verfolgung anderer Ziele wie der Erfüllung von Ökosystemdienstleistungen (z. B. Blühpflanzen, Zwischenfrüchte, Paludibiomasse, Landschaftspflegegut) genutzt werden
- Anbau von multipurpose Pflanzen und somit Synergien mit Nahrungsmittelproduktion oder auch Wertstoffe in Kombination mit Energie schaffen (z.B. Fasern und pflanzliche Öle). Auch Mais ist eine vielfach einsetzbare Pflanze, die sowohl als Energie-, Futter- und Nahrungspflanze genutzt werden kann. Der Vorteil des Anbaus von Biogasmmais ist daher, dass bei Bedarf direkt auf eine Nahrungsmittelnutzung umgeschwenkt werden kann. Dies gilt ebenso für Weizen.
- Nutzung von Flächen, auf denen keine Nahrungsmittel produziert werden (marginale Flächen, Überschussgrünland)

- Beitrag zur Verringerung von Nutzungskonkurrenzen auch von Seiten der Ernährungssysteme, Umstellung auf stärker pflanzenbasierte und damit weniger Ressourcen beanspruchende Ernährungsweisen.

Beim Einsatz von Reststoffen sind Gesundheits- und Umweltrisiken möglich (ggf. Belastung mit Pathogenen, Antibiotikarückständen), können aber z. T. durch technologische Schritte gelöst werden.

Reststoffnutzung weist potenziell eine geringere Wirtschaftlichkeit als die Nutzung von Energie- und Industriepflanzen auf, da

- höhere Anforderungen an die Anlagentechnik und Prozesssteuerung gestellt werden (siehe Stand der Technik) und sich damit die Aufwendungen erhöhen,
- schwankende Zusammensetzung zusätzliche Behandlungsschritte erfordern,
- durch ggf. geringere Methanausbeuten die Erlöse sinken.

Rohstoff-trade-off: Was steht bei der Biogastechnologie im Vordergrund: die Energieerzeugung, die Kreislaufwirtschaft oder das Bioraffinerie-System?

### **Economy of Scale**

Die „Economy of scale“ beeinträchtigt bei Biogasanlagen die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft.

Bei industriellen Anwendungen ist die Wettbewerbsfähigkeit von Bioraffinerien oft von der Größe abhängig, da der Betrieb mit hohem Aufwand an administrativen Aufgaben und Auflagen verbunden ist und ein hoher Anspruch an die Infrastruktur besteht. Eine mögliche Lösung ist das Clustern von mehreren Anlagen, die sich bezüglich Wartung, Genehmigungen etc. die Fachkräfte teilen.

Anders als im industriellen Bereich kann im landwirtschaftlichen Bereich die „Economy of scale“ bei Bioraffinerien durch die „Economy of numbers“ kompensiert werden, mit eher kleinen Anlagen nahe am landwirtschaftlichen Betrieb. Dabei wurde diskutiert, inwieweit sich die Landwirte diese Bioraffinerien leisten können oder ob genossenschaftliche Modelle entwickelt werden müssen. Kooperationen und Genossenschaften könnten hierbei ebenso hilfreich sein. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass es nicht neuerlich zu Konzentrationen kommt, die zu einem lokalen Überangebot an Nährstoffen führt und es damit – weil der Nährstofftransport in andere Regionen teuer ist – zur Überdüngung anlagennaher Flächen kommt.

### **Ökologische Aspekte**

Mit steigender Wirtschaftlichkeit der Agrarproduktion nimmt der Anreiz zur Intensivierung der Produktion bzw. zur Erzielung hoher Biomasseerträge zu. Dann werden ertragsarme, aber

biodiversitätsreichere Biomasseproduktionssysteme wie Wildpflanzenmischungen mit ihren geringeren Biomasseerträgen und geringeren spezifischen Methanertrag nicht angebaut. Durch die schlechtere Verdaulichkeit dieser Biomasse ist darüber hinaus die technologische Prozesssicherheit gefährdet.

Die Kohlenstoff-Bilanz sollte berücksichtigt werden, so dass die Kohlenstoff-Gehalte im Boden nicht sinken. Dem muss durch noch weiter verbesserte Rückführung der Biogasgärreste auf die Produktionsflächen entgegengewirkt werden.

## **Technische Aspekte**

### *Biogas*

- Ausbau und Entwicklung von Speichertechnologien
- noch unzureichender Stand der Technik und Stand des Wissens. So waren die Betreiber mit ständig veränderten Anforderungen und auch Zielveränderungen (z. B. Anteil Gülle, Verweilzeit, Wärmeverwertung, Strom- oder Gaseinspeisung, Unterbindung des Einsatzes von Nebenprodukten etc.) konfrontiert. Dies machte erhebliche Nachinvestitionen erforderlich. Auch Gesetzgebungen aus anderen Bereichen brachten erheblichen Anpassungsbedarf. Jede Veränderung ist kostenintensiv und legt den Betrieb langfristig fest. Der Anspruch an den Stand des Wissens ist dabei sowohl bei den Betreibern als auch bei der Beratung hoch.
- vorhandene Technologien für Wassermanagement, Kreislaufführung und Nutzung des Prozesswassers sind technisch aufwändig, kostenintensiv und erfordern in der Regel viel Energie. Daher sind diese Verfahren zu teuer und zu ineffizient für eine wirtschaftlich tragfähige Nutzung.

### *Bioraffinerien*

- Bioraffinerie-Konzepte sind noch in der Entwicklungsphase und nicht im technischen Einsatz.

## **Ökonomische Aspekte**

Die Bioökonomie setzt eine Transformation des Wirtschaftssystems voraus („Regionalisierung“ der Ökonomie, „Dezentralisierung“). Damit verbunden ist auch die Frage, wie aus einem nachhaltigen Modell ein Business-Modell werden kann.

### *Biogas*

- unzureichende Wettbewerbsfähigkeit reststoffbasierter Biogassysteme
- rechtliche Unsicherheit und Genehmigungshürden beim Einsatz von Reststoffen im Biogasprozess
- mangelnde Planungssicherheit



### *Bioraffinerien*

- langfristige Verfügbarkeit der Rohstoffe in möglichst gleichbleibender Qualität und Zusammensetzung insbesondere bei Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen nur bedingt erreichbar
- oft geringe Rohstoffqualität von Reststoffen und dementsprechend höherer Aufwand für die Gewinnung von Zwischen- und Endprodukten
- oftmals unzureichende Konkurrenzfähigkeit biobasierter gegenüber fossilbasierten Produkten. Bei steigenden Preisen für fossile Produkte sollten hier neue Perspektiven möglich sein.
- hohe Kosten bei dezentralen, kleinskaligen Lösungen zur Verarbeitung von lokal anfallenden Biomassen (Hofbioraffinerien), es sei denn sie werden in höheren Stückzahlen gebaut („Economy of numbers“)
- steigender Vermarktungsaufwand mit Anzahl der Produkte. Hier ist eine starke Kooperation der dezentralen Bioraffinerien notwendig.

### **Gesellschaftliche Aspekte**

- Biogas: Mangel an objektiver Information sowie Akzeptanz in der Bevölkerung für Bioenergie aufgrund starker negativer Lobbyarbeit bestimmter Gruppen (Energieversorger, BUND) gegen die wachsende Biogaserzeugung in den vergangenen 20 Jahren
- Wertschöpfungsketten sind sehr lang mit insgesamt hoher Wertschöpfung, die Rohstofflieferanten werden allerdings bisher zu wenig beteiligt
- Das Bewusstsein der Bevölkerung muss gestärkt werden, inländisch erzeugte Produkte und Energie zu unterstützen und diese bevorzugt gegenüber fossilen Quellen zu nutzen. Damit kann auch regionale Wertschöpfung möglich werden.

### **Weiteres**

- hohe genehmigungsrechtliche Auflagen für Biogasanlagen
- fehlende Institutionalisierung von Wissen, z. B. Mechanismen zur Honorierung zusätzlicher Leistungen wie CO<sub>2</sub>-Fixierung
- geringe Unterstützung für innovative Geschäftsmodelle und faire Preisbildung im Zusammenhang mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten für landwirtschaftliche Anlagen

Die Umsetzung konkreter Projekte muss auf lokaler Ebene realisiert werden, wobei betroffene Akteure ausreichend in den Planungsprozess eingebunden werden müssen. Hierbei ist zu beachten, inwieweit die Strategien der Akteure vor Ort schon eine andere Nutzung der Ressourcen vorsehen.

## 4. Was sind mögliche Handlungsempfehlungen zur Überwindung dieser Hemmnisse und zur Unterstützung des nachhaltigen Einsatzes von Biogas- und Bioraffinerie-Technologien?

### Forschung und Entwicklung

- „bezahlbare“ Trennprozesse und -technologien
- Technologie zur Erzeugung von Chemikalien/Stoffen in der Vorkette (z. B. Silierung)
- Technologie zur Extraktion wertvoller Inhaltsstoffe aus den Nachketten
- Wassermanagement, Kreislaufführung, Prozesswasser
- Forschungsbedarf zu Automatisierung und Substrataufbereitung (kaum Sensoren zur Qualitätsbestimmung und Prozesssteuerung vorhanden)
- Entwicklung „rohstofftoleranter“ Prozesse für die Verwendung zeitlich und räumlich variabler Einsatzstoffe, größere Flexibilität von Biogasanlagen und Bioraffinerien
- Wie können Produkte zukünftiger Systeme der Landbewirtschaftung, die vor allem auch multiple Ziele und die Erbringung von ökologischen Funktionen verfolgt (z. B. Agroforst und mehrjährige Kulturpflanzen, Grünland, Blüh- und Wildpflanzen, Paludikulturen) genutzt werden bzw. wie können zukünftige Systeme der Landbewirtschaftung produktorientiert gestaltet werden?

### Rechtliche Rahmenbedingungen

#### EEG

- EEG neu ausrichten: Schwerpunkt energetische Reststoffnutzung, Zwischenfruchtnutzung, Flexibilisierung der Energiebereitstellung
- konsequente Ausrichtung des EEG auf auskömmliche Förderung reststoffbasierter Biogassysteme

#### RED

- Weichen in der RED III müssen so gestellt werden, dass stoffliche Nutzung nicht durch energetische Nutzung gehemmt wird
- stoffliche Nutzung gesondert und prioritär behandeln

### Ausbildung

- Maßnahmen des Capacity Building und Development insbesondere bei Anlagenbetreibern und umsetzungsrelevanten Akteuren fördern
- konsequente Institutionalisierung von Wissen in Steuerungsinstrumenten implementieren

### Aufbau regionaler Netzwerke und Strukturen

- Unterstützung beim Aufbau regionaler Produktions- und Vermarktungswege, enge Zusammenarbeit von Landwirt:innen mit der Erstverarbeitung

## Weiteres

- Kombination von Energieerzeugungsmöglichkeiten fördern „Energiewirt“, ist weiter zu sehen als nur Biogas -> Biogasanlagen erhalten eine neue Rolle und neuen Energiemix in und aus der Landwirtschaft
- Wie kann sichergestellt werden, dass bei langen Wertschöpfungsketten Anreize für den Rohstofflieferanten geschaffen werden?
- Flexibilität von Biogasanlagen und Bioraffinerien besser nutzen und herausstellen -> Rohstoffe können situativ angepasst zu verschiedenen Zwecken genutzt werden (z. B. Energie und Ernährung)
- Für landwirtschaftliche Betriebe eignen sich vor allem Bioraffinerien, die Dünger, Fasern und Biokohle produzieren. Der Umgang mit Chemikalien kann schwieriger sein, auch aus rechtlichen Gründen.
- Systeme, die viele Funktionen gleichzeitig erbringen können, unterstützen
- partizipative Umsetzung von Innovationen

## Quellen

- Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am UBA (2022): Hintergrund / März 2022 – Erneuerbare Energien in Deutschland – Daten zur Entwicklung im Jahr 2021 [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hg\\_erneuerbareenergien\\_dt.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hg_erneuerbareenergien_dt.pdf)
- Biobased Industries Consortium (BIC) (2017): Wo in Europa Bioraffinerien stehen <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/wo-europa-bioraffinerien-stehen>
- Chen, R., Blagodatskaya, E., Senbayram, M., Blagodatsky, S., Myachina, O., Dittert, K. & Kuzyakov, Y. (2012). Decomposition of biogas residues in soil and their effects on microbial growth kinetics and enzyme activities. *Biomass and Bioenergy* 45: 221-229.
- Fachverband Biogas e.V. (2021): [https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de\\_homepage](https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de_homepage)
- Hofmann, Frank; Weddige, Ulf, Blumenstein, Benjamin, Möller, Detlev, Grieb, beatrice, Mäder, Rolf, Zerger, Uli; Gerlach, Florian; Jaensch, Volker, Hartmann, Katharina (2015): Schlussbericht zum Verbundvorhaben: Biogasanlagen im Ökolandbau; Teilvorhaben 1 – 3. [https://orgprints.org/id/eprint/29559/1/FNR\\_Abschlussbericht\\_BioBiogas\\_22003312.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/29559/1/FNR_Abschlussbericht_BioBiogas_22003312.pdf)
- Statista Research Department (2022): Biogasanlagen in Deutschland bis 2021 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167671/umfrage/anzahl-der-biogasanlagen-in-deutschland-seit-1992/#:~:text=Im%20Jahr%202020%20wurden%20in,der%20Biogasanlagen%20hierzulande%20j%C3%A4hrlich%20zu>