

Innovationsbedarfe für Bioenergieanwendungen



DBFZ

Martin Dotzauer
martin.dotzauer@dbfz.de

Dr. Nora Szarka
nora.szarka@dbfz.de

Henryk Haufe
henryk.haufe@dbfz.de

Fraunhofer IEE (vorm. IWES)

Dr. Bernd Krautkremer
bernd.krautkremer@
iee.fraunhofer.de

IZES

Bernhard Wern
wern@izes.de

KIT

Prof. Dr. Nicolaus Dahmen
nicolaus.dahmen@kit.edu

UFZ

Markus Millinger
markus.millinger@ufz.de

Die Innovationsbedarfe für Bioenergieanwendungen resultieren aus der zukünftigen Rolle der Bioenergie im Energiesystem und den sich hieraus ergebenden systemischen Anforderungen.

Rolle der Bioenergie im Energiesystem

Die energetische Biomassenutzung ist heute über lange und häufig verzweigte und vernetzte Wertschöpfungsketten sehr vielfältig und hochgradig komplex. Das in Deutschland nutzbare Biomassepektrum ist sehr vielfältig und reicht von Rest- und Abfallstoffen bis zu Energiepflanzen, die gezielt für die energetische Nutzung angebaut werden, sowie verschiedenen Importbiomassen (z. B. Holzpellets). Biomasse enthält neben den wertgebenden Inhaltsstoffen immer eine Reihe von Begleit- oder Störstoffen. Vor der energetischen Nutzung sind daher angepasste Bereitstellungs- und Aufbereitungsprozesse notwendig.

Die eigentliche energetische Konversion der Biomasse erfolgt durch sehr unterschiedliche Verfahren, die sich grob in biochemische, thermochemische und physikochemische Konversionsprozesse unterscheiden lassen. Innerhalb der Prozessketten werden häufig Verfahren aus den unterschiedlichen Kategorien kombiniert. Die durch diese Verfahren erzeugten Sekundärbiomassen (z. B. Biogas, torrefizierte Holzpellets oder Biodiesel) können als biogene Energieträger analog zu fossilen Brennstoffen gelagert, transportiert und in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität zur Bereitstellung von Endenergie eingesetzt werden. Biogene Brennstoffe besitzen in Bezug auf ihre feuerungstechnischen Eigenschaften oft eine große Ähnlichkeit mit fossilen Energieträgern und können diese in einer Reihe von Anwendungen substituieren.

Das nachhaltig verfügbare Biomassepotenzial ist sowohl national als auch international begrenzt. Nutzungskonkurrenzen in den Bereichen Nahrungs- und Futtermittel und der stofflichen Nutzung sowie die starken Kostensenkungen bei anderen Erneuerbaren wie Wind und Solarenergie bedingen, dass Bioenergie auch zukünftig vor allem diejenigen Anwendungen bedienen wird, in denen andere Treibhausgasvermeidungsoptionen fehlen oder spezifisch teuer sind. Bestimmte obligatorisch zu behandelnde Nebenprodukt- und Reststoffströme sind davon ausgenommen, da sie keinen anderweitigen Nutzungskonkurrenzen unterliegen.

Systemrelevante Anforderungen an Bioenergie

Aus Energiesystemsicht soll nachfolgend zwischen den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität unterschieden werden. Die wachsende Bedeutung der Sektorkopplung und der Kraft-Wärme-Kopplung verwischen die Grenzen zwischen den Sektoren aber zunehmend.

Heute substituieren Bioenergieanlagen bei vielfach noch konstanter Fahrweise im Stromsektor Grundlastkraftwerke. Mit wachsendem Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien (Windenergie und Photovoltaik) gewinnt die Bioenergie zunehmend an Bedeutung als Flexibilitätsoption. Bioenergieanlagen können hierbei vor allem längerfristige Ausgleichsbedarfe (Fluktuationen innerhalb von 24 h bis hin zu saisonalen Schwankungen) bedienen, da sie wie fossile Anlagen den jeweiligen Brennstoff als chemischen Langfristspeicher nutzen können, um Strom bedarfsgerecht bereit zu stellen.

Im Wärmesektor bieten KWK-Anwendungen einen Doppelnutzen durch den gleichzeitigen Beitrag zur erneuerbaren Strom- als auch Wärmeerzeugung. Es können dabei jedoch Zielkonflikte entstehen, wenn die Anlagen zur Deckung von Spitzenlasten genutzt werden, da die Strom- und Wärmebedarfe nicht zwingend dieselben Verbrauchsprofile aufweisen. Hierbei muss dann entweder priorisiert werden, oder durch geeignete Maßnahmen die Strom- und Wärmeproduktion entkoppelt werden. Bei der reinen Wärmebereitstellung werden Bioenergieanwendungen zukünftig in ähnlicher Weise wie im Strombereich vor allem dazu dienen, Spitzenlasten in multivalenten Versorgungssystemen abzudecken.

Im Mobilitätssektor können biogene Kraftstoffe mit geringem technischen Aufwand direkt in bestehende Anwendungen integriert werden. Heute werden Biokraftstoffe vor allem als Beimischung zu Otto- und Dieselmotoren eingesetzt. Zukünftig könnten sie vor allem dazu genutzt werden, schwer elektrifizierbare Anwendungen zu bedienen, wie beispielsweise Flug- oder Schwerlastverkehr.

Es gibt auch für die Produktion von biogenen Brennstoffen Schnittstellen zum Stromsektor. In vielen Konversionsprozessen zur Bereitstellung flüssiger und gasförmiger Kraftstoffe, besteht auf Grund der chemischen Zusammensetzung ein Wasserstoff-

defizit (bzw. ein Kohlenstoffüberschuss). Durch die Einbindung von erneuerbar erzeugtem Elektrolysewasserstoff kann dieses Defizit stöchiometrisch ausgeglichen und gleichzeitig die Kohlenstoffnutzungseffizienz der eingesetzten Rohstoffe gesteigert werden. Aus Sicht der Wasserstoffwirtschaft können solche Konversionstechnologien auch als erneuerbare Kohlenstoffquellen für teilsynthetische Kohlenwasserstoffen betrachtet werden.

Aus einer übergeordneten Perspektive lässt sich erstens die Anforderung ableiten, die verschiedenen Sektoren stärker integriert zu betrachten. Zweitens ergibt sich auch innerhalb der Sektoren die Notwendigkeit, Bioenergieanwendungen mit anderen EE-Technologien zu verknüpfen und zu kombinieren. Als eine Strategie, diese Zusammenhänge konzeptionell zu beschreiben, kann das Konzept „Smart-Bioenergy“ gesehen werden. Smart Bioenergy beschreibt dabei eine vertikale und horizontale Integration von verschiedenen Bioenergie-technologien unter ganzheitlichen Gesichtspunkten (► *Abbildung 1*).

Abgeleitete Innovationsbedarfe für die Bioenergie

- **Im Stromsektor** ist die Flexibilisierung von KWK-Anlagen ein zentrales Innovationsthema, wobei es hier vor allem darum geht, eine große stromseitige Regelbreite zu erreichen und gleichzeitig

die dafür notwendigen technischen Maßnahmen kostenoptimal zu realisieren. Nebenbedingung ist dabei, dass die THG-Emissionen im Zuge von Flexibilisierungsmaßnahmen nicht steigen sollten. Konkrete Ansatzpunkte dafür bieten sich zum Beispiel bei Biogasanlagen auf der Ebene der Gas-erzeugung an. Hier besteht nach wie vor ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um das bisher nur wenig genutzte Potenzial dieses Prozessschrittes zur Ausweitung der Flexibilität heben zu können. Die Modulation der Gasproduktion verspricht eine Vergrößerung des zeitlichen Potenzials zur Lastverschiebung, das vor allem für den Ausgleich längerfristiger Residuallastschwankungen (Stichwort „Dunkelflaute“) genutzt werden kann.

Darüber hinaus müssen sowohl die Einzelanlagen in Versorgungssysteme als auch einzelne Prozessschritte in zunehmend flexible Betriebskonzepte der Einzelanlagen über automatisierte Regelungskonzepte eingebettet werden. Nur so können im Rahmen des komplexer werdenden Zusammenspiels mit anderen Flexibilitätsoptionen und erneuerbaren Erzeugungskapazitäten die wachsenden Anforderungen zur Stromnetzstabilität gewährleistet werden. Dabei müssen gleichzeitig Zielkonflikte und Kosteneffekte berücksichtigt werden, da Bioenergieanlagen für eine hohe Gesamteffizienz in Kraft-Wärme-Kopplung zu betreiben sind. Eine zunehmend stromseitige Flexibilisierung kann dann Zielkonflikte mit der

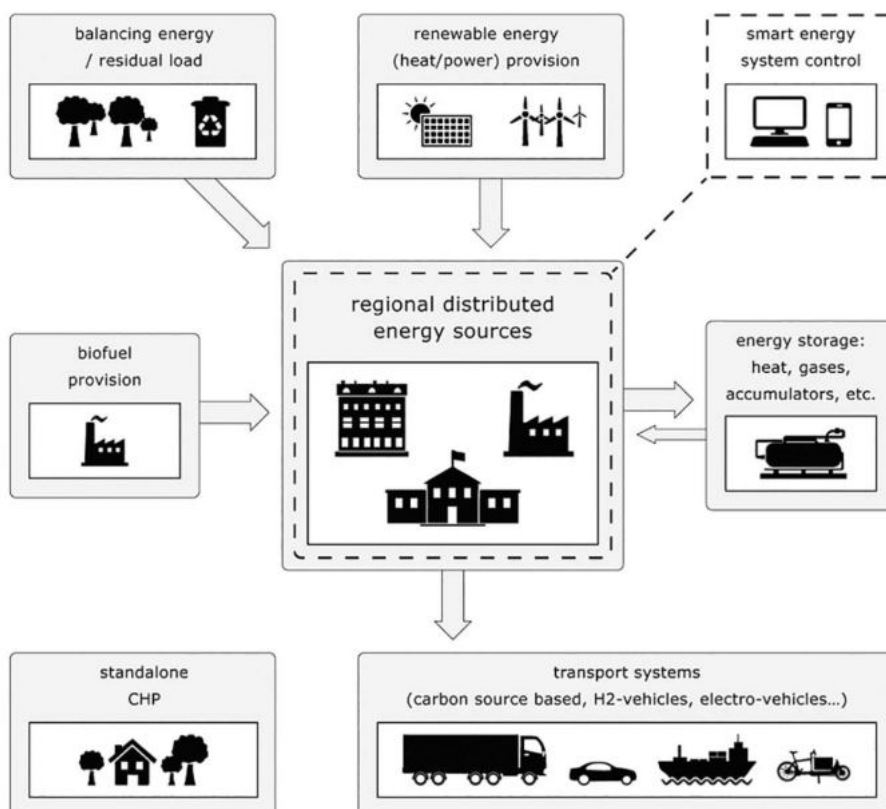


Abbildung 1
Bioenergie-Innovationen
 Thrän, Daniela: *Smart Bioenergy: Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems*; Springer, 2015 — ISBN 978-3-319-16193-8

Nutzwärmebereitstellung nach sich ziehen (s. o.). Je nach Anforderungsprofil können die Lastprofile zeitlich sehr unterschiedlich ausfallen, so dass zur Vermeidung von wärmeseitigen Deckungslücken die Implementierung weiterer Systemelemente wie Wärmespeicher oder Spitzenlastkessel erforderlich werden kann.

- **Im Wärmesektor** wird analog zur Stromerzeugung, bei reiner Wärmeerzeugung aus Biomasse auch ein Trend zur Flexibilisierung erwartet, da im Zuge der Energiesystemtransformation im Wärmebereich solar- und wind-basierte Anwendungen (z. B. direkt als Solarthermie oder indirekt in Form von Wärmepumpen) an Bedeutung gewinnen werden. Die Wärmebereitstellung wird damit ebenfalls stärker als bisher witterungsbedingten Angebotsschwankungen unterliegen und generiert so auch im Wärmebereich einen Bedarf für erneuerbare Spitzenlastanwendungen. Diese Rolle können Bioenergieanlagen sowohl in Einfamilienhäusern, Wohnquartieren als auch in Nah- und Fernwärmenetzen übernehmen. Damit der Einsatz der Anlagen mit den jeweiligen anderen Systemkomponenten harmonisiert wird, sind auch hier intelligente Systemregler erforderlich, die die Gesamtheit der technischen Einheiten in dem jeweiligen Verbund optimal ausregeln.
- **Für biogene Kraftstoffe und Bioraffinerien** fächern sich die Innovationsbedarfe stark auf und reichen von Konzepten zur Optimierung der Biogasaufbereitung zu Biomethan, über die Aufskalierung von Vergasungs- und Syntheseanlagen für feste Biomasse bis hin zu Fragen wie Bioraffinerien ausgelegt sein müssen, um eine heterogene Rohstoffbasis effizient erschließen zu können. Als Querschnittsthema können zu allen vorgenannten Aspekten jeweils auch Forschungsfragen zur Integration von erneuerbarem Wasserstoff in diese Prozessketten adressiert werden, da in allen genannten Bereichen Schnittstellen vorhanden sind, die biogenen Kohlenstoffträger mit Wasserstoff aufzuwerten. Ausgehend davon ergeben sich dann Innovationsbedarfe in Bezug auf die Ausgestaltung der jeweils erforderlichen Wasserstoffbereitstellung und das Einfügen der Einzelprozesse, in denen der Wasserstoff eingekoppelt werden kann, in die jeweiligen Gesamtkonzepte.
- **Übergeordnete Innovationsbedarfe** ergeben sich in Bezug auf die Systemanalyse, in Bezug zur Rollendefinition der Bioenergie und einer feingliedrigen Abbildung von Bioenergie-technologien in Energiesystemmodellen, um die zukünftige Ausrichtung der Technologieentwicklung als auch der Portfolioentwicklung modellhaft abbilden zu können.

Auf der Ebene der Anlagensteuerung und Einsatzoptimierung ist es erforderlich, die stärkere Vernetzung von Bioenergieanlagen mit weiteren Technologien zur Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Energien zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang ist auch schon bei der Konzeptionierung von Versorgungskonzepten zu berücksichtigen, welche speziellen Wechselwirkungen durch die steigende Systemkomplexität zu erwarten sind. Um eine effiziente Vernetzung der verschiedenen Systemkomponenten zu erreichen, müssen Kommunikationsprotokolle als Grundlage für die Automatisierbarkeit der Anlagen standardisiert werden. Die wachsende Vernetzung und Digitalisierung führt weiterhin dazu, dass auch Aspekte zur IKT-Sicherheit kritischer Infrastrukturen an Bedeutung gewinnen.

Da die Endenergiebereitstellung bei Bioenergie-technologien in der Endanwendung sehr häufig durch Verbrennungsprozesse erfolgt, sind Emissionsminderungsmaßnahmen ein zentrales Innovationsfeld, um steigenden Anforderungen beim Emissionsschutz gerecht zu werden. Gleichzeitig muss erreicht werden, dass durch technische Innovationen und Skaleneffekte die Kosten für effektivere Emissionsminderungsmaßnahmen niedrig bleiben, damit die Bereitstellungskosten der betreffenden Technologien nicht wesentlich steigen.

Weiterhin sind am Anfang der Bereitstellungsketten auch Innovationsbedarfe für Aufbereitung, Logistik und Anbaukonzepte für biogene Einsatzstoffe Ziel weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeit, da die Bereitstellung von Endenergie an eine gesicherte Rohstoffverfügbarkeit gekoppelt ist. Dazu sind technische Ansätze zur Bergung und kosteneffizienten Logistik von Rest- und Abfallstoffströmen notwendig, die bisher auf Grund ihres saisonalen Anfalls oder heterogener räumlicher Verteilung nicht preiswürdig zu erschließen sind.

Weiterhin können verbesserte Analysemethoden und darauf aufbauende automatische Konditionierungsansätze das Spektrum der nutzbaren Rest- und Abfallstofffraktionen erweitern.

Abschließend sind auch im Bereich der Erzeugung von Energiepflanzen im Rahmen von extensiven Anbausystemen mit geringem ökologischem Fußabdruck weitere Innovationen erforderlich, damit die nachhaltig verfügbaren Flächenpotenziale ohne Einschränkung der Nahrungs- und Futtermittelproduktion nutzbar sind. Beispielgebend können hier Blümmischungen auf ökologischen Vorrangflächen oder Kurzumtriebsplantagen genannt werden, die neben der Produktion von energetisch oder stofflich nutzbaren Rohstoffen auch Ökosystemdienstleistungen erbringen können.