

# RESÜMEEPAPIER

BMWK-Forschungsnetzwerk Bioenergie

**WORKSHOP: »HEIZEN OHNE ERDGAS?«**  
**VOM 30.11.2022 | Stand Februar 2023**

**Martin Dotzauer, Ingo Hartmann**

## RESÜMEEPAPIER | WORKSHOP vom 30.11.2022 »HEIZEN OHNE ERDGAS? Regenerativ betriebene Brennstoffzellen als Unterstützung für die Wärmepumpe in Gebäuden und Quartieren?«

### Stand Februar 2023

- 2 Einleitung
- 2 **Einführungsblock**
- 3 **Grenzen der Biomassenutzung**
  - 3 Verfahren und Verfügbarkeit
  - 4 Diskussion
- 5 **Aktuelle Perspektiven für Geschäftsmodelle**
  - 5 Herausforderungen
  - 6 Diskussion
- 7 **Schlüsselfaktoren für einen gelungenen Praxistransfer**
  - 7 Von der Forschung in die Praxis
  - 8 Diskussion
- 9 **Ergebnisse der parallel durchgeführten Umfrage**
- 11 **Zusammenfassung**
- 11 **Ausblick und Handlungsempfehlungen**

### Einleitung

Den Hintergrund für das vorliegende Resümeepapier bildet der am 30.11.2022 als Onlineveranstaltung durchgeführte Workshop »Heizen ohne Erdgas: Regenerativ betriebene Brennstoffzellen als Unterstützung für die Wärmepumpe in Gebäuden und Quartieren?«, der als gemeinsames Beteiligungs- und Vernetzungsformat des Forschungsnetzwerkes Bioenergie sowie des Forschungsnetzwerkes Energiewendebauen organisiert wurde.

Der Workshop unterteilte sich in vier Blöcke, von denen der erste als Einführung in die Thematik konzipiert war und die nachfolgenden drei Blöcke thematisch fokussiert waren:

- I. Einführungsblock
- II. Biomasse als Ausgangsmaterial: Wo sind die Grenzen?
- III. Geschäftsmodelle weiterdenken: Wie gestalten wir die Reise?
- IV. Von der Forschung in die Praxis

### Einführungsblock

Im Einführungsblock der Veranstaltung boten fünf Fachvorträge einen Einstieg in die Thematik, dabei wurden wesentliche Grundsteine für die darauf aufbauenden Blöcke II bis IV gelegt.

Dr. Harry Schindler vom Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) zeigte in seinem Vortrag einen kompakten Überblick über die »Energiepolitische Situation in Deutschland und Europa«, speziell über die für die Wärmeerzeugung aus Biomasse maßgeblichen Regulierungsinstrumente

auf europäischer und nationaler Ebene. Dabei gewinnt zunehmend die Europäische Gesetzgebung an Einfluss, weil hier z.B. im Rahmen der Renewable Energy Directive (RED) bindende Vorgaben zu Nachhaltigkeitsanforderungen für Biomassen, Mindestanforderungen für THG-Minderungspotentiale oder die zukünftige Besteuerung von Energieträgern gemacht werden, welche dann zeitverzögert in nationales Recht umgesetzt werden. Exemplarisch sei hier die Diskussion zur aktuell in Arbeit befindlichen RED III genannt, in der über einen Ausschluss der energetischen Nutzung von Primärholz für Förderinstrumente wie z.B. das EEG diskutiert wird, was dann auch das heute häufig genutzte Waldrestholz betreffen würde.

Jan Richarz von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen gab einen Überblick zu den Energiebedarfen im Gebäudebestand sowie zu »Chancen und Herausforderungen des Wärmepumpenausbaus«. Als besonders prägnante Aussage betonte er, dass in Deutschland der Wärmebedarf der Ein- und Mehrfamilienhäuser vor allem durch die Baualtersklassen vor 1970 bestimmt wird und diese Gebäude damit eine Schlüsselrolle für Energieeinsparungen durch Sanierungsmaßnahmen sowie hinsichtlich der Dekarbonisierung durch die Substitution der heute noch überwiegend fossilen Wärmeversorgungssysteme in der älteren Bausubstanz einnehmen. Die in den letzten Monaten stark gestiegenen Preise für Erdgas und Heizöl sowie die verschlechterte Versorgungssicherheit durch den bislang größten Gaslieferanten Russland haben dazu beigetragen, dass im Jahr 2022 mit bis zu 230.000 neu installierten Wärmepumpen gerechnet werden kann und damit etwa die Hälfte der anvisierten Installationszahlen von 500.000 Stück pro Jahr ab 2024 schon 2022 erreicht werden könnten.

Max Fette vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) zeigte in seinem thematisch dazu passenden Vortrag, dass aus Sicht des Energiesystems der Einsatz von Wärmepumpen nur dann zu einem systemdienlichen Betrieb beitragen kann, wenn diese Anlagen mit anderen Erzeugern zu multivalenten Systemen kombiniert werden oder mit ausreichend großen Wärmespeichern gekoppelt werden. Das »Zusammenspiel von KWK-Anlagen und Wärmepumpe« müsste dann eine gewisse zeitliche Flexibilität beim Strombezug erlauben und damit die zukünftig zu erwartenden Schwankungen der Residuallast in beide Richtungen kurzfristig gut ausgleichen können.

Das von Thomas Wencker von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE) vorgestellte »Konzept integrierte Quartiersversorgung« wurde noch einmal im Themenblock zur Betrachtung von Geschäftsmodellen aufgegriffen. Ein multivalenter Ansatz unter Einbindung aller erneuerbaren Energieträger kann die Aufgaben der Quartiersversorgung füllen, diese sind Versorgungssicherheit, Resilienz, Effizienz, Klimaschutz, Ökonomie und Sozialverträglichkeit.

Zum Abschluss des ersten Einführungsblocks stellte Frank Dahlmans in seinem Vortrag über die »Brennstoffzelle ohne Erdgas« den aktuellen Entwicklungsstand für SOFC-Systeme (Solid Oxide Fuel Cells, Festoxidbrennstoffzellen) der SolydEra GmbH dar, wobei er besonders auf die Nutzbarkeit verschiedener Brennstoffe neben dem üblicherweise genutzten Wasserstoff einging.

Die Ergebnisse und Impulse aus den drei thematisch fokussierten Themenblöcken werden in den nachfolgenden Absätzen separat beschrieben und dabei jeweils die bestehenden Hemmnisse, Möglichkeiten zum Wissenstransfer und Anknüpfungspunkte für mögliche Forschungsfragen adressiert. Abschließend wird eine Zusammenfassung gegeben und Ausblicke auf die im Anschluss geplanten Aktivitäten gegeben.

## Grenzen der Biomassenutzung

### Verfahren und Verfügbarkeit

Zum Themenblock der Grenzen der Biomassenutzung wurden 3 Impulsvorträge gehalten.

Dazu hat Gebhard Waizmann vom Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik der Universität Stuttgart in seinem Vortrag das neuartige CoMBPress-Verfahren vorgestellt, für eine »Effizientere thermochemische Konversion von Biomasse zu SNG/Methan« (Synthetic Natural Gas). Mittels CoMBPress-Vergasung (Combined Methanation and Biomass Gasification via high Pressure) sollen durch verschiedene prozesstechnische Maßnahmen die Gasausbeuten deutlich erhöht werden. Die Erhöhung der Ausbeuten ist neben der verbesserten Mobilisierung der bisher ungenutzten Biomassepotentiale ein wesentlicher Optimierungsansatz, um aus dem begrenzten Biomassepotenzial einen möglichst großen Beitrag zur Bereitstellung biogener Energieträger zu erzeugen. Das CoMBPres-Verfahren setzt dabei vor allem auf hohe Temperaturen und Drücke bei der Biomassevergasung, wodurch die Reaktionsgleichgewichte zugunsten der gewünschten Zielprodukte verschoben werden können. Die Beimischung von Wasserstoff kann dabei einen zusätzlichen Effekt erzielen und das notwendige Druck- und Temperaturniveau für hohe Ausbeuten etwas absenken. Dabei bleibt aber erst einmal offen, ob diese geänderten Prozessparameter auch dazu geeignet sind, den Gesamtwirkungsgrad von Vergasungsverfahren zu verbessern, da höhere Drücke und Temperaturen sowie der Einsatz von Wasserstoff zusätzlichen energetischen Aufwand bedeuten.

Dr. Caroline Autenrieth vom Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme der Universität Stuttgart stellte einen innovativen biotechnologischen Ansatz vor, die »Herstellung von grünem H<sub>2</sub> – neue Wege mit dem Projekt RhoTech«. Dabei werden zuckerhaltige Reststoffe (z.B. Trester der Obst- und Gemüsesaftherstellung) mit Hilfe von Purpurbakterien in biogenen Wasserstoff umgewandelt. Das Verfahren ist zwar noch in der Entwicklungsphase, verspricht aber aus bisher schwierig zu nutzenden Reststoffen einen sehr hochwertigen Energieträger produzieren zu können und soll zudem potentiell weitere wertvolle Biostoffe wie Carotinoide aus dem Reststoffstrom nutzbar machen.

Karl-Friedrich Cyffka vom DBFZ adressierte als Abschluss der Impulsvorträge in diesem Themenblock die Frage »Wo liegen die Grenzen der Biomasse?« und erläuterte die aktuelle Situation der derzeitigen Nutzung von Rest- und Abfallstoffen sowie die Perspektiven für eine verstärkte zukünftige Nutzung. Als generelles Fazit hob er hervor, dass die Nutzungsoptionen für Biomasse stetig zunehmen und damit absehbar Nutzungskonkurrenzen für diese begrenzte Ressource relevanter werden. Neben einer steigenden marktgetriebenen Nachfrage spielen außerdem die zunehmenden regulatorischen Einschränkungen eine wesentliche Rolle dabei, ein realistisches Bild der insgesamt verfügbaren Mengen für die Zukunft zu skizzieren. Dabei gibt es von Seiten der EU sowie von der Deutschen Verbändelandschaft und der Politik Bestrebungen, Biomasse noch stärker als bisher in Kreisläufe zu integrieren und erst am Ende von Nutzungskaskaden eine energetische Nutzung zu priorisieren. Die schrittweise Umgestaltung der bestehenden Stoffströme soll durch eine Verlängerung der Kohlenstoffspeicherung in Produkten auch einen Beitrag zur stärkeren THG-Minderung gegenüber vergleichsweise kurzen Nutzungsketten mit hohen Anteilen der direkten energetischen Nutzung erfolgen.

## Diskussion

In der anschließenden Diskussion wurde vor allem intensiv über die aktuell in der Entwicklung befindliche Überarbeitung der Erneuerbare Energien-Richtlinie (RED) der EU debattiert und hier besonders über die Kontroverse zur Einschränkung der Nutzung von Primärholz. Da die EU unter Primärholz auch die momentan vorrangig genutzten Waldrestholzsortimente und Wurzelholz fassen möchte, wären die heute üblicherweise genutzten Holzmengen für die energetische Nutzung stark eingeschränkt. Ausnahmen von dieser Regelung für Schad- und Kalamitätsholz, das bei Schadereignissen auf Grund der anfallenden Menge oder Qualitätseinschränkungen für eine stoffliche Nutzung zum Teil nur eingeschränkt nutzbar ist, bieten hier eine gewisse Flexibilität. Da aber das Aufkommen von Schad- und Kalamitätenholz nur sporadisch, lokal begrenzt und nicht planbar anfällt, können sich allein auf dieser Ressourcenbasis keine stabilen Wertschöpfungsketten etablieren.

Dr. Autenrieth betonte in einem Plädoyer, dass für eine erfolgreiche Forschung und Entwicklungsarbeit fachübergreifende Kooperationen, zum Beispiel auch in ihrem Projekt, Biologen, Ingenieure und Verfahrenstechniker sehr hilfreich sind. Darüber hinaus kann je nach Projektausrichtung auch die Einbindung von Projektpartnern sinnvoll sein, die bestimmte Prozessschritte abdecken. Das von ihr mitentwickelte Verfahren zur Wasserstoffproduktion aus fruktosereichen Rest- und Abfallstoffen bietet außerdem den Vorteil, dass bisher nicht genutzte Stoffströme »konfliktfrei« erschlossen werden können, die zurzeit nicht anderweitig genutzt werden können.

Bei der Frage, welche Faktoren die vorgestellten Prozesse zur Nutzung von Rest- und Abfallstoffen beeinflussen können, wurden von Dr. Autenrieth keine speziellen Anforderungen für die Einsatzstoffe benannt, aber darauf verwiesen, dass die biotechnologischen Verfahren nicht auf gentechnisch veränderten Organismen basieren sollten, da ansonsten die Verwertung der Reststoffe aus dem Verfahren in der Biolandwirtschaft ausgeschlossen wäre. Das von Herr Waizmann vorgestellte Vergasungsverfahren ist wie viele thermochemische Konversionsverfahren vor allem darauf angewiesen, dass die entstehenden Aschen bei den erhöhten Prozesstemperaturen noch keine Verschlackungsneigung aufweisen und damit den Vergaser durch Ablagerungen beschädigen könnten. Herr Cyffka betonte in der Diskussion noch einmal die zunehmende Bedeutung von BECCS für die langfristige Erreichung der THG-Minderungsziele und die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die derzeitigen Nutzungspfade. Zudem verwies er noch einmal auf die anstehende Biomassestrategie der Bundesregierung, zu der es bereits ein Eckpunktepapier gibt, in dem einige Trends vorgezeichnet werden. Unter anderem wird dort eine stärkere stoffliche Biomassenutzung anvisiert, was im Grundsatz auch mit den aktuellen Debatten zur dritten Novellierung der RED auf der Europäischen Ebene korreliert. Herr Waizmann gab in diesem Zusammenhang allerdings zu bedenken, dass nicht alle Biomassen stofflich nutzbar sind und daher auch eine primäre energetische Nutzung nicht direkt ausgeschlossen werden sollte. Weiterhin wird eine Reduktion der energetischen Biomassenutzung zwangsläufig dazu führen, dass dann die Wind- und Solarstromerzeugung entsprechend gesteigert werden muss, wenn unter der Prämisse der gesteckten Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien nicht auf Importbiomasse ausgewichen werden soll. Im diesem Fall würden dann die vielmals kritisierten Umwelteffekte und Flächenbedarfe bei der Bioenergienutzung auch nur externalisiert werden.

Ergänzend zu den fachlichen Themen wurde noch einmal drauf hingewiesen, dass das öffentliche Image der Bioenergie in Deutschland häufig negativ konnotiert ist, trotz der vielfältigen Vorteile und nützlichen Beiträge der Biomassenutzung. Hierbei wurde auch angemerkt, dass die Diskussionen zum Teil nicht konsistent geführt werden, wenn gleichartige Biomassen je nach Nutzungspfad (z.B. Nahrungs- bzw. Futtermittel oder Energieträger) unterschiedlich bewertet werden. Ergänzend dazu wurde das Potenzial durch eine Reduktion der Fleischproduktion genannt, da in Deutschland ca. 60 % der landwirtschaftlichen Anbauflächen für die Futtermittelproduktion belegt sind und hier ein enormes Flächenpotential erschließbar wäre, wenn der Futtermittelbedarf durch geänderte Ernährungsgewohnheiten vermindert werden würde. Konsequenterweise müssten wie bei Biokraftstoffen auch für Futtermittel THG-Quoten dafür sorgen, dass die über die Prozessketten anfallenden Emissionen erfasst werden.

## Aktuelle Perspektiven für Geschäftsmodelle

### Herausforderungen

Der zweite Themenblock begann nach der Mittagspause mit 4 Impulsvorträgen, die Bezüge zu möglichen Geschäftsmodellen herstellten und die besonderen Herausforderungen bei der Biomassenutzung aufzeigten.

Katja Oehmichen vom DBFZ stellte die Einflussfaktoren und Effekte verschiedener Bereitstellungs-ketten für erneuerbares Methan vor. In ihrem Vortrag »Brennstoffzelle im Wärmesektor – Welche Aspekte müssen wir bei THG-Emissionen bedenken?« ging sie auf die Besonderheiten der Bereitstellung von Biomethan und der Herstellung von synthetischem Methan auf der Basis von Elektrolysewasserstoff ein. Bei der Bereitstellung von Biomethan spielen demnach insbesondere die sogenannten Vorkettenemissionen beim Anbau der Biomasse, der notwendigen Logistik sowie der Aufbereitungsverfahren eine wesentliche Rolle. Im ungünstigsten Fall kann die Treibhausgasbilanz für Biomethan bei hohen Vorkettenemissionen sogar über dem Referenzwert für Erdgas liegen. Da es aber entlang der gesamten Prozesskette vielfältige Optimierungsmöglichkeiten gibt, lassen sich im Idealfall auch deutliche THG-Einsparungen gegenüber Erdgas erzielen. Bei der Methanherstellung auf Basis von Elektrolysewasserstoff fällt besonders die Emissionsintensität des eingesetzten Stroms ins Gewicht. So kann ungefähr erst ab einem Anteil von 90 % erneuerbaren Strom davon ausgegangen werden, dass auf diese Weise hergestelltes Methan einen ebenso geringen Carbon-Footprint wie Biomethan unter optimalen Bedingungen aufweist.

Kathrin Bienert stellte aus Sicht der VNG AG die »Investorenperspektive im Projekt BioHydroGen« vor und ging dabei zu Beginn ihres Vortrages auch auf die vielen anderen Aktivitäten der VNG mit Bezug zur Wasserstoffherstellung und -distribution ein. Das im Detail vorgestellte Projekt BioHydroGen arbeitet an der Entwicklung eines Wasserstoffgenerators für Biogas, um diesen auch als Alternative zur Biomethanaufbereitung so weit zu entwickeln, dass kleinere Anlagen damit dezentral Wasserstoff erzeugen können, wenn es dafür eine passende Anwendung wie zum Beispiel brennstoffzellenbetriebene Überlandbusse gibt.

Mit einem besonderen Fokus auf lokale Energiemärkte, die auch ein zentrales Element der sogenannten Quartierskonzepte darstellen, stellte Joel Schölzel vom E.ON Energy Research Center der RWTH Aachen die »Herausforderungen und Chancen bei der Integration von Wärmepumpen mit anderen Systemen« vor. Aus technischer Sicht hob Herr Schölzel hervor, dass in Ergänzung zum

alleinigen Einsatz von Wärmepumpen durch kleine KWK-Systeme die Spitzenlast im Quartiersbetrieb deutlich gesenkt werden kann und damit zukünftig auch der Strombezug in Hochpreiszeiten reduziert werden kann. In Bezug auf die Einbettung solcher Hybridsysteme in passende Geschäftsmodelle wurde zwar herausgestellt, dass im Rahmen der RED inzwischen die europarechtlichen Rahmenbedingungen für Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften geschaffen wurden, diese aber in Deutschland noch nicht in entsprechendes nationales Recht umgesetzt wurden. In der Folge fehlt derzeit noch ein passender rechtlicher Rahmen und ein darauf aufbauendes Marktdesign für lokale Energiemärkte, um den kleinteiligen Energiehandel zwischen Prosumern (Verbraucher, der zugleich Erzeuger ist, engl.: producer & consumer) auch rechtssicher zu ermöglichen.

Thomas Wencker von der ASUE zeigte auch mit Bezug zu seinem Vortrag über integrierte Quartiersversorgung Vortrag im ersten Themenblock die »Abwägungsgrundlagen bei der Entwicklung von Quartierslösungen« auf. Neben den bislang vor allem im Vordergrund stehenden ökonomischen Anforderungen für erneuerbare Versorgungskonzepte im Bereich der Wärmeversorgung stehen bei der integrierten Quartiersversorgung vor allem vor dem Hintergrund der Lieferengpässe beim Erdgas auch verstärkt Fragen der Versorgungssicherheit und allgemein der Resilienz gegenüber unvorhersehbaren Ereignissen im Fokus.

## Diskussion

In der anschließenden Diskussion wurden offene Fragen bzw. kontroverse Punkte aus den Vorträgen nochmals aufgegriffen. So wurde erneut darauf hingewiesen, dass voraussichtlich im Jahr 2022 230.000 Wärmepumpen installiert werden. Für einen weiteren Markthochlauf könnten vor allem der schnelle Ausbau der Produktionskapazitäten bei den Herstellern und Personalengpässe bei den Installationsbetrieben potentielle Hemmnisse darstellen.

Die begriffliche Eingrenzung der integrierten Quartiersversorgung wurde auf Nachfrage von Herr Wencker vor allem durch eine physische Vernetzung von mehreren Verbrauchern und Erzeugern in räumlicher Nähe bestimmt. Eine integrierte Quartiersversorgung kann die Resilienz und Versorgungssicherheit erhöhen und im Betrieb Kosten einsparen, demgegenüber weisen integrierte Quartierskonzepte aber einen höheren Planungs- und Investitionsaufwand auf. Ob in einem Quartier also eine integrierte Versorgung von Vorteil ist, hängt vor allem davon ab, wie hoch die möglichen Synergieeffekte einer integrierten Versorgung sind und ob diese den entsprechenden Mehraufwand überkompensieren.

Eine mögliche Alternative zur Installation vollkommen neuer Quartierskonzepte mit hohen Kosten kann auch die schrittweise Ergänzung bestehender Systemkomponenten hin zu integrierten Systemen darstellen. Beispielsweise können bestehende KWK-Anlagen um Wärmepumpen ergänzt werden und so ein schrittweiser Übergang ohne Systembrüche gestaltet werden. Dazu wurde eingewandt, dass bei der schrittweisen Umrüstung auch Probleme durch fehlende Interoperabilität und eine nicht perfekte Auslegung der Komponenten dagegen sprechen können, den Bestand kleinschrittig anzupassen. Von Beginn an integriert geplante Konzepte und Anlagen haben häufig den Vorteil, dass die Komponenten dann in Bezug auf Auslegung und gemeinsame Bewirtschaftung optimal aufeinander abgestimmt sind.

In technischer Hinsicht wurde noch einmal die Bedeutung von Wärmespeichern hervorgehoben, die als Bindeglied und zur zeitlichen Entkopplung unterschiedlicher Anlagenkomponenten eine Schlüsselrolle übernehmen, wobei auch die thermische Trägheit der Gebäudehülle sich durch geeignete Steuerungsmaßnahmen in begrenztem Umfang nutzen lässt.

Zum Thema der Nachhaltigkeitsbewertung von Energieträgern und Konversionstechnologien gab es den Konsens, dass der Erfassung von THG-Emissionen bzw. den erreichten Minderungspotentialen eine wachsende Bedeutung zukommt. In diesem Kontext gewinnen auch Zertifizierungs- und Verifikationssysteme an Bedeutung, mit denen die Lebenszyklusemissionen von Energieträgern transparent ermittelt und manipulationssicher nachgewiesen werden können.

Eine eher übergeordnete Diskussionsrichtung ergab sich dann aus verschiedenen Grundsatzfragen zu den in Deutschland erreichbaren Ausbaumengen für Wind- und Solarenergie und den dafür notwendigen Energieinfrastrukturen, gegen die es immer wieder Vorbehalte in der Bevölkerung gibt. Neben dem Aspekt des Ausbaus ausreichend erneuerbarer Erzeugungskapazitäten wurde auch gefordert, das Thema Suffizienz stärker mitzudenken. Dass dafür aber ein grundlegender Mentalitätswechsel erforderlich ist, da »Verzichtsdiskussionen« bei vielen Menschen ansonsten Verlustängste provozieren, wurde ebenso ergänzt wie der Hinweis auf den viel zu hohen pro-Kopf-Verbrauch für eine nachhaltige erneuerbare Energieversorgung im globalen Maßstab. Hier wurden auch Verknüpfungen zur sogenannten Degrowth-Debatte hergestellt und die grundsätzliche Herausforderung beschrieben, dass die gesamte Volkswirtschaft in der heutigen Form ohne Wachstum schlecht funktionieren würde.

## Schlüsselfaktoren für einen gelungenen Praxistransfer

### Von der Forschung in die Praxis

Im abschließenden Themenblock über den gelungenen Transfer von Ergebnissen und Know-how von der Forschung in die Praxis wurden aktuelle Herausforderungen und mögliche Strategien für einen erfolgreichen Übergang in praktische Anwendungen dargestellt und diskutiert.

Karen Deprie vom DBFZ betitelte ihren Vortrag mit der Überschrift: »Wissenstransfer, oder: Wie kommt die Lösung zum Problem?«. Sie ging zunächst darauf ein, dass es neben der reinen Übermittlung von Wissen häufig auch darum geht, dass unterschiedliche Akteure in einen produktiven Austausch kommen und in der Regel auf Seiten der Wissensgebenden ein einseitiges Transferverständnis vorliegt und es oft an Verständnis für die Wissensnehmenden mangelt. Die Informationsempfängenden sehen sich beim Wissenstransfer häufig einer Informationsflut ausgesetzt und erhalten dann häufig nicht die für eine Verwertung relevanten Informationen. Anhand mehrerer Projektbeispiele zeigte Frau Deprie anschließend unterschiedliche Transferstrategien und an einem ausgewählten Projektbeispiel, dass es explizite Forschungsprojekte für den Wissenstransfer in die Praxis gibt. Im Projekt zirkulierBAR (Interkommunale Akzeptanz für nachhaltige Wertschöpfung aus sanitären Nebenstoffströmen) wurde dazu das Format eines Reallabors genutzt, um sehr unterschiedliche Akteure in einem gemeinsamen Projekt zusammen zu bringen und den Wissenstransfer durch direkte Interaktionen zwischen »«Sendenden« und »Empfängenden« zu ermöglichen. Dadurch konnte über einen Zeitraum von 3 Jahren auch eine gemeinsame Sprache und damit ein gemeinsames Verständnis der praktischen Problemstellungen entwickelt werden.



Mit ihrem Vortrag »Investorenperspektive KMU/Start-up: Was fehlt in der Förderung?« stellte Dr. Maria Fulde die besonderen Herausforderungen für kleine und mittelständische Unternehmen dar, da sie zusammen mit zwei Partnern gerade in dem Unternehmen FLD Technologies GmbH am Übergang vom Start up zum Markteintritt arbeitet. Die größte Hürde aus Dr. Fuldens Sicht ist dabei vor allem die in Deutschland deutlich konservative Investitionslandschaft. Die FLD Technologies hat bislang die Verfahrensentwicklung für ein Pyrolyseverfahren durch Eigenkapital finanziert, bei dem elementarer Kohlenstoff und Wasserstoff entsteht. Die Aufwendungen für die Pilotanlage wurden durch Fördermittel unterstützt und Investoren für die Demonstrationsanlage gefunden. An diesem Punkt gestaltet sich der Markteintritt und die weitere Skalierung der Technologie schwierig, da die üblichen Förderkulissen nach der Technologiedemonstration oft nicht mehr greifen und potentielle Kunden häufig das Risiko scheuen, in eine noch junge Technologie im großen Maßstab einzusteigen.

Der abschließende Vortrag im vierten Themenblock wurde von Jochen Sautter von der Blue Energy Group AG beigesteuert und trug den Titel »Economies of Scale – Eine Investorenperspektive«. Die Blue Energy Group entwickelt, realisiert und betreibt Anlagen zur Energiegewinnung und Brennstoffaufbereitung auf regenerativer Basis. Kernprodukte sind pelletierte Brennstoffe und ein auf diese Pellets abgestimmter Vergaser. Der Bezug zu den ökonomischen Skaleneffekten umfasst dabei verschiedene Überlegungen, die zunächst darauf konzentriert sind, dass das jeweilige Produkt auch möglichst langfristig nachgefragt wird. Für die Rentabilität von Projekten ist vor allem die Anlagengröße ein entscheidender Faktor, da für eine hohe Auslastung und entsprechend niedrige Stückkosten zum einen eine möglichst hohe lokale Nachfrage und zum anderen eine gute Verfügbarkeit der eingesetzten Rohstoffe gegeben sein sollte. Für niedrige Stückkosten ist eine genaue Aufschlüsselung der fixen und variablen Kosten des betreffenden Prozesses wichtig, um innerbetriebliche Optimierungspotentiale zu identifizieren und idealerweise auch auszuschöpfen. Darüber hinaus ist es aus strategischer Sicht wichtig, einseitige Abhängigkeiten in den Bereichen Rohstoffeinkauf, Energieversorgung und Produktabsatz zu vermeiden oder zu managen. An einem konkreten Projektbeispiel wurde außerdem verdeutlicht, dass für langfristige Planungen auch Risikoszenarien berücksichtigt werden sollten, da unvorhergesehene Entwicklungen die Profitabilität erheblich beeinflussen können. Je nach Projektart sollte geprüft werden, ob durch eine Steigerung des Umsatzes und Reduktion der Fixkosten trotz steigender Kosten für Vorprodukte, Lohn und Energie die Stückkosten soweit reduziert werden können, dass dadurch trotzdem ein konkurrenzfähiges Produkt erzeugt wird, mit dem sich auch Gewinn erwirtschaften lässt.

## Diskussion

Auch in der Diskussion über den gelungenen Praxistransfer wurde noch einmal die Schaffung einer Akzeptanz für neue Verfahren oder Projekte hervorgehoben, da die gesellschaftlichen Ansprüche und die Sensibilität für akzeptanzrelevante Aspekte gestiegen sind. Diese nicht-technischen Herausforderungen beim Praxistransfer betreffen vor allem die verständliche Vermittlung darüber, wie die genutzten Technologien funktionieren, welche individuellen Risiken damit verbunden sind und welche Maßnahmen zu Risikominimierung bereits konzeptionell erfasst werden.

Trotz guter Planung und der frühzeitigen Einbeziehung von Stakeholdern sollten Projektierende sich auf machbare Ziele und Aufgaben konzentrieren und gleichzeitig Flexibilität für sich ändernde Rahmenbedingungen haben, da der Transformationsprozess der Energiewende trotz politischer Leitplanken nicht perfekt planbar ist und sich durch die meisten betroffenen Sektoren und gesellschaftlichen Akteuren sehr breite und komplexe Umwälzungen ergeben, die das gesamte Marktumfeld für Geschäftsaktivitäten im Energiebereich betreffen.

In Bezug auf öffentlich geförderte Forschungsaktivitäten wurde kritisiert, dass die zeitlichen Planungsvorläufe und auch die Durchführung selber häufig zu lange dauern und damit die Aktualität der zu beforschenden Themen schon wieder abgenommen haben kann, wenn dann praxisrelevante Ergebnisse erarbeitet worden sind. Zudem müssen auch Wissenschaftseinrichtungen viel Zeit und Personalressourcen für die Projektakquise investieren, was dann zu Lasten der eigentlichen Forschungsaktivitäten gehen kann. Aber auch die Bearbeitungszeiträume für Genehmigungsverfahren können für die Umsetzung von Projekten problematisch sein, da viele Behörden mit neuartigen Anlagenkonzepten häufig stark gefordert sind und nicht auf Erfahrungswerte für standardisierte Genehmigungsverfahren zurückgreifen können.

Beim Praxistransfer wäre es außerdem häufig sinnvoll, dass sich Wissenschaftler und Ingenieure juristische Unterstützung suchen, da die formalen Herausforderungen in der Wirtschaft grundsätzlich andere als im Wissenschaftsumfeld sind und hierbei häufig unterschätzt wird, dass trotz guter fachlicher Ideen die Umsetzung an juristischen Fallstricken gerade im Umgang mit Mitbewerbern scheitern kann.

Durch einige KMU wurde angemerkt, dass ihnen im Rahmen der Antragsberatung nahegelegt wurde, Universitäten in das Projektkonsortium mit einzubeziehen. Im Rahmen der gemeinsamen Projektbearbeitung gäbe es jedoch Zielkonflikte, da KMU in der Regel eine wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse durch einen Wissensvorsprung gegenüber Mitbewerbern oder Patenten anstreben. Wissenschaftliche Einrichtungen sind zum einen formal daran gebunden, ihre Ergebnisse zu publizieren und auch selbst daran interessiert, Projektergebnisse zu publizieren. Es gibt hier also einen grundlegenden Zielkonflikt zwischen den Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft. Diese Problematik sollte sich daher auch bei der Formulierung von Nebenbedingungen von Förderbescheiden und dem in Projektanträgen obligatorischen Verwertungsplänen berücksichtigt werden. Im Idealfall können im Verwertungsplan die verschiedenen Ansprüche zur Verwertung der zu erwartenden Ergebnisse in Einklang gebracht werden, so dass die beteiligten KMU ihre wirtschaftlichen Interessen gewahrt sehen und die wissenschaftlichen Einrichtungen auch ihrem Anspruch nach wissenschaftlichen Publikationen nachkommen können. Eine Möglichkeit zur Entschärfung der Zielkonflikte könnten auch zeitlich gestaffelte Verwertungsstrategien sein, bei der zuerst die KMU ihren Wissensvorsprung nutzen und die ohnehin zeitaufwändigeren Publikationsaktivitäten der Wissenschaft zeitverzögert umgesetzt werden.

## Ergebnisse der parallel durchgeführten Umfrage

Parallel zum Workshop wurde eine Online-Umfrage mittels LimeSurvey durchgeführt. Die Umfrage wurde während des Workshops intensiv beworben und blieb auch im Nachgang noch für 10 Tage erreichbar. Trotz des mehrmaligen Hinweisens auf die Befragung konnten insgesamt nur zehn weitgehend ausgefüllte Rückläufe generiert werden, ein Großteil der angefangenen Umfragen wurde sehr zeitig abgebrochen. Die Umfrage umfasste vier offene Fragen, für die die verfügbaren Antworten im Folgenden sinngemäß aggregiert werden.

- **Frage 1: Wie beurteilen Sie das Format des Workshops? (Was hat Ihnen besonders gut gefallen, an welcher Stelle besteht Verbesserungsbedarf?)**

*Insgesamt ziehen die Teilnehmer (TN), die an der Umfrage teilgenommen haben, ein positives Fazit der Veranstaltung. Insbesondere hervorgehoben werden dabei die thematisch sehr interessanten Beiträge der verschiedenen Referenten und die großzügig bemessenen Diskussionsblöcke, die ausreichend Raum für Rückfragen und den fachlichen Austausch gaben. In Bezug auf das rein online ausgerichtete Veranstaltungsformat hoben einige TN hervor, dass die Hürden zur Teilnahme damit gesenkt werden und damit ein größerer Kreis an Interessierten erreicht werden kann. Andererseits bieten Präsenzveranstaltungen noch bessere Möglichkeiten zum persönlichen Austausch. Die Möglichkeit, parallel zur Diskussion das Whiteboard als Wissensspeicher zu nutzen, wurde lobend hervorgehoben. Verbesserungsvorschläge betrafen die Punkte zur Audioqualität, der nicht weiter spezifizierten besseren Eignung von Zoom oder Teams gegenüber dem im Workshop genutzten WebEx sowie der Vorschlag, dass alle Referenten den Präsentationsmodus im PowerPoint vorab praktisch ausprobieren, weil es damit punktuelle Schwierigkeiten gab.*

- **Frage 2: Welche politischen Rahmenbedingungen gewährleisten die benötigte Planungssicherheit für langfristig angelegte Investitionen in erneuerbare Wärme?**

*Die Antworten auf diese Frage umfassten einige allgemeinere Punkte und hier vor allem die nach Einschätzung der TN zurzeit als ungenügend eingeschätzte Kontinuität der politischen Rahmenbedingungen, die dann das Vertrauen in einen verlässlichen Regulierungsrahmen unterminieren und betriebswirtschaftliche Entscheidungen schwerer kalkulierbar machen. Auch die immer weiter gewachsene Komplexität und zum Teil widerstreitende Stoßrichtungen verschiedener Steuerungsinstrumente werden moniert.*

*Als wünschenswerte Regelungen werden eine planbare, aber kontinuierliche Verteuerung fossiler Energieträger z.B. über eine progressive CO<sub>2</sub>-Besteuerung genannt. Die Vereinfachung von Planungs- und Genehmigungsverfahren und der Abbau von weiteren rechtlichen Hemmnissen wird in diesem Zusammenhang ebenfalls genannt. Förderprogramme werden auch genannt, aber in Bezug auf den Workshop explizit nur BEW, KfW 432 und das NIK-Programm.*

*Eine Antwort auf diese Frage vermutet bei den politischen Akteuren darüber hinaus noch ein mangelndes Bewusstsein für die den aktuellen und zukünftig möglichen Beitrag der Bioenergie gerade vor den derzeitigen Herausforderungen, die die ambitionierten Energiewendeziele zusammen mit der geänderten Marktsituation für Erdgas mit sich bringt.*

- **Frage 3: Welche Akteure sollten zukünftig einbezogen werden, um neue Geschäftsmodelle für die Umsetzung der Energiewende zu entwickeln?**

*Als Antworten auf diese Fragen geben die TN der Umfrage sehr viele verschiedene Akteure an, wie z.B. Projektentwickler, Technologielieferanten, kommunale Entscheidungsträger, Energienetzbetreiber, Bürger, Mitarbeiter aus Ministerien, Handwerker, Immobilienbesitzer, NGO, Anlagenbetreiber, Planungs-*

büros, Stadtwerke und Bildungseinrichtungen. Zum Teil werden an die Einbeziehung einzelner Akteure auch konkrete Erwartungen geknüpft. So soll die Einbeziehung lokaler Behörden, Anwohner oder Vertreter von Kommunalunternehmen darauf abzielen, die Akzeptanz von Erneuerbaren-Energie-Projekten in den Regionen zu fördern, in denen die Anlagen dann errichtet werden, da eine zunehmende Aversion gegenüber dem Neubau von EE-Anlagen oder Zielkonflikte zwischen Artenschutz und Energiewende schon heute viele Projekte verzögert oder verhindert und die Widerstände mit dem weiteren Ausbau noch wachsen könnten. Ein Freitexteintrag beschäftigt sich damit, wie »eingefahrene« Verhaltensmuster überwunden werden können und vor allem in Politik und Verwaltung eine restriktive Auslegung von Verwaltungs- oder Genehmigungsvorgaben Projekte ebenfalls erheblich ausbremsen können.

- **Frage 4: Was ist aus Ihrer Sicht hauptsächlich erforderlich, um den Markttransfer neuer Technologien zu beschleunigen?**

Die Antworten auf diese Fragen überschneiden sich zum Teil mit denen für die Fragen 1 bis 3, wobei insbesondere wieder langfristig politische Rahmenbedingungen, Förderprogramme und der Abbau von genehmigungsrechtlichen Hürden genannt wird. Darüber hinaus werden auch noch das explizite Verbot fossiler Heiztechnologien als effektive Maßnahme zur Besserstellung erneuerbarer Technologien genannt. Ergänzend dazu werden auch investive Förderinstrumente oder staatliche Kreditvergaben genannt, um den Markthochlauf gezielt zu unterstützen. Weiterhin werden Schulungen für Handwerks- und Installationsbetriebe gefordert, die einerseits schon quantitativ mit Personalmangel zu kämpfen haben und darüber hinaus auch mit der zunehmenden Komplexität erneuerbarer Heizsysteme auch qualitativ einen großen Nachholbedarf für Ihre Angestellten sehen. Eine Antwort erwähnt auch ausdrücklich eine zielgerichtete Forschung zur Weiterentwicklung bestehender Technologien hin zu einer schnelleren Marktreife, die dann eine schnelle und preiswerte Verfügbarkeit für die Marktteilnehmer ermöglichen soll.

## Zusammenfassung

Der Workshop kann insgesamt als sehr gelungene Veranstaltung bewertet werden. Diese Einschätzung lässt sich auch an der hohen Teilnehmendenzahl (95 TN in der Spitze) ablesen, die bis zum Schluss der Veranstaltung noch auf einem sehr guten Niveau (60 TN zum Beginn des vierten Themenblocks) lag. Die gute Resonanz war für die Durchführung des Workshops im Onlineformat aber auch eine große Herausforderung, da alle teilnehmenden Personen kontinuierlich nur einen virtuellen Konferenzraum genutzt haben. Da alle Diskutanten sehr bewusst von ihrem Rederecht Gebrauch machten, konnten die drei Diskussionsblöcke sehr strukturiert bearbeitet und damit die gewünschte Interaktion zwischen verschiedenen Akteuren ermöglicht werden.

Auf der inhaltlichen Ebene bot das Vortragsprogramm eine breite Themenpalette, die sehr gut das übergeordnete Thema »Heizen ohne Erdgas« aufgriff und dabei sowohl einen Überblick zum derzeitigen Wärme- bzw. Erdgasbedarf lieferte als auch die möglichen erneuerbaren Lösungsansätze im Zusammenspiel von Wärmepumpe und Brennstoffzellen aufzeigte. Die Vortragenden und das Publikum waren sich dabei aber nicht vollständig einig darüber, ob gerade für kleinere Versorgungsaufgaben wie Ein- und Zweifamilienhäuser Hybridsysteme aus Wärmepumpe und Brennstoffzelle Vorteile gegenüber monovalenten Systemen aufweisen. Große Einigkeit herrschte allerdings darüber, dass gerade in netzgebundenen Versorgungssystemen (Nah- und Fernwärmenetze) multivalente Systeme große Synergiepotentiale bergen. Beim Einsatz von multivalenten Systemen ergeben sich allerdings noch eine Reihe von offenen Fragen, welche die technische Optimierung der verschiedenen Komponenten betreffen und wofür weiterhin optimale Betriebsstrategien entwickelt werden müssen. Als insgesamt sehr bedeutsam wurde die Schaffung bzw. langfristige

Etablierung stabiler und verlässlicher regulatorischer Rahmenbedingungen eingeschätzt, da schon auf der Ebene der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Regel das spätere Einsatzumfeld mitbetrachtet wird und es für eine erfolgreiche Umsetzung in die Praxis in der Regel eher hinderlich ist, wenn sich relevante Gesetze und Verordnungen in kürzeren Zyklen ändern und damit auch immer jeweils Anpassungen der jeweiligen Technologie bzw. deren Einsatzoptionen nach sich ziehen.

Ganz konkret können brennstoffbetriebene Anlagen zur (Strom- und) Wärmeerzeugung in der anstehenden Transformationsphase einen Beitrag dazu leisten, einen schnellen Übergang zu einer erneuerbaren Wärmeversorgung zu unterstützen. Vor allem vor dem Hintergrund, dass der Markthochlauf bei der Herstellung und Installation von Wärmepumpen sehr ambitioniert ist, scheint diese Technologie derzeit vielversprechend zu sein.

### Ausblick und Handlungsempfehlungen

Die hohen Anmeldungs- und Teilnehmendenzahlen zum Perspektivworkshop zeugen vom starken Interesse an neuen Technologien und Geschäftsmodellen auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien. Ähnliche Formate zum schnellen und informellen Austausch über neue Anwendungen oder Anwendungsmöglichkeiten können auch in Zukunft Personen aus unterschiedlichen Gebieten zusammenbringen, die sonst kaum oder nicht in Kontakt gekommen wären. Dies gilt nicht nur für spezielle Formate wie Workshops, sondern kann auch bei der Organisation der 11. Statuskonferenz des Forschungsnetzwerks Bioenergie zum Tragen kommen. Außerdem sollte das Themenfeld Markttransfer ein Schwerpunkt auf der Statuskonferenz bilden, um die Übertragung von Forschungsergebnissen in praktische Anwendungen mit einer Stärkung des Beitrags der Energie aus Biomasse zur Energiewende zu unterstützen.

Zu folgenden Punkten können als Ergebnis des Workshops Handlungsempfehlungen formuliert werden, um die Wärmewende mit neuen Technologien wie die diskutierte Hybridlösung aus regenerativ betriebener Brennstoffzelle und Wärmepumpe voranzutreiben:

Erhöhter und beschleunigter Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu Wasserstofftechnologien: Aus technologischer Sicht ist zu vermuten, dass durch die disruptiven Veränderungen auf den Energiemärkten Wasserstoff schneller als bisher erwartet einen Weg in praktische Anwendungen findet und hier deshalb auch forschungsseitig die damit absehbaren Herausforderungen früher adressiert werden sollten.

Dies gilt mit Bezug auf die energetische Nutzung von Biomasse dabei nicht nur für Prozesse und Anwendungen, die ausschließlich auf Wasserstoff setzen, sondern gerade für solche Verfahren, die eine **Schnittstellenfunktion zwischen Wasserstoff und anderen Stoff- und Energieströmen** darstellen. Dazu werden häufig zwei Beispiele diskutiert, bei denen eine Wasserstoffeinkopplung sehr naheliegend wäre. Zum einen sind das Biogaserzeugungs- und Vergasungsprozesse, wie auch im Beitrag von Herr Waizmann dargestellt, bei denen stöchiometrisch überschüssiger Kohlenstoff mit Hilfe von zusätzlich eingesetztem Wasserstoff die Produktausbeute und Kohlenstoffeffizienz erhöht. Zum anderen sind hier alle Verfahren, bei denen – wie bei der Biomethanaufbereitung – bereits hochreines CO<sub>2</sub> anfällt, ideale Technologieplattformen. Hier kann Wasserstoff zu synthetischen Kohlenwasserstoffen veredelt werden und eine bereits bestehende erneuerbare Kohlenstoffquelle genutzt werden. Darüber hinaus ist es naheliegend, neben den vermuteten Synergieeffekten auch verstärkt die **Konkurrenzfähigkeit von Bioenergieträgern und Wasserstoff** in zukünftigen Anwendungsfeldern zu untersuchen. Beide Energieträger besitzen ein ähnliches Anwendungspotential. Hier kommt es darauf an, welche der beiden Optionen für eine bestimmte Anwendung in Bezug

auf die verfügbaren Potentiale und zu erwartenden Preise jeweils die bessere Wahl darstellen. Regulatorischer Rahmen sollte stabil und verlässlich formuliert werden, um die Entwicklung neuer Technologien flexibel und planbar zu ermöglichen.

Im Hinblick auf den regulatorischen Rahmen sind mittelfristig besonders die in den Diskussionen genannten Gesetzespakete im Zusammenhang mit der RED III, dem EEG, GEG, EnEG sowie den einschlägigen Verordnungen zum Einsatz von Brennstoffen mit möglichen Emissionsrisiken (BImSchV) relevant. Grundsätzlich sollte auch geprüft werden, wo die **Regulierungsdichte** reduziert werden kann und noch bestehende Förderinstrumente für fossile Brenn- und Kraftstoffe ausgesetzt werden können, um keine falschen Anreize zu setzen und die Bemühungen zur Verteuerung fossiler Energieträger dadurch aufzuweichen. Zur **Minderung von THG-Emissionen** müssen für alle Prozessschritte Lebenszyklusemissionen von Energieträgern ermittelbar und **zertifizierbar** werden. Die Akteure im Forschungs- und Entwicklungsumfeld wünschen sich insbesondere die **Etablierung langfristiger gültiger regulatorischer Rahmenbedingungen**, um neue Technologien erfolgreich in wirtschaftliche Geschäftsmodelle zu überführen.

Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sollten Projektkonsortien aus Wirtschaft und Wissenschaft vereinen, um durch fachübergreifende Kooperationen einzelne Prozessschritte mit hoher Expertise bearbeiten zu können.

Unter Umständen ist auch die **Einbeziehung von weiteren Akteuren** wie beispielsweise Kommunalverwaltungen, Technologielieferanten oder Netzbetreibern von Anfang an ratsam. Gerade für den Markttransfer neuer Technologien ist **juristische Unterstützung** von Vorteil. Möglichen Zielkonflikten bei der **Verwertung der Ergebnisse** kann durch vorab festgelegte Verwertungspläne begegnet werden.

Gegen den Fachkräftemangel kann mit einer Kombination aus Bedarfsermittlung, Ausbildung, Standardisierung und Wissenstransfer zu Genehmigungsstellen vorgegangen werden.

Dem sich abzeichnenden Fachkräftemangel kann u.a. mit einer bedarfsgerechten **Planung und Priorisierung der Ausbildungsgänge** sowie der **Entwicklung einfach zu installierender Systeme** begegnet werden. **Wissenstransfer** von der Forschung, z.B. in Form von Weiterbildungen, zu den verschiedenen Installationsgewerken sowie Stakeholdern in den Bereichen Verwaltung und Genehmigung kann helfen, das nötige Fachwissen aufzubauen. Mit diesem »capacity building« ist eine schnellere Beseitigung der Umsetzungshemmnisse für die Energiewende möglich. Darüber hinaus ist die **Wartung und Instandhaltung von bereits installierten und zukünftigen Systemen** mitzudenken, auch hierfür werden ausgebildete Fachkräfte wie Kältetechniker benötigt.

# Impressum

## Koordination:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Telefon: +49 (0)341 2434-554 | Telefax: +49 (0)341 2434-133

E-Mail: [begleitforschung@dbfz.de](mailto:begleitforschung@dbfz.de) | [www.energetische-biomassenutzung.de](http://www.energetische-biomassenutzung.de)

DOI: 10.48480/tj2x-c881

## Herausgebende

Prof. Daniela Thrän | [daniela.thaen@dbfz.de](mailto:daniela.thaen@dbfz.de)

## Redaktion DBFZ

Tina Händler, Anna Flora Schade, Dr. Vera Tens

## Layout, Satz & Grafiken

Joshua Röbisch

## Autoren

Martin Dotzauer, Prof. Ingo Hartmann

## Förderung

Erstellt mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger



Begleitforschung



Beteiligung

