

## Energetische Nutzung von Biomasse

# Zehn Meilensteine für eine nachhaltige Bioenergiestrategie in Deutschland

Die Transformation des Energiesystems von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern ist ein erklärtes politisches Ziel. Aus dieser Absichtserklärung ergibt sich die Frage der konkreten Umsetzung. Welche Rolle kann dabei die Bioenergie übernehmen?

Von Diana Pfeiffer, Bianca Stur, Jens Ponitka, Oliver Arendt und Daniela Thrän

Im Hinblick auf die Energiewende ist es erklärter Konsens, dass eine erfolgreiche Transformation nur im Zusammenspiel aller regenerativen Energien gelingen kann. Bioenergie übernimmt dabei vor allem die Rolle, Lücken in der Energieversorgung zu füllen, die durch alternative erneuerbare Energien nicht geschlossen werden können. Der große Vorteil von Energie aus Biomasse liegt hier klar in ihrer vielseitigen Anwendbarkeit. So kann Biomasse für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen genutzt werden. Ein entscheidender Mehrwert gegenüber und eine gute Ergänzung zu Energien aus Wind und Sonne sind, dass Biomasse speicherbar und damit rund um die Uhr verfügbar und bedarfsgerecht anwendbar ist. Diesen positiven Argumenten zum Trotz muss sich die Bioenergie jedoch auch dem politischen und gesellschaftlichen Konsens stellen, dass die benötigte Biomasse nicht in Konkurrenz zum zu erwartenden steigenden Bedarf an Nahrungs- und Futtermitteln wie auch für stoffliche Nutzung stehen darf und negative Auswirkungen auf Boden, Biodiversität und Landnutzung zu vermeiden sind. Um diesen Spagat zu bewältigen, müssen Technologieentwicklung und innovative Konzepte für eine von Nachhaltigkeit und Effizienz geprägte Bioenergiestrategie Hand in Hand gehen.

Vor dem Hintergrund, sich diesen dringlichen Herausforderungen zu stellen, unterstützte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ das Vorhaben „Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen nachhaltigen Bioenergiestrategie – Meilensteine 2030“. Ziel des mit acht Forschungseinrichtungen beteiligten und vom Deutschen Biomasseforschungszentrum koordinierten Verbundprojektes war es, mithilfe eines neuartigen Modellkonzeptes, Handlungsempfehlungen für die Vorbereitung einer möglichst nachhaltigen Bioenergiestrategie zu erarbeiten. Die Strategie sollte dabei den Markteintritt neuer, umwelt- und kosteneffi-

zienter Technologien unterstützen und Rahmenbedingungen auf den sich entwickelnden Märkten für eine nachhaltige Bereitstellung und Nutzung von Bioenergie schaffen.

## Auf die Annahmen kommt es an

Zu Beginn der gut zweijährigen Forschungsarbeit wurden aus verschiedenen großen Zukunftsanalysen sowohl globale als auch nationale Grundannahmen übernommen, die den Rahmen des weiteren Vorgehens bildeten. Hierzu gehören zum einen eher generelle Annahmen wie Bevölkerungsentwicklung und Wirtschaftswachstum, zum anderen aber auch Erwartungen an die Energieversorgung wie die globale Entwicklung hin zu einer stärker regenerativ basierten Energieversorgung mit zunehmenden Teilen an lignozellulosebasierten Biokraftstoffen, die Preisentwicklung von fossilen Kraftstoffen, die Weiterentwicklung von Umweltstandards in Deutschland und der EU (zum Beispiel Emissionsgrenzwerte, Nachhaltigkeitsstandards für Kraftstoffe, sowie Biodiversitätskonvention) und die Beibehaltung des CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandels mit steigenden Zertifikatpreisen.

Vor dem Hintergrund der ebenso rasanten Entwicklungen im Bereich der regenerativen, nicht biogenen Energietechnologien und Energieträger schien es ein grundlegend sinnvolles Ziel, Handlungsempfehlungen für Bioenergiestrategien zu entwickeln, die geringe Pfadabhängigkeiten aufweisen und Technologiekonzepte berücksichtigen, die sowohl im Strom- und Wärmebereich als auch im Kraftstoffsektor genutzt werden können.

## Zusammenspiel von Modellen

Um herauszufinden, welche Bereitstellungspfade für Bioenergie, also Strom beziehungsweise Wärme sowie Kraftstoffe, sich unter welchen Bedingungen zukünftig entwickeln und welchen Einfluss diese Entwicklung auf die Landnutzung, auf die Umwelt, auf regionale Perspektiven und weitere Nachhaltigkeitsaspekte hat, wurde ein neuartiger Modellverbund aus einem globalen Handelsmodell (MAGNET), einem globalen Landnutzungsmodell (LandSHIFT) und einem Modell zur Simulation des ökonomischen Wettbewerbes von Bioenergie-technologien (BENSIM) sowie verschiedener Bewertungsmodule für Deutschland erstellt. Der gemeinsame Rahmen für die Modellierungen und Analysen bestand dabei aus vier Szenarien, welche sich sowohl bezüglich der Annahmen zu Nachhaltigkeitsanforderungen als auch bezüglich unterschiedlicher

Versorgungsprioritäten der Bioenergie unterschieden. Hierbei handelt es sich zum Teil um Extremmaßnahmen, weshalb die Ergebnisse der Szenarien vor allem relativ, also im Vergleich zueinander, zu interpretieren sind. Allen Szenarien gemein ist ein bis zum Jahr 2050 hoher Beitrag der energetischen Biomasse-nutzung in Deutschland.

## Die großen Forschungsfragen

Die auf Szenarien basierenden Modellierungen generierten Ergebnisse zu Rohstoffmärkten, Landnutzungs- und Anlagen-parkentwicklung, die in einem zweiten Schritt hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Klima, Biodiversität, Umwelt, Infra-struktur und Ernährungssicherheit analysiert wurden. Folglich wurden mögliche Entwicklungen der Bioenergienutzung, die sich unter den angenommenen Rahmenbedingungen als öko-nomisch vorteilhaft erweisen, bis zum Jahr 2050 simuliert. Abschließend wurden Eckpunkte einer an Nachhaltigkeitskrite-rien ausgerichteten Bioenergiestrategie für Politik, Wirtschaft und Forschung identifiziert und in Form von zehn Meilenstei-nen, die bis zum Jahr 2030 erreicht werden sollten, insbeson-dere für die Politik formuliert. Im Folgenden werden schwer-punktmäßig die Ergebnisse und Schlussfolgerungen zu den Nutzungsoptionen, Rohstoffmärkten und die Auswirkungen auf die Flächennutzung und Umwelt in Deutschland darge-stellt. In der Studie wurden darüber hinaus auch die Effekte auf Ernährungs- und Versorgungssicherheit, sowie globale und re-gionale Effekte betrachtet.

## Zukünftige Nutzungsoptionen für Bioenergie

Um zu bestimmen, welche Nutzungsoptionen künftig an Relevanz gewinnen werden, wurde in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung das Technologie-modell BENSIM entwickelt und aussichtsreiche Technologie-pfade und Nutzungsoptionen für Deutschland für 2050 mo-delliert.

Für forst- und agrarbasierte Bioenergieträger ergeben sich unter den erwarteten Preissteigerungen für Agrarprodukte (Re-ferenzszenarien) relative Kostenvorteile für Biodiesel aus Pflan-zenöl, gefolgt von Biogas beziehungsweise Biomethan als Ener-gieträger für Konversionsanlagen in Deutschland. Unter Be-rücksichtigung von verstärkten Nachhaltigkeitsanforderungen setzen sich Bioenergieformen, die aus Rest- und Abfallstoffen bereitgestellt werden, oder auf Basis von Biomassevergasung mittel- bis langfristig durch. Holzbasierte Vergasungstechno-logien haben das Potenzial, bis 2050 marktreif zu werden. Die Technologieperspektive für holzbasierte, flüssige Kraftstoffe bleibt aufgrund der höheren Kosten jedoch begrenzt. Grund-sätzlich wird angenommen, dass die vorrangige Verwendung von Rest- und Abfallstoffen als politisches Ziel umgesetzt wird. Die Potenziale zur Bioenergiebereitstellung aus Rest- und Ab-fallstoffen sind zwar begrenzt, aber noch ausbaufähig. Für die

*„Bioenergieträger auf Basis von Agrarrohstoffen sind in allen Szenarien ökonomisch vorteilhaft.“*

verschiedenen Nutzungsoptionen, Strom beziehungsweise Wärme sowie Kraftstoffe, ergibt sich einerseits eine relativ ro-buste Rohstoffbasis, andererseits aber auch Konkurrenzsituati-onen, da alle dominanten Nutzungsoptionen die gleiche Roh-stoffbasis beanspruchen.

Die ermittelten Präferenzen können bei veränderten Rand-bedingungen in der Umsetzung beeinflusst werden, wenn beispielsweise künftig einzelne Bioenergieträger zum einen durch gesetzliche Rahmenbedingungen nicht mehr zulässig sind (zum Beispiel Biodiesel auf Pflanzenölbasis) oder zum anderen zusätzliche positive Eigenschaften aufweisen, die für bestimmte Anwendungsfelder wie beispielsweise Biokerosin als Flugkraftstoff zwingend notwendig sind, und die entspre-chende Zahlungsbereitschaft besteht.

Um die Robustheit der Ergebnisse gegenüber Änderungen einzelner Einflussfaktoren beziehungsweise Randbedin-gungen zu prüfen, wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Dazu gehören der Einfluss von Volllaststunden, Holzpreis-entwicklung oder Rohstoffbegrenzung. Da die einzelnen Anlagen-parameter stark variieren können und Rohstoffpreisentwick-lungen für die verschiedenen Szenarien festgelegt wurden, wel-che wiederum großen Einfluss auf die Bereitstellungskosten haben, sind die Ergebnisse als Trends beziehungsweise im Ver-hältnis untereinander zu betrachten und im Kontext des Pro-jektes und der gewählten Rahmenbedingungen zu interpretie-ren. Folgende Einflussfaktoren, die künftig eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Konversions- und Nutzungsoptionen spielen werden, wurden ermittelt.

- Rohstoffpreise und -begrenzung. Bleiben Preissteigerungen für Holzrohstoffe in den kommenden Jahrzehnten deutlich unter denen von Agrarrohstoffen, können vergasungsba-sierte Bioenergieträger konkurrenzfähig werden (vor allem Synthesegas aus Biomethan). Bei der Biokraftstoffproduk-tion machen die Rohstoffkosten einen großen Anteil der ge-samten Bereitstellungskosten aus. Bei der Strom- und Wär-meerzeugung sind die Rohstoffkosten weniger prägend. Da die unterschiedlichen Strombereitstellungsoptionen jedoch ähnliche Bereitstellungskosten aufweisen, hat die Entwick-lung der Rohstoffpreise dennoch einen starken Einfluss auf die Entwicklung dieser Nutzungsoption.

- Flexibler Anlagenbetrieb. Werden künftig die Konversionsanlagen zur Strombereitstellung in flexibler Fahrweise betrieben, ergeben sich aufgrund vergleichsweise geringerer Investitionskosten Vorteile für biogas- und pflanzenölbasierte Bioenergieträger.
- Nebenprodukterlöse. Werden die Erlöse für Nebenprodukte künftig erhöht, ergeben sich weitere Vorteile für pflanzenölbasierte Bioenergieträger und für Optionen der Kraft-Wärme-Kopplung mit hoher Wärmenutzung für die Szenarien im Strom- und Wärmesektor.
- CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise. CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise im Rahmen des europäischen Emissionshandelssystems haben nur einen geringen Effekt auf die Entwicklung der Technologien untereinander, weil die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) zwischen den gewählten Konversions- und Nutzungspfaden sehr ähnlich sind.

Unter bestimmten Randbedingungen können folgende drei Konversionspfade bei der Entwicklung der Energiebereitstellung aus Biomasse deutlich dominieren. Diese wurden zwar nicht explizit berücksichtigt, jedoch in der Ableitung der Meilensteine für eine nachhaltige Bioenergiestrategie für Deutschland miteinbezogen:

- Wärmepfad. Insbesondere holzbasierte Verbrennungstechnologien können ökonomisch vorteilhaft bleiben.
- Bioethanol aus Zuckerrohr. Dieser Konversionspfad kann als Importoption, je nach Ausgestaltung der Marktmechanismen, große Kostenvorteile bringen.
- Mitverbrennung. Für die Mitverbrennung von Holzbrennstoffen in Kohlekraftwerken wird der Markteintritt bei CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisen ab etwa 30 Euro pro Tonne erwartet (Vogel et al. 2011).

### Auswirkungen einer modifizierten Bioenergienutzung auf die globalen Märkte

Informationen über die Entwicklung der Rohstoffmärkte im gesamtökonomischen Kontext wurden durch das allgemeine Gleichgewichtsmodell MAGNET des Thünen-Instituts generiert.

Geht man von einer hohen Nachfrage an Biodiesel in Deutschland aus, impliziert dies gleichzeitig auch einen hohen Import an Pflanzenölen. Ein allgemeiner Trend über alle Szenarien ist die steigende Nachfrage nach Agrarrohstoffen bedingt durch das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts und der Bevölkerung. Demzufolge wird mit steigenden Flächenbegrenzungen und steigenden Agrarpreisen gerechnet, die wiederum den technischen Fortschritt im Ackerbau ankurbeln und zu höheren Flächenerträgen sowie Intensivierung der Produktion auf den verbleibenden Flächen führen. Da für Europa ein weniger starkes Wachstum angenommen wird, ist es von dieser Entwicklung weniger stark betroffen als andere Regionen der Welt. Solange es keine großen Änderungen in den Bioenergiestrategien der Länder gibt, bleibt der Einfluss einer deutschen Bio-

energiestrategie auf die internationalen Agrarrohstoffmärkte selbst bei künftig hohen Importanteilen gering. Weltweite Umweltschutzmaßnahmen, wie beispielsweise der Schutz von Flächen, haben dagegen eine weit größere Auswirkung auf die Agrarproduktion und -märkte.

### Ökologische Gesamteffekte bis 2050

Auf Basis der Nutzungsoptionen und des Rohstoffbedarfs wurden die Flächennutzung und darauf aufbauend die Effekte auf die Umwelt (Energieaufwand, Treibhauseffekt, Nährstoffeintrag und Feinstaubbelastung), Biodiversität und Bodenversauerung ermittelt. Die nationale Ackerflächennutzung steigt zum Beispiel im Kraftstoffszenario trotz Ausweitung der Bioenergie in Deutschland nicht beziehungsweise nur moderat an. Jedoch werden je nach priorisierten Ausbaupfaden, insbesondere bei Biokraftstoffen, die Importe erheblich zunehmen.

Aufgrund der zunehmenden Verdrängung der fossilen Energieträger sinkt der Energieaufwand in allen Nutzungsoptionen und Szenarien bis 2050 und damit reduzieren sich auch die Umweltwirkungen des Energiesystems. Die Treibhausgaswirkungen zeigen ein ähnliches Bild. Der größte Rückgang tritt bei gekoppelter Strom- oder Wärmenutzung auf, wenn die Nachhaltigkeitsanforderungen eingehalten werden. Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen, besonders in den Kraftstoffszenarien, können jedoch zu deutlichen zusätzlichen THG-Emissionen führen, sodass das Risiko besteht, dass die Gesamt-THG-Emissionen im Zeitraum 2025 bis 2040 nur geringfügig sinken oder trotz Bioenergieinsatz sogar konstant bleiben. Die Landnutzungsänderungen konnten mit dem Modell LandSHIFT des Center for Environmental Systems Research der Universität Kassel simuliert werden.

Die Versauerung sinkt grundsätzlich in allen Szenarien, außer den Kraftstoffszenarien. Gleiches gilt prinzipiell für die Feinstaubbelastung. Die Bandbreite der Auswirkungen für die Versauerung und Feinstaubbelastung ist je nach Annahmen allerdings sehr breit und im ungünstigen Fall steigen die Werte auch an. Für den Nährstoffeintrag ist kein abnehmender Trend erkennbar, er steigt in einigen Szenarien sogar leicht an. In Deutschland steigt perspektivisch bis 2050 der Nährstoffeintrag und teilweise auch die Versauerung und Feinstaubbelastung, da zunehmend Biogas und Biomethan genutzt werden und die Rohstoffe vor allem aus der deutschen Landwirtschaft bereitgestellt werden. Hinsichtlich der direkten Landnutzungsänderung ist die nationale Bereitstellung der Bioenergieträger jedoch risikoärmer als eine globale Rohstoffbereitstellung.

Da je nach Umweltauswirkung Zielkonflikte entstehen, können aus Sicht der Ökobilanzierung keine eindeutigen Empfehlungen für bestimmte Nutzungsoptionen gegeben werden. Wird beispielsweise die Verringerung der THG-Emissionen als vorrangiges Ziel angesehen, so stellen die Strom- und Wärmeszenarien, insbesondere bei Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten, die beste Option dar.

Grundsätzlich wird Bioenergie in Deutschland größtenteils auf Flächen angebaut, die mit einem geringen Risiko für die biologische Vielfalt verbunden sind. Bis 2030 ergibt sich eine zunehmende Biomasseproduktion auf Brachflächen. Für 2050 wird bei steten Entwicklungen (Referenzszenario) der Flächenbedarf stärker durch den Anbau in für THG-Emissionen und Biodiversität sensiblen Gebieten, vor allem Wald und Grünland, befriedigt. Bei Einhaltung von höheren Nachhaltigkeitsanforderungen (Nachhaltigkeitsszenario) werden bestehende Anbauflächen intensiver genutzt und sensible Flächen wie Grünland nur in geringerem Umfang. Hier werden beispielsweise für Kraftstoffe neben geringen Mengen Stroh-Ethanol fast ausschließlich Anbaubiomasse aus Deutschland in Form von Methan eingesetzt (fast vier Millionen Hektar). Zudem können andere Agrarprodukte teilweise substituiert werden, wenn Agrarflächen vor allem für den Anbau von Biogassubstraten genutzt werden. Im Vergleich zum Weizen ist in Summe eine Versorgung mit Biomethan weniger flächenintensiv als eine von Pflanzenöl dominierte Versorgung.

Der Anbau von Biomasse findet über alle Szenarien bis 2050 etwa zu 56% der Anbauflächen auf Böden mit einer guten landwirtschaftlichen Eignung beziehungsweise Bodenqualität statt. Etwa 27% des Anbaus findet auf Böden mit einer mittleren und etwa 17% auf Böden mit einer schlechten landwirtschaftlichen Eignung statt.

## Maßnahmen einer Bioenergiestrategie

Die Elemente und Ziele einer nationalen Bioenergiestrategie sind zeitnah im Dialog zu diskutieren, zu entwickeln und der Weg durch geeignete Maßnahmen zu ebnet.

**Meilenstein 1:** Nachhaltige Landnutzung ist Voraussetzung. Voraussetzung für eine nachhaltige Biomassenutzung in 2030 ist die schnelle Definition und Implementierung der internationalen Ziele für den Schutz von sensiblen Flächen wie beispielsweise Primärwälder, Torfmoor, Feuchtgebiete und Grünland mit großer biologischer Vielfalt. Auf nationaler Ebene erscheint ein wirksamer Schutz von Dauergrünland als sinnvoll. Diese Schutzbestrebungen verändern den Produktionsumfang für landwirtschaftliche Produkte, gehen mit einer Nutzungsintensivierung auf genutzten Flächen einher und weit über die Bioenergienutzung hinaus. Deutschland sollte daher zeitnah international Initiativen ergreifen beziehungsweise bestehende deutlich stärken, die sowohl die nachhaltige Landnutzung als auch Aspekte der zu erwartenden Nutzungsintensivierung umfassen.

**Meilenstein 2:** Monitoring von Landnutzung, Kohlenstoffinventaren und Treibhausgasemissionen ist im Rahmen der Bioökonomie etabliert. Hierdurch können die Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Landnutzungsänderungen und ihre Effekte auf die avisierten Ziele im Energiesystem regelmäßig überprüft und die Strategie angepasst werden.

**Meilenstein 3:** Entwicklungsstrategie für Biogas beziehungsweise Biomethan ist implementiert. Für die bestehenden Bio-

*„Die Nutzung von Biomasse wird künftig durch die globale Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln geprägt sein.“*

gas- und Biomethananlagen wurde eine dezidierte Nutzungsstrategie entwickelt. Diese muss eng mit der Landwirtschaft abgestimmt sein, die zunehmende Nutzung als Kraftstoff berücksichtigen und auf dem aktuellen Anlagenbestand aufbauen. Die nähere Spezifizierung von Biomethan als Kraftstoff ist dafür eine wichtige Voraussetzung (siehe Meilenstein 7). Nach heutigem Kenntnisstand ist bei einer Nutzung von Biomethan als Kraftstoff weniger der weitere Zubau von Biogasanlagen zu verfolgen als vielmehr der zielgerichtete Umbau. Für eine flexible Strombereitstellung auf Basis von Biogas-Blockheizkraftwerken ist die Umrüstung bestehender Altanlagen bis 2030 bereits weitgehend erfolgt.

**Meilenstein 4:** Wärmebereitstellung aus Biomasse beinhaltet zunehmend innovative Konzepte wie „Up-grade Wärmenutzung“ und ist im Rahmen einer Wärmestrategie berücksichtigt. Die Wärmebereitstellung aus Biomasse stellt eine robuste Nutzungsoption dar. Sie bedarf aber der stetigen Weiterentwicklung im Sinne der künftigen Bedarfsstrukturen wie geringerer spezifischer Wärmebedarf, Kombination mit anderen Erneuerbaren und höherer Komfortanspruch. Die Weiterentwicklung erfolgt auch im Hinblick auf die Emissionsanforderungen und eine Erweiterung hin zu Kraft-Wärme-Kälte-gekoppelten Systemen (siehe auch Meilenstein 5). Deutschland braucht in diesem Zusammenhang eine Wärmestrategie, die Bioenergie in Form von Wärmenetzen und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit der Abwärmenutzung aus der Industrie und der Anstrengung hinsichtlich der Energieeinsparung vereint.

**Meilenstein 5:** Vergasungstechnologien sind verfügbar. Durch Markteinführungsprogramme und gezielte Forschung ist der Übergang von der reinen Wärme- zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (siehe Meilenstein 4) zu unterstützen. Diese Technologien können ein sehr hohes Exportpotenzial aufweisen. Dies gilt bei entsprechender Nachfrage grundsätzlich auch für Bio-SNG.

**Meilenstein 6:** Leitplanken für die Mitverbrennung von Holz sind gesetzt. Bei höheren CO<sub>2</sub>-Preisen würden größere Mengen Holz aus wirtschaftlichen Gründen in Kohlekraftwerken mitverbrannt werden. Um auf diese Nutzungsoption bezüglich deren Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit steuernd Einfluss nehmen zu können, sind hier entsprechend frühzeitig Rahmenbedingungen zu schaffen. Langfristig sinkt jedoch

die Bedeutung der Mitverbrennung bei abnehmendem Kohlestromanteil.

**Meilenstein 7:** Differenzierte Biokraftstoffstrategie ist implementiert. Im Verkehrssektor wird es Teilbereiche geben, in denen die Biokraftstoffnutzung langfristig einen effizienten Beitrag zum Klimaschutz leistet. Diese zu identifizieren und mit robusten Langfriststrategien, auch mit Blick auf den systematischen Einsatz nachhaltiger Rohstoffe und insbesondere Reststoffe zu untersetzen, ist notwendig, da sich die sogenannten neuen Technologien (zum Beispiel auf Basis von Lignozellulose) absehbar nicht ohne langfristige und gezielte Unterstützung am Markt etablieren können. Eckpfeiler für eine Biokraftstoffstrategie sind, erstens, eine klare Zielhierarchie, was mit dem Einsatz von Biokraftstoffen erreicht werden soll, zweitens, die darauf aufbauende Identifikation von prioritären Einsatzbereichen, drittens die technisch-ökonomisch-ökologische Analyse von Möglichkeiten der gekoppelten Produktion von Biokraftstoffen und anderen biobasierten Produkten sowie viertens, die Einbettung in eine übergeordnete Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie und die Etablierung eines entsprechenden regulatorischen Umfeldes.

**Meilenstein 8:** Lignozelluloseaufschluss von Stroh ist im Markt etabliert und hinsichtlich der Nutzungsoptionen priorisiert. Lignozelluloseaufschluss bietet vielfältige Nutzungsoptionen von Stroh und anderen Reststoffen. Hierzu ist die Flankierung entsprechender Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten notwendig. Der Einsatz von Stroh im Rahmen künftiger Kraftstoffstrategien ist anhand detaillierter Analysen bewertet. Die Bereitstellung sollte auf der deutschen und europäischen Rohstoffbasis basieren.

**Meilenstein 9:** Umgang mit Abfällen innerhalb der Kreislaufwirtschaft ist geklärt. Die Erschließung und bestmögliche Nutzung beziehungsweise Verwertung von kommunalen Abfällen, insbesondere Bioabfall, Altholz und Klärschlamm, bedarf im Sinne der Kreislaufwirtschaft der weiteren Unterstützung und gesetzgeberischer Lenkung. Mit Blick auf effiziente energetische Abfallverwertungssysteme unter besonderer Berücksichtigung der Bioökonomie und Kaskadenprozesse sind angepasste Infrastrukturen zur weitestgehend sortenreinen Erfassung und Nutzung entsprechender Biomasse-Sortimente einzurichten.

**Meilenstein 10:** Bioenergie im Verbund etablieren. Die Nutzung von Bioenergie stellt einen Baustein für den Übergang in eine zunehmend auf erneuerbaren Ressourcen basierenden Wirtschaft dar. Um diese große Aufgabe erfolgreich zu realisieren, werden Verbundkonzepte immer wichtiger. Dazu zählt zum einen die enge Verzahnung mit der Landwirtschaft, zum anderen die Weiterentwicklung von gekoppelten stofflichen und energetischen Konzepten, sowohl im Bereich der Holznutzung als auch bei Agrarprodukten und deren Verarbeitung und Nutzung, aber auch die Notwendigkeit eines umfassend schonenden Umgangs mit den begrenzten Ressourcen. Es wird auch empfohlen, dass ein hohes Engagement vonseiten der Politik, unter anderem in Deutschland, ergriffen werden sollte, um den globalen Hunger zu bekämpfen und hierzu auch posi-

tive Fallbeispiele für Bioenergie und Ernährungssicherung zu implementieren. Schließlich ist die zunehmende Verbindung von stofflicher und energetischer Nutzung ein wichtiges Element, insbesondere um zu einer effizienten Reststoffnutzung zu kommen. Dieser Prozess ist jedoch fortlaufend und kann bis 2030 nur einen Zwischenstand erreichen.

### Anmerkung

Das interdisziplinäre Forschungskonsortium des Vorhabens „Meilensteine 2030“ besteht aus dem Deutschen Biomasseforschungszentrum gGmbH, dem Öko-Institut e. V., dem Thünen-Institut für Marktanalyse, dem ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, dem CESR – Center for Environmental Systems Research der Universität Kassel, dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, dem Institut für ZukunftsEnergie-Systeme gGmbH – IZES sowie dem Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien – IINAS.

Der Endbericht des Projektes kann unter folgendem Link heruntergeladen werden: [www.energetische-biomassenutzung.de/de/meilensteine-2030/ergebnisse.html](http://www.energetische-biomassenutzung.de/de/meilensteine-2030/ergebnisse.html)

### Literatur

- Thrän, D./Arendt, O./Ponitka, J./Braun, J./Millinger, M./Wolf, V./Banse, M./Schaldach, R./Schüngel, J./Gärtner, S./Rettenmaier, N./Hünecke, K./Hennenberg, K./Wern, B./Baur, F./Fritsche, U./Gress, H.-W. (2015): Meilensteine 2030 – Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie. In: Thrän, D./Pfeiffer, D. (Hrsg.): Schriftenreihe des BMWi-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Band 18, Leipzig.
- Vogel, C./Herr, M./Edel, M./Seidl, H. (2011): Die Mitverbrennung holzartiger Biomasse in Kohlekraftwerken – Ein Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz? Deutsche Energie Agentur (dena). Berlin.

### AUTOREN + KONTAKT

**Diana Pfeiffer** ist Koordinatorin der Programmbegeleitung des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ am Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ).

DBFZ, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig.  
Tel.: +49 341 2434-554,  
E-Mail: [diana.pfeiffer@dbfz.de](mailto:diana.pfeiffer@dbfz.de)

**Bianca Stur** ist Mitarbeiterin für Öffentlichkeitsarbeit am Deutschen Biomasseforschungszentrum.  
E-Mail: [bianca.stur@dbfz.de](mailto:bianca.stur@dbfz.de)

**Jens Ponitka** ist Projektleiter am Deutschen Biomasseforschungszentrum.  
E-Mail: [jens.ponitka@dbfz.de](mailto:jens.ponitka@dbfz.de)

**Dr. Oliver Arendt** ist Projektleiter am Deutschen Biomasseforschungszentrum.  
E-Mail: [oliver.arendt@dbfz.de](mailto:oliver.arendt@dbfz.de)

**Dr. Daniela Thrän** leitet den Bereich Bioenergiesysteme am Deutschen Biomasseforschungszentrum sowie das Department Bioenergie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig und ist Professorin am Lehrstuhl Bioenergiesysteme der Universität Leipzig.  
E-Mail: [daniela.thraen@ufz.de](mailto:daniela.thraen@ufz.de)

