

Zur Diskussion gestellt

Potenziale und Grenzen der Bioenergie in Deutschland



Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän leitet das Department Systemanalyse und Nachhaltigkeitsbewertung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und hat den Lehrstuhl Bioenergiesysteme an der Universität Leipzig inne.

Die Ausgangssituation: Flächen, Biomasse und Energie

Es geht um große Zahlen: Deutschland nutzt jährlich ca. 200 Mio. Tonnen Biomasse zur Bereitstellung von Futtermitteln und Nahrung, Materialien und Energie. In der Bilanz reichen dafür die Flächen im Land nicht aus. Der Agrarlandfußabdruck der Biomassenutzung übersteigt die heimischen Flächen um den Faktor 2,8. Der größte Anteil der Biomasse sind Futtermittel – viermal so viel wie als Nahrungsmittel genutzt werden. Der Fleischkonsum in Deutschland ist mindestens dreimal so hoch, wie für eine gesündere Ernährung empfohlen (Beck-O'Brien et al. 2024). Ein Drittel der Biomasse wird energetisch genutzt: Das sind Rest- und Abfallstoffe sowie Waldholz und Energiepflanzen. Damit wird die Hälfte der erneuerbaren Energien bereitgestellt. Das sind 10% des deutschen Energieverbrauchs. 80% des Energieverbrauchs ist fossil (Umweltbundesamt 2026).

Der Blick auf die Zahlen zeigt: Es braucht eine sachliche Debatte. Im Zusammenhang mit Bioenergie wird häufig von Teller-oder-Tank gesprochen. Das trifft die potenzielle Konkurrenz nur teilweise. Richtiger ist Trog-oder-Tank. Und das Trog-oder-Tank-Dilemma wird kleiner, wenn wir mehr auf unsere Gesundheit achten. Stellen wir uns vor: Wenig

ger Millionen Tonnen für Futtermittel hieße weniger Flächen für Futtermittel. Der Agrarfußabdruck könnte sinken, Flächen zur Wiederherstellung der Natur, Wasserrückhaltung, Wiedervernässung von trockengelegten Mooren und weitere klimafreundliche und klimaangepasste Nutzungsformen ermöglichen. Das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) setzt hier bereits Anreize. Die anfallenden Rest- und Abfallstoffe der damit verbundenen Bewirtschaftungsformen könnten für Materialien und Energie genutzt werden. Die Versorgungssicherheit würde erhöht. Gleichwohl, der Weg dahin ist schwierig, denn natürlich soll niemandem vorgeschrieben werden, was zu essen ist. Aber die Mühen sind lohnenswert, denn eine gesunde Ernährung ist der große Hebel, die Landnutzung nachhaltig weiterzuentwickeln.

Kreislaufwirtschaft als Voraussetzung

Selbst wenn sich die Ernährung wandelt, bleiben die Flächen begrenzt. Wenn wir mehr Biomasse für Materialien und Energie nutzen möchten, dann geht das nur mit einer anderen Bewirtschaftung der Biomasse: Bisher ist die Nutzung von Biomasse weitgehend linear – aber Kreislauf-führung ist in vielen weiteren Bereichen möglich. Denkbar sind mehrstufige Nutzungskaskaden: vom Brettholz über Spanplatte, Kraftstoff oder Filler zur Verbrennung mit CO₂-Abscheidung oder die Nutzung der Reststoffe in einer Biogasanlage mit Weiterverarbeitung des Gärprodukts zu Düngemitteln und Biokohle, um nur zwei Beispiele zu nennen. Findet die energetische Nutzung von vorwiegend Rest- und Abfallstoffen statt, senkt das nicht nur den Druck auf Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft, sondern verbessert auch die Klimabilanz der Bioenergie, und macht uns unabhängiger von internationalen Rohstoffmärkten.

Die Nutzung von Biomasse in Kaskaden ist technisch in vielerlei Hinsicht möglich. Aber es gibt nicht nur ökonomische, sondern auch organisatorische und rechtliche Hindernisse. Ist Biomasse einmal Abfall, dann ist der Zugang zu verschiedenen Nutzungsoptionen rechtlich versperrt oder erschwert. Im Regelwerk muss daher ein „Abfallende“ definiert sein, damit Abfall als Rohstoff gehandelt und ge-

nutzt werden kann. Und selbst wenn dieses definiert ist, bleibt die Herausforderung, dass die effiziente Nutzung der Reststoffe häufig nur im Verbund funktioniert: Also Cluster verschiedener Unternehmen, die sich gegenseitig mit Reststoffen beliefern und die Teilströme optimal verwerten (Tüllinghoff et al. 2025). Und diese rechtlichen Anpassungen und organisatorischen Überlegungen sind dringlich, denn Nutzungskaskaden und Kreisläufe nutzen der gesamten biobasierten Wirtschaft und nicht nur der Bioenergie.

Die Potenziale der Bioenergie liegen in ihrem zielgerichteten Einsatz

Wie lässt sich das künftige Biomassepotenzial für Energie angesichts der bislang unzureichenden Integration abschätzen? Szenarien beschreiben mögliche Entwicklungen, etwa bei gesünderer Ernährung mit weniger tierischen Produkten, geringerem Flächenverbrauch oder dem Ausbau abfallbasierter Bioraffinerien. Solche Szenarien liegen bereits gut ausgearbeitet vor. Daher ist weniger entscheidend, wie hoch das Bioenergiepotenzial sein kann, sondern wie die bekannten Einflussgrößen in die richtige Richtung gelenkt werden. Solange dies nicht gelingt, bleibt das Potenzial auf dem Niveau der heutigen nachhaltigen Nutzung zuzüglich zusätzlicher Reststoffe, die die Bioenergiebereitstellung um etwa 10 % steigern können. Es ist jedoch auch nicht geringer.

Welche Bioenergie ist für ein resilientes Energiesystem notwendig? Bioenergie hat eine wichtige Rolle in einem klimaneutralen und bezahlbaren Energiesystem. Sie kann nachwachsende Kohlenstoffmoleküle für die Bereiche bereitstellen, wo eine direkte Elektrifizierung nicht oder nur zu sehr hohen Kosten möglich ist: Kraftstoffe für Schiffe und Flugzeuge, flexibler Strom in Zeiten, wenn Wind und Sonne nicht verfügbar sind, Brennstoffe für Hochtemperaturprozesse in der Industrie, dazu kommen Kohlenstoffmoleküle für Stahl und Chemie und die Abscheidung und dauerhafte Entnahme von CO₂ zur Erzeugung negativer Emissionen (Meisel et al. 2026). Nachhaltige Energiesysteme müssen aber mehr liefern als Klimaneutralität zu minimalen Kosten. Versorgungssicherheit, aber auch Umweltverträglichkeit und Kostengerechtigkeit sind ebenso zu beachten (Gutsjahr et al. 2026). Und hier wird es kompliziert, weil es Trade-offs gibt: Der Import von Biokraftstoffen erschien in Europa günstiger als der Aufbau eigener Kapazitäten. Biogasanlagen liefern teureren Strom als Sonne und Wind, und die Beiträge zu Versorgungssicherheit sind schwer zu quantifizieren. Und Bioenergie ist bereits heute verfügbar, wenig abhängig von seltenen Erden und kann in vielen Fällen fossilen Energieträgern zugemischt werden. Ergeben sich durch die unmittelbaren Möglichkeiten andere

Einsatzgebiete für Bioenergie im Energiesystem? Hier ist mein Standpunkt klar: nein. Denn Klimaneutralität kann nur erreicht werden, wenn im Orchester der Erneuerbaren alle zusammenspielen. Forschung, Demonstration und Politikinstrumente zur Markteinführung müssen auf die Bereiche abzielen, die nicht oder nur zu sehr hohen Kosten elektrifiziert werden können: Schiffs- und Flugverkehr, flexibler Strom, Hochtemperaturindustrieprozesse, Kohlenstoffmoleküle für Stahl und Chemie und CO₂-Entnahme.

Fortschrittliche Technologiekonzepte müssen skaliert werden

Bioenergie für Schiffs- und Flugverkehr, flexiblen Strom, Hochtemperaturindustrieprozesse, Kohlenstoffmoleküle für Stahl und Chemie und CO₂-Entnahme steht vielfach noch am Anfang. Das deutsche Know-how für die Gewinnung von Biomethan, Biomethanol oder Flugkraftstoffen aus biogenen Rest- und Abfallstoffen ist groß. Aber der Weg in die Skalierung im eigenen Land gelingt nur teilweise. Während bei Vergasungstechnologien nach wie vor technische Verbesserungen notwendig sind, ist teilweise das erdrückende Angebot von sehr günstigen ausländischen Bioenergieträgern für die eigene Marktentwicklung nachteilig. Bekanntestes Beispiel sind die importierten Altspeisefette (Used Cooking Oil – UCO), deren fragwürdige Herkunftsnachweise der Biokraftstoffbranche sehr geschadet haben. Für Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit sind eigene Kapazitäten von Vorteil. Für Versorgungssicherheit, weil die importierten Kraftstoffe aus fernen Ländern durch unsichere Gebiete geschifft werden müssen, und für Wettbewerbsfähigkeit, weil vor allem an der Anlage vor Ort die Technik weiter entwickelt wird. Und für Innovationen gibt es gute Rahmenbedingungen: Mit über 50 % erneuerbaren Energien im Stromsystem bestehen hervorragende Möglichkeiten für die Integration von flexibler Bioenergie; sowohl vor Ort zum Ausgleich von Wind und Solar, aber auch in komplexeren Versorgungssystemen wie eben Hochtemperaturwärme oder fortschrittliche Kraftstoffe. Nur zwei Beispiele für mögliche Opportunities: Beim Hochlauf von nachhaltigen Flugkraftstoffen über die Lignozellulose-Route fällt in erheblichen Mengen biogenes Naphta als Koppelprodukt an, das in der Chemieindustrie fossiles Naphta ersetzen kann. Wird Bioenergiebereitstellung mit CO₂-Entnahme verbunden, müssen die nicht erreichten Klimareduktionen absehbar nicht mehr in vollem Umfang durch den Ankauf von ausländischen CO₂-Zertifikaten ausgeglichen werden (Sadr et al. 2025).

Fortschrittliche Bioenergietechnologien brauchen auch Infrastrukturplanung. Bioenergie kann fossile Energien im laufenden Betrieb Tropfen für Tropfen ersetzen: im Erdgas-

netz, in der Raffinerie, im Kohlekraftwerk. Das bietet Chancen bei der Umstellung von Versorgungssystemen, darf aber nicht dazu führen, dass die Defossilisierung des Energiesystems verzögert wird. Auf keinen Fall darf Bioenergie zu neuen Debatten um den vollständigen Erhalt des Erdgasnetzes führen, es muss vielmehr die anstehende Anpassung des Erdgasnetzes unterstützen. Gleiches gilt für den notwendigen Aufbau des Wasserstoffkernnetzes und die in der Diskussion befindlichen CO₂-Netze. Für Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit jetzt ganz konkret notwendig ist die Ausweisung von Biomethanvorranggebieten, die sowohl für die Gasnetzbetreiber als auch für die Biomethananlagenbetreiber Planungssicherheit schaffen.

Die Grenze der Bioenergie ist die Rohstoffverfügbarkeit

Wenn Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit durch heimische Produktionskapazitäten für Bioenergieträger gesichert werden, dann kommt in bestehende Nutzungssysteme von Biomasse ein weiterer Wettbewerber hinzu, und ein detaillierter Blick auf die Stoffströme ist notwendig. Z. B. Holz: Bezogen auf die gesamte inländische Holzrohstoffverwendung liegen die stoffliche und energetische Holznutzung mengenmäßig etwa gleichauf. Getrennt nach den Holzsortimenten gibt es deutliche Unterschiede. Wird ausschließlich Waldholz betrachtet, ist die energetische Nutzung mit etwa 30% deutlich geringer und basiert überwiegend auf Laubholz. Nadelholz wird in der ersten Verarbeitungsstufe etwa 90% stofflich genutzt – hier dürfte der sich zunehmend entwickelnde Holzbau auch weiterhin für Nachfrage sorgen. Der größere Teil des Holzes für Bioenergie entstammt Reststoffen aus der Holzverarbeitung und Altholz am Ende des Lebenszyklus (Beck-O'Brien et al. 2024). Nutzungskaskaden sind bei der Holznutzung damit bereits in nicht unerheblichem Umfang etabliert und werden auch von europäischer Seite weiter forciert. Es gibt also voraussichtlich auch künftig Holzsortimente, die für die stoffliche Nutzung weniger nachgefragt sind, wie Laubholz oder Sägenebenprodukte. Aber werden diese so eingesetzt, dass sie Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit für Energie unterstützen? Um Standortentscheidungen für grüne Chemikalien und Flugkraftstoffe wird in Deutschland aktuell gerungen. Ist es da nicht aus der Zeit gefallen, dass Biomasseheizungen im Jahr 2026 durch Investitionszuschüsse gefördert werden? Brauchen wir nicht vielmehr endlich ein *Level Playing Field*, in dem alle Wettbewerber zu gleichen Bedingungen um Biomasse konkurrieren? Ich meine ja, es stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und Versorgungssicherheit, wenn für Biomasse gleiche Marktzugangsbedingungen für die stoffliche und die energetische Nutzung ge-

geben und Förderungen stärker auf die Skalierung technischer Innovationen ausgerichtet sind.

Bei allen neuen Chancen gilt stets: Biomasse bleibt eine begrenzte Kohlenstoffquelle. Mit Anreizen für Biomethancluster, abfallbasierte Bioraffinerien, Anlagen für fortschrittliche Flugkraftstoffe usw. werden punktuelle Biomassenachfragen geschaffen, die bei guter regionaler Integration Wertschöpfung vor Ort schaffen. Sie bergen aber auch die Gefahr der Übernutzung: Wird mehr Biomasse aus den natürlichen Kreisläufen entnommen als nachwächst, ist das ein Bärendienst für den Klimaschutz, aber auch nachteilig für die Biodiversität, für Bodenqualität und Wassermanagement und die Erhaltung der Produktionsfunktionen. Daher müssen die Grenzen der Biomassenutzung gewahrt bleiben. Auch wenn es durch die Nachhaltigkeitszertifizierung von Biomasse bereits ein ausgefeiltes Instrumentarium gibt, braucht es auch die nachhaltige Nutzung vor Ort. Um räumlich die Überlastung durch Bioenergie frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, ist ein wirksamer Umweltrechtsrahmen und -vollzug notwendig.

Eine Strategie ist notwendig

Es ist also nicht die kurzfristige Aktion, sondern das geplante langfristige Handeln, mit dem Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit gesichert werden können. Eine nationale Biomassestrategie ist nicht zustande gekommen und wird vermisst. Vielleicht gelingt ein kleinerer Wurf: Eine nationale Bioenergiestrategie könnte helfen, die notwendige Planungssicherheit zu schaffen. Sie könnte die Trog-oder-Tank-Debatte versachlichen, die Ziele der Waldstrategie unterstützen und die Brücke zum Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz schlagen. Sie könnte einen Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft und Kaskaden vorstellen und – ausgehend von den heimischen Biomassepotenzialen und bestehenden Anlagen – die Rolle der Bioenergie für die langfristige Perspektive vorbereiten: für abfallbasierte Bioraffinerien, für Biomethancluster, für den Beitrag von Biogas als Kapazitätsreserve, für Biomasse in der Hochtemperaturwärmebereitstellung, der Flugkraftstoffproduktion und der CO₂-Entnahme und für den Aufbau von regionalen Wertschöpfungsketten verbunden mit einem starken umweltrechtlichen Vollzug vor Ort. •

Referenzen

Beck-O'Brien, M., S. Bringezu, M. Banse, J. Barrelet, A. Bezama, B. Bösch, S. Brüning, B. Bühlren, A. Cabezas, K. F. Cyffka, I. Dzene, H. Fehrenbach, F. Gordillo Vera, H. Helander, J. Henke, K. Hennenberg, R. Hinz, S. Iost, M. Jordan, D. Kilian, S. Köppen, E. Kynast, C. Lutz, C. Meyer, S. Pereira, M. Pfeiffer, M., P. Phuntsho, Pozo Inofuentes, T. Reiss, S. Reuschel, S. Richter, R. Schaldach, M. Scheffler, A. Schomberg, J. Schüngel, J. Schweinle, D. Thrän, M. Wang, H. Weimar, K. Wiegmann, J. Wijesingha, B. Wilske, S. Wydra, W. Zeug und C. Zinke, *Monitoring the German Bioeconomy: Status, Performance, Trends and Implications for Sustainable Development*, Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel, doi.org/10.17170/kobra-2024111510679.

Gutsjahr, S., D. Thrän und D. Esmaeli Alibadi (2026), "Tango of Renewables", *Advances in Applied Energy* 22, 100281.

Meisel, K., M. Jordan, S. Günther, K.-F. Cyffka, L. Röder, R. Wollnik, T. Karras, H. Schindler und D. Thrän (2026), *Szenarien zum optimalen Einsatz von Biomasse in der Bioökonomie bis 2050*, DBFZ Report Nr. 56, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig.

Sadr, M., D. Esmaeili Aliabadi und D. Thrän (2025), "Exploring Key Cost Drivers and Barriers for Deploying BECCS Technologies in Germany", 33rd European Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spain, 9–12 June 2025, EUBCE Proceedings, ETA-Florence Renewable Energies, Florence, 356–361, 10.5071/33rdEUBCE2025–2BV.7.7.

Tüllinghoff, A., H. Sträuber, F.C.F. Baleeiro, A. Aurich, M. Chávez Morejón, K. Meisel, K.-F. Cyffka, F. Harnisch, K. Bühler und D. Thrän (2025), "Towards Net Zero Land Biotechnology: An Assessment of Biogenic Feedstock Potential for Selected Bioprocesses in Germany", *Biotechnol. Biofuels Bioprod.* 18, 69.

Umweltbundesamt (2026), „Erneuerbare Energien in Zahlen 2025“, verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>.