

# STELLUNGNAHME

BMWK-Forschungsnetzwerk Bioenergie

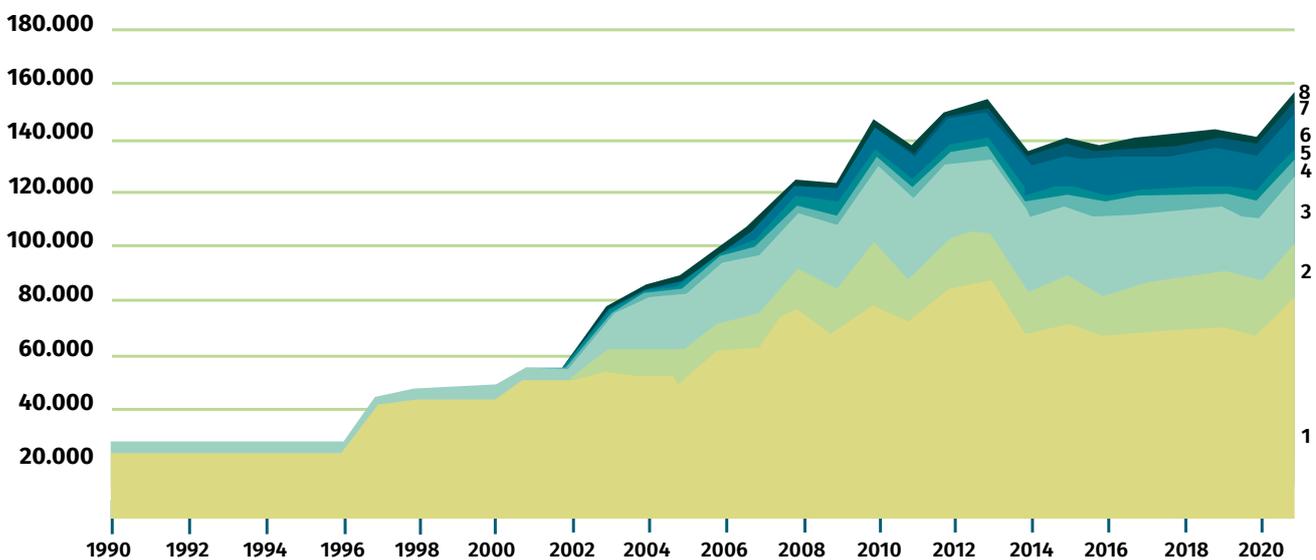
## WÄRME & KÄLTE AUS BIOMASSE

Stand Dezember 2022

## STELLUNGNAHME WÄRME UND KÄLTE AUS BIOMASSE Stand Dezember 2022

### IST-Situation

Die Wärmenutzung aus Bioenergieträgern erfährt in Deutschland — nach einem Jahrzehnt konstanter Nachfrage — aktuell einen Zuwachs (siehe Abbildung 1). Im Jahr 2021 wurden durch die Nutzung von Wärme aus Biomasse rund 17 Milliarden Liter Heizöl eingespart und rund 39 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>äq [1] weniger in die Atmosphäre entlassen (eigene Berechnungen auf Basis von [Zeitreihen EE, März2022]).



- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 1 | Wärme   biogene Festbrennstoffe (Haushalte) [a] | 5 | Wärme   biogene flüssige Brennstoffe [e] |
| 2 | Wärme   biogene Festbrennstoffe (GHD) [b]       | 6 | Wärme   Biogas                           |
| 3 | Wärme   biogene Festbrennstoffe (Industrie) [c] | 7 | Wärme   Biomethan                        |
| 4 | Wärme   biogene Festbrennstoffe (HW/HKW) [d]    | 8 | Wärme   Klärgas                          |
|   |   |   | Wärme   Deponiegas                       |
|   |   |   | Wärme   biogene gasförmige Brennstoffe   |

**Abbildung 1:** Wärmebereitstellung aus Biomasse aufgeschlüsselt nach Quelle und Verbraucher, Datenquellen siehe Literaturangaben; Darstellung © DBFZ 2022

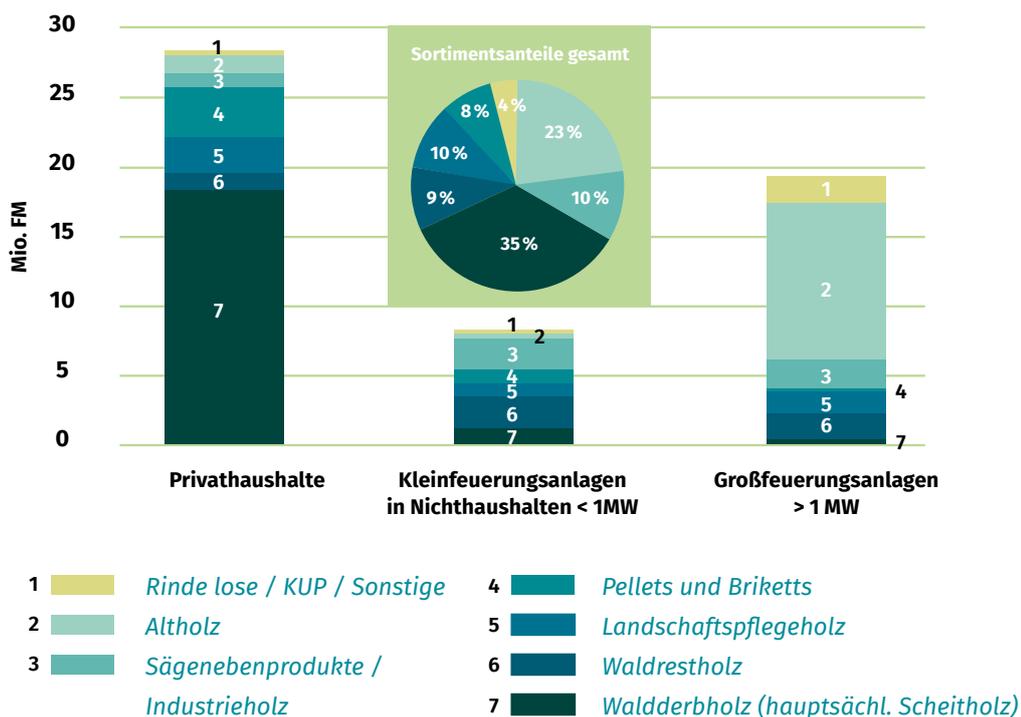
Holz und holzartige Rohstoffe sind dabei der dominierende Brennstoff. eingesetzt werden sowohl Scheitholz, Holzpellets, Waldhackschnitzel, Restholz aus der Forst- und Holzwirtschaft, Kalamitätsholz (Sturm- und Trockenschäden, Schädlingsbefall), Landschafts- und Gartenpflegematerial, Reste aus der Holzbe- und -verarbeitung als auch Altholz. Daneben wird Wärme aus Biomasse-KWK-Anlagen (oftmals gasförmige Bioenergie) genutzt (Abbildung 1).

**Die künftige Rohstoffverfügbarkeit ist von sich aktuell stark wandelnden Rahmenbedingungen geprägt:**

- Auf EU-Ebene wird gegenwärtig die **generelle Einschränkung der Waldholznutzung** zum Erhalt der Biodiversität diskutiert [2]. Dabei liegt der Fokus auf der Holznutzung in Großanlagen, die Auswirkungen auf Kleinanlagen lassen sich im bisherigen Verlauf der Diskussionen nicht abschätzen. Die Einschränkung der energetischen Nutzung von Rundholz wird seitens des Europaparlamentes auch im Rahmen der RED III erwogen ([3] und siehe oben). So soll die Stromerzeugung aus Holz limitiert werden und kein Primärholz eingesetzt werden. Zudem sollen alle energetisch genutzten Holzchargen Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, wenn diese in Anlagen größer 20 MW genutzt werden. Insgesamt ist die Diskussion zur sogenannten RED III (EU Erneuerbare Energien Richtlinie III) bereits vorangeschritten. **Die Klimaschutzeffekte bei energetischer Nutzung von Waldholz** werden vor dem Hintergrund fortgesetzter globaler Probleme mit Waldverlusten und der Degradation von Wäldern insbesondere in den Tropen und Subtropen sowohl auf EU-Ebene als auch international kontrovers diskutiert.
- Gleichzeitig ist vor dem Hintergrund des Klimawandels mit erhöhten Mengen an Schadholz sowie Waldbrandrisiken zu rechnen, die zu verändertem Forstmanagement und einer zeitweise erhöhten Waldholzverfügbarkeiten führen.
- **Konkrete Ziele der Wärmewende** (Reduzierung der THG-Emissionen aus dem Gebäudebereich um 43% bis 2030 gegenüber 2020; mind. 65% erneuerbare Wärme bei neuen Heizsystemen ab 1.1.2024) dürften – selbst bei der Realisierung von 500.000 Wärmepumpen jährlich – zu einer stärkeren Nachfrage nach Wärme auch aus Biomasse führen, allein schon durch eine stärkere Nutzung der 11 Mio. installierten Festbrennstofffeuerungsanlagen auf Basis von Holz. Hinzu kommen dürfte eine Zunahme des Holzeinsatzes in Holzkesseln insbesondere im energetisch un- bis wenig modernisierten Gebäudebestand, dessen energetische Modernisierung eine Generationenaufgabe ist. Und auch die wachsende Nachfrage zur Bereitstellung von Prozesswärme in Industrie und Gewerbe resultiert in einem höheren Holzverbrauch.
- **Auf dem deutschen Markt** hat die Nachfrage nach Errichtung neuer Holzfeuerstätten aus unterschiedlichen Gründen zugenommen. Selbst wenn keine Krisenszenarien kurzfristig eintreten sollten, wird die Anzahl der Feuerstätten zunehmen. Ob dadurch auch ein ggf. steigender Holzverbrauch der Verbrennung auf die Witterung oder den Betrieb von zusätzlich neu errichteten oder für den Notfall wieder aktivierte Feuerstätten zurückzuführen sein wird, ist nicht sicher zu prognostizieren.
- Nach Informationen der Kesselindustrie steigt auch die Nachfrage nach Heizungsanlagen für feste Brennstoffe besonders im größeren Leistungsbereich deutlich an. Inwiefern dies Auswirkungen auf den Holzverbrauch haben wird, lässt sich schwer abschätzen, da voraussichtlich kommende Anforderungen an Nachhaltigkeit und die Begrenzung der Nutzung gegenläufige Effekte erzeugen könnten.
- Weiterhin wird **von Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und/oder (geologischer) Einlagerung (unter anderem BeCCU und BeCCS)** ein substanzieller Beitrag zur Einhaltung des 2-Grad-Zieles erwartet [4], hierzu ergeben sich vor allem in Bezug auf größere Feuerungsanlagen mögliche Implikationen, wenn dort eine CO<sub>2</sub>-Abscheidung technisch und ökonomisch machbar erscheint.

- Verschiedene **Sektoren dürften zukünftig verstärkt nachwachsende Rohstoffe** einsetzen (z.B. Bausektor, Chemiesektor) und damit sowohl Klimaschutz als auch Rohstoffsicherheit erreichen. Wenn es langfristig dazu kommt, dass Lignin in Größenordnungen als Grundstoff für die Chemieindustrie als Ersatz für Erdöl genutzt wird, werden sich die bestehenden Stoffströme in den bestehenden Holzwertschöpfungsketten fundamental verändern.
- Die **Ausrichtung der energetischen Nutzung von Biomasse auf Rest- und Abfallstoffe** wird in verschiedenen politischen Strategien (z.B. Bioökonomiestrategie der Bundesregierung, sowie in der in Entwicklung befindlichen Biomassestrategie) gefordert. Rest- und Abfallstoffe sind teilweise ungenutzt bzw. werden minderwertig verwertet. Hier sind insbesondere Stroh, Park- und Gartenabfälle, Laub und industrielle Reststoffe zu nennen. Jedoch müssen diese Rest- und Abfallstoffe mobilisiert und aufbereitet werden, um sie als Brennstoff nutzbar zu machen. Auch sind die Anwendungsbereiche infolge des Brennstoffhandlings und der bei diesen Sortimenten höheren Stör- und Schadstoffkonzentrationen sowie dem daraus resultierenden höheren Aufwand für Emissionsminderungsmaßnahmen begrenzt auf größere Anlagen.

Die wesentlichen Anwendungsbereiche der Wärme aus Biomasse liegen bisher im Bereich der Gebäudewärme (bisher überwiegend in Einzelraumfeuerungsanlagen, aber zunehmend auch in Holzheizkesseln als monovalente Anlagen oder Grundlastanlagen), und in einigen Niedertemperaturanwendungen in der Industrie (bisher v.a. in der Holzindustrie, aber vielfach auch z.B. für Trocknungsprozesse), in der vor allem lokal anfallende Nebenprodukte der Holzverarbeitung und andere Reststoffe eingesetzt werden.



**Abbildung 2:** Energieholzverbrauch in Deutschland nach Nutzergruppen und Holzsortimenten; Darstellung C.A.R.M.E.N nach Döring et al. 2020, Döring et al. 2018a, Döring et al. 2018b); <https://www.carmen-ev.de/service/faqten/positions-papier-energieholz-nutzung-und-klima-schutz/>

Die Verbrennungstechnik vor allem für kleine Leistungsbereiche hat einen sehr hohen Entwicklungsstand erreicht und weist hohe Wirkungsgrade auf (85-93 % heizwertbezogen), für größere Anlagenkonzepte gibt es dennoch weiterhin Optimierungsmöglichkeiten. Die Feinstaub- und Luftbelastung aus neuen Einzelraumfeuerstätten konnte in den letzten Jahren unter anderem durch verbesserte Feuerungen, kontrollierte Luftführung und nachgeschaltete Emissionsminderungstechnologien etwas reduziert werden. Die erzielten Emissionsminderungen reichen aber aus Luftreinhaltesicht lange nicht aus. Vor allem die automatischen Regelungen, Staubabscheider und Katalysatoren werden noch nicht im ausreichenden Maße im Bestand und auch bei Neuanlagen eingesetzt, was auch an deren noch hohen Kosten im Vergleich zu den Feuerungskosten liegt. Die Emissionswerte von häuslichen Holzfeuerungen ohne wirksame Abscheider sind weiterhin (viel) zu hoch, um nachhaltig Wärme aus Holz in diesen kleinen Anlagen erzeugen zu können [5]. Die Grenzwerte auf EU-Ebene sind nicht ambitioniert genug [6]. Es sind verschiedene sekundäre Abgasreinigungsverfahren für unterschiedliche Leistungsbereiche bekannt und am Markt erhältlich. Allerdings ist deren Installation im kleinen Leistungsbereich (Öfen, Kaminöfen, kleine Kessel für Holzbrennstoffe) bisher nur sehr eingeschränkt erfolgt, da die gesetzlichen Grenzwerte deren Installation und Nutzung nicht zwingend erfordert.

Der technische Fortschritt bei der Reduzierung der Feinstaubemissionen aus Holzöfen und Holzkesseln wird in der Öffentlichkeit nur unzureichend wahrgenommen. Das ist mit der geringeren Wirtschaftlichkeit der Anlagen mit neuen Technologien zur umfassenden Emissionsminderung zu begründen. Bestandanlagen im Ofenbereich sind mit Emissionsminderungstechnologien auszurüsten oder stillzulegen. Aber ebenso sind Abgasreinigungsmaßnahmen an neuen Öfen und auch Kesseln zwingend erforderlich, so dass durch Weiterentwicklung die Kosten erheblich zu reduzieren sind, um eine weitgehende Markt- und Bestandsdurchdringung zu ermöglichen.

Ausbaufähig ist auch die Wärmebereitstellung und -nutzung aus Biogas. Hier werden durch verpasste politische Weichenstellungen keine Anreize zur Entwicklung von Vor-Ort-Konzepten gesetzt. Insgesamt gesehen werden die Potenziale in diesem Bereich zu Gunsten der Vorortverstromung nicht gehoben. »Diese Konzepte sind erprobt, werden jedoch zu selten umgesetzt, obwohl sie ökonomische Vorteile für die Anlagen bieten, Kraft-Wärmekopplung (KWK) ist hier eine vielversprechende Möglichkeit.«

## **Der Überfall auf die Ukraine und die damit verbundenen Verwerfungen verändern das energiewirtschaftliche Umfeld massiv**

Der russische Überfall auf die Ukraine und die wechselseitigen Sanktionen und Liefereinschränkungen seitens der EU und Russland haben sehr deutlich vor Augen geführt, wie stark in einer globalisierten Industriegesellschaft disruptive Verwerfungen in einzelnen Sektoren, derzeit insbesondere auch auf die Preise fossiler Energieträger, Auswirkungen auf das ökonomische und gesellschaftliche Gesamtsystem haben können. Nachdem die Politik jahrelang versucht hat, Investitionen in Erneuerbare Energien und Energieeffizienz mit Förderanreizen und einigen ordnungsrechtlichen Vorgaben anzureizen, haben höhere Gas- und Ölpreise gepaart mit der Angst vor Versorgungsengpässen angesichts möglicher Komplettlieferausfälle zu einer gänzlich anderen Bewertung von erneuerbaren Wärmeversorgungs-konzepten und einer gesteigerten Investitionsdynamik in diesem Bereich geführt. Gleichwohl dürfte diese Dynamik auch im Hinblick auf die langfristigen Ziele beim Klimaschutz, kostenbedingten Energieeinsparungen und dem geplanten Ausbau der Erneuerbare Energien weiter hoch bleiben, zusätzlich getrieben durch das ordnungsrechtliche Umfeld.

## Chancen und Herausforderungen für die Wärmewende

In Summe zeigt sich deutlich, dass über alle Ökosystemleistungen und Sektoren die Erwartungen einer stärkeren Holznutzung und gleichzeitig reduzierter Holzverfügbarkeit zu Spannungen und Nutzungskonflikten führen dürften. Es wird von der Biomassestrategie der Bundesregierung erwartet, hier zur Klärung beizutragen. Auf dieser Grundlage kann aus der weitergehenden Präzisierung eine Priorisierung der Biomassenutzung für die verschiedenen Nutzungspfade abgeleitet werden. Für die Bereitstellung von Wärme und Kälte aus Biomasse besteht bei gesteigerter Nachfrage auf der Ressourcenseite die Herausforderung, die begrenzten Rohstoffe noch stärker kreislauforientiert, effizienter und zielgerichteter zu nutzen. Die Mobilisierung und Nachverfolgbarkeit der Rest- und Abfallstoffe in einer Kaskadennutzung ist in vielen Bereichen die Voraussetzung für einen hohen und sicheren Klimaschutzbeitrag, sowie eine gesteigerte Ressourcen- und Energieeffizienz.

Der zielgerichtete Einsatz durch sowohl technische als auch konzeptionelle Integration von Bioenergie in Versorgungskonzepte aus erneuerbaren Energien bietet weitere Chancen: Bioenergie kann hier durch Ergänzung von Wärmepumpen und mit solarthermischen Anlagen hohe Klimaschutzbeiträge liefern. Je effizienter sie eingesetzt werden, desto größer ist der Anteil an der Energieversorgung, der sich mit den zur Verfügung stehenden Bioenergieressourcen abdecken lässt. Die Herausforderungen dieser integrierten (Hybrid-)Systeme bestehen in ihrer Handhabbarkeit, dem erhöhten Investitionsbedarf, ihrem Up-Scaling und der Sicherstellung geringer Emissionen entlang der gesamten Wärmebereitstellungskette.

Gleichzeitig ist mit den aktuell hohen und voraussichtlich dauerhaft erhöhten Energiepreisen die Investition in hybride, automatisierte Konzepte zur Wärme- und Kältebereitstellung aus erneuerbaren Energien mit Bioenergie in vielen Fällen ökonomisch leichter darstellbar und damit voraussichtlich schneller umsetzbar als zu den Konditionen des Jahres 2021. Unter bestimmten Randbedingungen stellt die Wärmeversorgung mit Biomasse auch künftig einen Beitrag (in dünn besiedelten ländlichen Gebieten). So ist der Zugang zu Wärme aus Biomasse gerade für die Besitzer nicht einfach energetischer Gebäude eine der wenigen Möglichkeiten, in intelligenter Kombination mit Wärmepumpen eine wirtschaftlich darstellbare Versorgung mit erneuerbarer Wärme zu erreichen. Für Gebäudeeigentümer mit begrenzten Investitionsmitteln ist die Möglichkeit, in moderne hybride Biomassezentralheizungen und in mehr Energieeffizienz ihres Gebäudes zu investieren, im Rahmen einer fairen Energiewende förderpolitisch zu gewährleisten und sozialverträglich zu gestalten.

Zudem vollzieht sich langsam, aber kontinuierlich, ein Wandel in der Nutzung von Biomasse weg von einer Grundlastversorgung zu einer Bereitstellung von Spitzenlast vor allem im Wärmebereich. Durch diese Entwicklung wird die Nutzung einerseits flexibilisiert, andererseits aber auch der Ressourceneinsatz optimiert und im Zusammenspiel mit anderen erneuerbaren Wärmequellen sukzessive reduziert.

Ein weiterer Zusatznutzen der Wärme- und Kältebereitstellung aus Biomasse in integrierten Versorgungssystemen kann die Abscheidung / Einlagerung von Kohlenstoff sein (BeCCS). Hier die verschiedenen Technologien auf den Prüfstand zu stellen und zu erproben kann weitere Chancen für den Klimaschutz, aber auch für die Verlängerung der Wertschöpfungskette, bieten.

Besondere Potenziale können dabei Nebenprodukte, wie Biokohle, haben, die eine Kohlenstoffanreicherung in Böden ermöglichen und die damit ohne die in Deutschland rechtlich ungelöste Frage der CO<sub>2</sub>-Einlagerung zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre beitragen können.

Hohes Potenzial bietet ebenfalls die Wärmeauskopplung der vorhandenen Biogasanlagen (KWK-Betrieb), welche im Anlagenbestand zurzeit noch deutliche Ausbaupotentiale aufweisen. So könnten durch die Errichtung oder Erweiterung lokaler Wärmenetze sowie die Nutzung mobiler Wärmespeicher diese bisher ungenutzten Abwärmepotentiale schnell gehoben werden. Die Nutzung von Biomethan für die reine Wärmeerzeugung ist bisher nur in wenigen Fällen eine wirtschaftlich attraktive Möglichkeit, da Biomethan vergleichsweise teuer und Wärme ein weniger wertvolles Produkt ist. Der prioritäre Einsatz von Biomethan in KWK-Anlagen scheint daher auch zukünftig geboten zu sein. Es ist eine relativ schnelle Umstellung der stromerzeugenden Biogasanlagen auf Einspeisung in oder Errichtung von Mikrogasnetzen (ohne Aufbereitung zu Biomethan) möglich.

## Forschungsfragen

Aus der obigen Darstellung kristallisieren sich sechs wesentliche Felder für Forschungsfragen heraus, die zeitnah beantwortet werden sollten. Dabei gibt es Fragestellungen, die im Rahmen von Mikroprojekten schnell zu bearbeiten sind, während andere eher in Verbundprojekten mit 2 bis 3 Jahren Laufzeit zu lösen sind.

### 1. Rohstoffmobilisierung:

- Trotz des Fokus des Programms »Energetische Biomassenutzung« auf eine verstärkte Erschließung von Rest- und Abfallstoffen, liegt der Marktschwerpunkt weiter auf Holzbrennstoffen und hier vor allem auf solchen mit hoher Qualität. Während die Aktivitäten zur Identifikation, Mobilisierung und Aufbereitung alternativer Rest- und Abfallstoffe weiter voranzutreiben sind, gilt es auch zu klären, wo die Markthemmnisse liegen und wie diese überwunden werden könnten (organisatorisch, technisch, förderseitig und rechtlich). Hierbei stellen insbesondere die Einhaltung der Anforderungen an die Luftreinhalte bei vielen biogenen Festbrennstoffen jenseits von Holz eine besondere Herausforderung dar. Dies gilt insbesondere für halmgutartige Biomasse. Eine weitere Herausforderung bei der Nutzung von organischen Reststoffen stellen die schwankenden Brennstoffeigenschaften dar. Hier gibt es hohen Entwicklungsbedarf im Bereich der Aufbereitungstechnik, Feuerungstechnik sowie der Abgasreinigung.
- Generell ist die Verbindung zur Kreislaufwirtschaft auszubauen oder noch besser im Sinne der Bioökonomie zu agieren, um die Eigenschaften und Mengen der zukünftig verfügbaren Rest- und Abfallstoffe besser einschätzen zu können. Dabei sollte die Betrachtung der erwarteten Effekte einer erhöhten stofflichen Nutzung von Rest- und Abfallstoffen Teil der Biomassestrategie sein. Für das Förderprogramm sollte ein verstärkter Fokus auf die Frage »Inwertsetzung« von biogenen Abfällen gelegt werden, um schwieriger handhabbare Biomassen (erhöhte Schadstoffgehalte) über Aufbereitung und Erarbeitung von Abfalleneuerordnungen wieder in einen regulären erneuerbaren Brennstoffmarkt zu integrieren. Neben Verfahrenskonzepten und rechtlichen Klärungen sind auch weiter verbesserte Sammlungs- und Aufbereitungstechnologien sowie die Charakterisierung von Rest- und Abfallstoffen hinsichtlich potentieller Nutzungsoptionen notwendig.
- In Abstimmung mit dem Naturschutz ist zu klären, wie und in welchem Maße Landschaftspflegeholz und insbesondere auch Waldpflegeholz (Kalamitäten, Schwachholzdurchforstung und Brandschutzentnahmen) im Sinne der Primärholzentnahmediskussion eingeordnet wird und wie diese Kontingente möglichst systemdienlich und klimaneutral genutzt werden können, ohne die Ökosysteme und ihre langfristige Leistungsfähigkeit zu gefährden.

- Auf europäischer Ebene kommt es zu einer zunehmenden Konkretisierung der Nachhaltigkeitsanforderungen und einer Ausweitung der Anwendungsfälle. Hier gilt es zu ermitteln, wie sich diese europäischen Anforderungen aus der RED II und die bereits diskutierten Nachhaltigkeitsanforderungen von Folgevorschriften (v.a. RED III) auf die Verfügbarkeit von Rest- und Abfallstoffe und die zu präferierenden Einsatzzwecke auswirken. Dies beinhaltet mögliche Fragen zur Rückführung von Nährstoffen in den Wald (z.B. Asche) im Sinn der Kreislaufwirtschaft und es ist zu prüfen, in welchem Rahmen diese ein differenziertes Nährstoffmanagement unterstützen kann. Aber auch die Nutzung von Aschen für stoffliche Zwecke gilt es weitergehend zu untersuchen.
- Die Datenlage über Verfügbarkeiten und Potentiale von Abfall- und Restbiomassen für die Bioenergie ist trotz Forschungsaktivitäten aktuell immer noch unzureichend, um die notwendige hohe räumliche, zeitliche und qualitative Auflösung zu gewährleisten. Eine kontinuierliche wissenschaftlich abgesicherte Datenerhebung über nachhaltig verfügbare Biomassepotentiale im Bereich der Abfall- und Restbiomassen ist mit Blick auf die zu erarbeitende nationale Biomassestrategie dringend geboten. Die Datenerhebung könnte zudem genutzt werden, um ein wissenschaftlich abgesichertes Marktmonitoring im Rahmen eines Preisspiegels für unterschiedliche Abfall- und Restbiomassen (Altholz, Siebüberläufe, Grünschnitt, etc.) zu etablieren.

## 2. Systemintegration von Bioenergie:

- Die grundsätzlich begrenzten Rohstoffangebote sind bei einer steigenden Nachfrage effizienter zu nutzen. Dies gilt verschärft dann, wenn die nachhaltig nutzbaren Mengen zwischenzeitlich oder auch dauerhaft zurückgehen sollten. Hier ist ein Paradigmenwechsel einzuleiten, so dass Biomasse zukünftig verstärkt für Spitzenlastanwendungen priorisiert wird, sowohl bei häuslichen Feuerungen als auch bei der Nahwärme im Zusammenspiel mit Großwärmepumpe und Geothermie/saisonaler Wärmespeicherung.
- Hybrid-Anlagen (Synergieeffekte in der Technologie; Nachrüstlösungen für Biomassekessel) für Heiz- und Prozesswärme sind zeitnah weiter zu entwickeln. Aber auch der Einfluss von Hybridanlagen auf die Emissionen der Wärmebereitstellung ist zu bewerten (z.B. wenn Biomasseanlage nur wenige Tage im Jahr läuft). Was sind die Konsequenzen? Sind Volllastgrenzwerte in der BImSchV oder bei der Förderung dann zeitgemäß? Wie ist es mit COP-Werten der Wärmepumpen? Vor allem ist hier eine Kostenoptimierung bei der bundesweiten Umsetzung denkbar. Wie ändert sich der Lastzyklus von Biomassefeuerungen? Und weiterführend beispielsweise die Auswirkungen auf die Emissionen von Feinstaub bei nur wenigen Betriebsstunden im Jahr. Welche Synergieeffekte ergeben sich beispielsweise bei Konzepten mit Geothermie und Biomasse, aber auch mit anderen erneuerbaren Energien?
- Systembewertung für hybride Wärme- und Kältekonzepte im Hinblick auf Kosten, aber auch Akzeptanz, Resilienz und Umsetzbarkeit zur Unterstützung der strategischen Auswahl der gesellschaftlich zielführendsten Ansätze auf unterschiedlichen Entscheidungsebenen (entsprechend der Prioritätensetzung des BMWK bei Wärmelösungen) inkl. der wissenschaftlichen Ableitung von ggf. notwendiger Förder- und rechtlicher Unterstützungsbedarfe für den vollständigen Überblick von Anwendungsfällen und Anlagenkonzepten (z.B. Rohstoff-Wärme-Nutzungs-Matrizen von hoch standardisierten Do-It-Yourself-Lösungen im Einzelkund\*innen-bereich bis hin zu individualisierten Speziallösungen im Prozesswärmebereich).

- Gerade die aktuell notwendige hohe Umsetzungsgeschwindigkeit der Energiewende im Wärmesektor in Verbindung mit dem bestehenden Fachkräfte- und Handwerkermangel erfordert die zeitnahe verbindliche Festlegung von Schnittstellenstandards (z.B. hardwareseitige Kopplung – z.B. Verteiler- und Umschaltbox; insbesondere aber Kommunikationsprotokolle, die eine gemeinsame Regelung erlauben), um eine einfache Kompatibilität der verschiedenen Produktkomponenten sicher zu stellen (z.B. jede Wärmepumpe sollte mit jeder Biomasseheizung und mit jedem Speicher grundsätzlich kombinierbar sein, ohne dass sich Installateur\*innen und Nutzer\*innen in drei verschiedene Systeme einarbeiten und individuelle Verbindungslösungen herstellen müssen). Dies sollte auch auf Bestandsanlagen ausgedehnt werden. IT-gestützte Ansätze für Beratung, Planung, Installation, Inbetriebnahme und Betriebsoptimierung bis hin zu IT-geführten Do-It-Yourself-Anleitungen, um den Handwerker- und Beratermangel überwinden zu helfen und nicht effiziente Technologien zur Wärmewende zu entkräften (positives Framing der erneuerbaren Lösungen inkl. einer systemdienlichen Bioenergienutzung).
- Energiesystemmodelle müssen die Charakteristika (Chancen und Herausforderungen) der Bioenergie angemessen darstellen. Dazu zählen neben den potenziellen Energiesystembeiträgen (als fester, flüssiger oder gasförmiger Energieträger mit unterschiedlicher Speicherbarkeit in bestehenden und künftigen Energieinfrastrukturen) auch die Rolle von Biomasse als C-Speicher über das Energiesystem hinaus, der zu einer künftigen Kohlenstoffwirtschaft beitragen kann. Zudem erforderlich ist auch eine verstärkt regionalisierte Betrachtung, die die unterschiedlichen Biomasseverfügbarkeiten, aber auch Lebenshintergründe berücksichtigt.
- Schließlich sind die Auswirkungen hoher Strom- und Gaspreise auf die Bioenergienutzung und andererseits unterschiedliche Biomassenutzungen (z.B. mehr Kaskadennutzung oder Begrenzung des Biomasseeinsatzes) auf ein kostenoptimales klimaneutrales Energiesystem bisher nur teilweise betrachtet. Unter Nutzung der Systemmodelle ist u.a. zu klären,
  - » Welche neuen Perspektiven sich bei der Bioenergie bei dauerhaft hohen Strom- und Gaspreisen ergeben?
  - » Welche volkswirtschaftlichen Kosten und sozialen Effekte sich ergeben, wenn aus politischen Gründen (z.B. Anpassung der Naturschutzzielausprägung) der Einsatz an Biomasse für Bioenergie gezielt beschränkt wird?
  - » Welchen Einfluss eine Kaskadennutzung auf den Energiepreis hat, da Ressourcenverfügbarkeit für energetische Zwecke eingeschränkt wird?
- Eine bisher in weiten Teilen sehr attraktive Investitionsförderung (z.B. für Wärmepumpen im BEG) in Verbindung mit einem hohen Transformationsdruck kombiniert mit hoher Nachfrage im Wärmebereich hemmt derzeit die Innovation zu effizienten und effektiven Hybrid-Lösungen aus Wärmepumpe und Biomassefeuerung. Hier könnte ein Wettbewerb für kostengünstige 100 % EE-Wärme- und Kältelösungen einen Innovations- und Entwicklungsschub erzeugen. Im Rahmen eines Mikroprojekts könnten kurzfristig Zielwerte für den Wärmegestehungspreis und den maximalen Biomasseeinsatz je nachgefragter Wärme-/Kältemenge für verschiedene Anwendungsfelder (z.B. Gebäude ohne Flächenheizung, schwer dämmbarer Altbau, industrielle Prozesswärme unter 150°C) bestimmt und ein Design für einen solchen Wettbewerb erarbeitet werden.

- Konzepte zur Nutzung der (niedertemperaturigen) Abwärme aus Biomasseanlagen: z.B. Konzepte mit Biogasanlagen, Wärmespeichern und Biomassekesseln als Spitzenlastlösungen, zudem Abluft aus Trocknungsprozessen (welche häufig auf Biogasanlagen Anwendung finden) als Wärmequelle für Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung aus dem Gärrest bzw. dem Gärrestlager von Biogasanlagen (welches zudem auch in Wärmespeicherkonzepten integriert werden kann) ggf. auch Kombination mit kalten Wärmenetzen, KWKK etc.
- Identifizierung und Abbau genehmigungsrechtlicher Hindernisse im Bereich der Holzenergie, insbesondere bei der Nutzung von Rest- und Abfallbiomassen als Biobrennstoff. Die Potentiale von Rest- und Abfallbiomassen als Biobrennstoff im Sinne der Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft werden aktuell durch zahlreiche europarechtliche und nationale Gesetzgebungen gehemmt (auf EU-Ebene v.a. durch Biomassedefinition in der IED, MCPD, wie auch national z.B. durch die 44.BImSchV). Beispielsweise ist der Einsatz von Biobrennstoffen aus Abfall- und Restbiomassen (insbesondere Holzabfälle, Siebüberläufe) in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der 44.BImSchV aufgrund von bestehenden Rechtsunsicherheiten im Immissionsschutzrecht deutlich erschwert. Durch die Entwicklung eines technologieoffenen Ansatzes in Abhängigkeit der verbauten Abgasreinigungstechnologie könnte eine Weiterentwicklung des Immissionsschutzrechts im Sinne des Klimaschutzes und der Ressourceneffizienz erfolgen.

### 3. Steigerung der Energieeffizienz bei der Nutzung von Bioenergieträgern

- Die Steigerung der Energieeffizienz bei der Nutzung von Energieträgern erhöht den Anteil an der Energieversorgung, der mit den begrenzten, nachhaltig nutzbaren Mengen an Bioenergieträgern gedeckt werden kann.
- Hierzu sollten u.a. breitere Einsatzmöglichkeiten für die Abgaswärmenutzung auch bei Bioenergieträgern entwickelt werden. Dazu bedarf es unter anderem auch der Weiterentwicklung von thermischen Speichern, Transport und Konzepten zur Nutzung von Abwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus. Dabei werden unterschiedliche Anforderungen an Speicher gestellt werden wie beispielsweise saisonale als auch Kurzzeitspeicher, Entwicklung von Speichermaterialien, die auf die jeweilige Anwendung abgestimmt sind, und Konzepte zur Speicherung, Transport und Nutzung von Abwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus.
- Des Weiteren besteht Entwicklungsbedarf für technische Lösungen zur Umrüstung von Wärmeerzeugern von fossilen auf erneuerbare Wärmeerzeugung.
- Anpassung der Abgasreinigung an neue Brennstoffe und bei Brennstoffwechsel.
- Anpassung der Verbrennungstechnologie inkl. der vor- und nachgelagerten Prozesse (Inputaufbereitung und Abgasreinigung sowie Aschehandling/ -verwertung)
  - » **Chemische Zusammensetzung, Brennstoffeigenschaften sowie Emissionen hängen von den organischen Einsatzstoffen ab (Holz bereits weitestgehend untersucht).**
  - » **Bei bisher nicht genutzten Reststoffen haben die vorgelagerten Prozesse und Einsatzstoffe großen Einfluss auf die Zusammensetzung, die Brennstoffeigenschaften und die Abgasreinigung (hoher Aschegehalt, hohe Verschlackungsneigung aufgrund niedriger Ascheerweichungspunkte, schlechtes Initialzündverhalten, hohe Wassergehalte und breite Partikelgrößenverteilung, höhere Schadstoffemissionen (z.B. Aromate, Stickstoff- und Schwefelverbindungen).**

- » **Flexibilisierung der Verbrennungstechnologie bzw. Konversionstechnologie (z.B. Erhöhung der Resilienz des Gesamtsystems) insbesondere durch flexiblen Einsatz unterschiedlicher Brennstoffe, Sicherstellung der Rauchgasreinigung bei Brennstoffwechsel und**
- » **Intelligente Steuerungskonzepte inkl. Sensorik für thermochemische Konversionsanlagen**
- Die Entwicklung von (Mikro)Netzen und Clustern zur Wärmenutzung kann sowohl technisch die Wirkungsgrade erhöhen als auch die ökonomische Tragfähigkeit verbessern. Diese werden im Forschungsnetzwerk Energiewendebauen erforscht und gefördert. Deren spezifische Eigenschaften werden in dieser Stellungnahme daher nicht vertieft.

#### **4. Clean Technology (Emissionen, Klimaschutz):**

- Im Rahmen der Novellierung der RED III wird die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Holzenergie in Frage gestellt. Dies wird auch von vielen Umwelt- und Naturschutzverbänden unterstützt, die eine Einzelbaumbetrachtung statt einer Betrachtung von Waldbeständen vorziehen. Eine differenzierte wissenschaftliche Bewertung zum wichtigen Beitrag der Holzenergie für die Energiewende und den Klimaschutz im Rahmen der angekündigten Biomassestrategie ist dringend geboten, dabei ist insbesondere die Bedeutung geschlossener Kohlenstoffkreisläufe herauszustellen.
- Klimaneutralität muss einer der vorrangigsten Handlungsleitsätze sein. Hierzu bedarf es vollständiger Informationen bezüglich der THG-Emissionen verschiedenster biogener Brenn- und Einsatzstoffe entlang der kompletten Wertschöpfungskette (z.B. auch den Wirkungen und Auswirkungen/Effekten von Zwischenlagerung von Holzbrennstoffen im Vergleich zum Verbleib im Wald – auch unter der zunehmenden Waldbrandgefahr im Zuge der häufigeren Dürreereignisse, Wirkung und Verwendung von Biomasseaschen, Wirkung von Biokohlen als weitergenutzte Reststoffe). Neben der wissenschaftlichen Erarbeitung von Bilanzmethoden gilt es, praxistaugliche Verfahren zu entwickeln und zu etablieren, die eine sichere Ausweisung und ggf. auch monetäre Bewertung erlauben (CO<sub>2</sub>-Bepreisung) (z.B. vergleichbar zu Blockchain um eine Nachverfolgbarkeit von Emissionsgutschriften zu gewährleisten).
- Als besonders wirksame Klimaschutzmaßnahme gilt die Reduktion von Methan- und anderen nicht CO<sub>2</sub>-bedingten Emissionen mit hohem Treibhausgaspotential (global warming potential) wie z.B. Lachgas, Ruß. Hierzu sind sowohl in der Konversion als auch in der Vorkette geeignete Maßnahmen zu entwickeln und in den Markt zu integrieren (z.B. langzeitwirksame Katalysatoren und die rechtlichen Rahmenseetzungen zu deren Einsatz bei Emissionsminderungsmaßnahmen).
  - » **Diverse Prüfungen einer Stückholzfeuerung im Naturzugbetrieb zeigten einen deutlichen Rückgang der THG-Emission und hier insbesondere der VOC-Emission, rückführbar auf zu große Verbrennungsluftmengen bei Abbrandstart und -ende während der Normprüfung bei konstantem Förderdruck. Dies stellt unter anderem die heute verwendeten Emissionsfaktoren in Frage (z.B. Normungsverfahren in simuliertem Naturzug).**
  - » **Auch in Bezug auf die mögliche Minderung von PAH und / oder BC/EC sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich.**

- Im Sinne der Reduzierung von Abfällen aus der energetischen Nutzung von Biomasse sind Verfahren zu entwickeln bzw. Konversionsanlagen so anzupassen, dass mit geeignet aufbereiteten Brennstoffen Sekundärrohstoffe gewonnen werden können und dann auch in die Nutzung gebracht werden (z.B. biogenes Silica oder Zementzusätze ...).
  - » Weitere alternative stoffliche Nutzungsmöglichkeiten für Holzaschen sind zu finden.
  - » In der zurzeit häufig noch sehr einseitig geführten Diskussion um Emissionsgrenzwerte (z.B. Feinstaub) gilt es neue Wege für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten zu entwickeln und zu evaluieren (z.B. partizipative Ansätze, erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen). Weitere Effizienzsteigerungsmaßnahmen bei der Verwertung von Biomasse (allgemein).

## 5. BeCCS/BeCCU:

- Das in Biomethananlagen aus dem Rohbiogas abgeschiedene CO<sub>2</sub> sollte generell genutzt werden. Dabei ist die Möglichkeit der Nutzung verschiedener regionaler Herstellungsquellen von Biomethan zu berücksichtigen. Entsprechende auch rechtlich gut umsetzbare Lösungsansätze sind zu entwickeln, zu beschreiben und im Hinblick auf ihre Klimawirksamkeit unter Kosten-Nutzen-Aspekten zu bewerten.
- Kopplung von Bioenergie- und Elektrolyse-Standorten. Nutzung von Sauerstoff eröffnet über die Oxyfuel-Verbrennung den Weg zu einer vergleichsweise einfach zu realisierenden CO<sub>2</sub>-Abscheidung mittels »Closed loop combustion«. Damit kann für BeCCS (d.h. Aminwäsche der Abgase) günstige Voraussetzungen geschaffen werden, indem die Abgaszusammensetzung überwiegend aus CO<sub>2</sub> besteht, so dass im günstigsten Fall das Abgas direkt deponiert werden kann.
- Während bei Kleinvergäsern für biogenen Festbrennstoffe bereits heute nennenswerte Mengen an pyrogenem Kohlenstoff anfallen, könnten auch die meisten herkömmlichen Biomassefeuerungen in ihrem Aufbau und thermochemischen Konversionsprinzip so weiterentwickelt werden, dass ein nennenswerter Anteil des Kohlenstoffs der Biomasse als pyrogene Kohle erhalten bleibt, auch wenn dies zu Lasten des Wirkungsgrades geht. Weitere Forschung ist nötig, ob mittels weiterer Verfahren eine PAK-freie Qualität erzielt werden kann und um die pyrogene Kohle z.B. als Bodenverbesserer und langfristigen C-Speicher zu etablieren. Dabei geht es bewusst nicht nur um Großanlagen, sondern die Vielzahl der Biomassekessel im Endkund\*innenbereich.
- Eine Abscheidung von Kohlenstoffdioxid am Ende der Verbrennung lässt sich aus heutiger Sicht kosteneffizient nur bei Großanlagen mit mindestens 400 MW Feuerungswärmeleistung realisieren. Insofern ist die klassische CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus dem Abgas primär im industriellen Bereich bzw. bei sehr großen Heiz(kraft)werken denkbar. Am zielführendsten erscheinen aus heutiger Sicht Demonstrationsprojekte an industriellen Prozessen mit immanenten CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie z.B. der Klinkerherstellung. Hier wären entsprechende Demoprojekte zur Erforschung der möglichen Integration geeigneter Biomassen in realen Prozessen mit CCS und damit dann auch BeCCS zu realisieren. Neben der Demonstration des Gesamtkonzepts bis hin zur CO<sub>2</sub>-Verwendung/Lagerung gilt es insbesondere die notwendigen Eigenschaften der eingesetzten Biomasse und deren dazu notwendigen Aufbereitung zu untersuchen.

- BeCCS erfordert aus heutiger Sicht die Bündelung großer Biomasse­mengen an einigen wenigen zentralen Standorten. Dementsprechend gilt es mit obigen Modellen zu untersuchen, wie sich BeCCS auf die bestehenden Bioenergiesysteme und die Entwicklung der Hybrid-Technologien auswirken wird (z.B. Biomasse-Allokation).

## 6. Bioenergie in einer fairen Energiewende?

- Die Energiewende kann sozialverträglich nur im Zusammenspiel und unter Berücksichtigung aller Effizienzmaßnahmen, einem optimalen Mix der verfügbaren Energieoptionen unter Berücksichtigung der Infrastrukturherausforderungen (Netze, Speicher) und gesellschaftlichen sowie rechtlichen Rahmenbedingungen gelingen.
- Neben dem Brennstoffverbrauchs- und -vorratsmonitoring fehlen dezidierte Informationen zur sozialpolitischen Relevanz der Biomassenutzung zu energetischen Zwecken. Hier gilt es die Datenbasis schnell auszuweiten, um diese Aspekte auch im Rahmen von Systemmodellierungen einbeziehen zu können.
- Hohe Energiepreise und gleichzeitig eingeschränkte Verfügbarkeiten von Brennstoffen bzw. biogenen Festbrennstoffen können zu verschiedenen gesellschaftlich unerwünschten Effekten führen. Diese reichen von einem verstärkten Einbau kostengünstiger und häufig im praktischen Betrieb mit höheren Emissionen verbundenen Einzelraumfeuerungen ohne Emissionsminderungstechnik – dies insbesondere auch, da ungeschulte und unerfahrene Nutzer mit ggf. ungenügender Brennstoffqualität auf Geräte stoßen, die Fehlbedienungen emissionsseitig kaum tolerieren, bis zur verstärkten Gefahr der missbräuchlichen Nutzung von Abfallholz und anderen Abfällen sowie einer gezielten unerlaubten Aneignung von biogenen Brennstoffen in Wald und Flur. Das Ausmaß dieser Effekte in Abhängigkeit der sozialgesellschaftlichen Rahmenbedingungen und der Energiepreise und Brennstoffverfügbarkeiten ist weitgehend unerforscht. In Anbetracht von heute 11 Millionen Endgeräten stößt das Ordnungsrecht schnell an seine Grenzen, so dass »weiche« Lenkungsansätze (wie z.B. Aufklärung, niederschwellige Schulungsangebote, organisierte nachbarschaftliche Hilfen, Sorgentelefon) an Bedeutung gewinnen und im Hinblick auf ihre Kosten-Nutzen-Wirkung erforscht werden sollten.
- In zahlreichen energiewirtschaftlichen Studien wird eine Transformation der Biomassenutzung hin zu industriellen Hochtemperaturprozessen als kostenoptimale Biomassenutzung in netto null Energiesystemen ausgewiesen. Daher stellt sich die Frage wie beispielsweise bei Holz solch ein Transformationspfad von der Einzelraumfeuerung hin zur Industrie aussehen kann, ohne soziale Probleme aufzuwerfen.
- In Summe sind die hier beschriebenen ausstehenden Erkenntnisse auch in die Gesamtsystemmodellierung einzubeziehen, um aufgrund kurzfristig vermeintlicher Handlungsnotwendigkeiten entstehende Lock-In-Effekte zu vermeiden (z.B. ein angeschaffter Kaminofen wird voraussichtlich auch nach Entspannung der aktuellen Energiepreissituation zumindest gelegentlich weiter genutzt).

## Literatur

- [1] <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/reduktion-von-treibhausgas-emissionen-durch-die-nutzung-erneuerbarer-energien-2021.html>
- [2] [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75e-d71a1.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75e-d71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF)
- [3] <https://www.topagrar.com/energie/news/eu-plant-mit-der-red-iii-einschraenkungen-bei-der-bioenergie-12746430.html>
- [4] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12798>, [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf)
- [5] <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltzeichen-blauer-engel-entwicklung-von>
- [6] <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/environmental-impact-on-people/special-exposure-situations/emissions-from-wood-coal-burning-stoves-in#our-advice-on-wood-burning-systems> und <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231015300728>
- [7] <https://arxiv.org/abs/1908.10065>

## Quellen der Abbildung 1

- [a] bis 2004 nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB); ab 2005 nach Thünen-Institut; inklusive Holzkohle
- [b] GHD = Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor; Endenergieverbrauch zur ungekoppelten Wärmeerzeugung nach Thünen-Institut, zuzüglich des Brennstoffeinsatzes für Wärme in dezentralen KWK-Anlagen; inklusive Holzkohle; ab 2018 inklusive Klärschlamm
- [c] Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes, inklusive Klärschlamm
- [d] Heizwerke und Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung, inklusive Klärschlamm
- [e] inklusive Biodiesel für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär; ab 2010 inklusive beigemischttem Bioethanol

Auf den biogenen Anteil des Abfalls wurde bei dieser Darstellung verzichtet: Für eine Darstellung des biogenen Anteils des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen können diese mit 50 % angesetzt werden; ab 2008 waren es nur Siedlungsabfälle; inkl. eines Rückgangs 2008 durch erstmalige Berücksichtigung neu verfügbarer Daten (statistische Anpassung).

# 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/q5na-j745**

## Herausgebende

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

## Redaktion DBFZ

**Martin Dotzauer, Tina Händler, Prof. Ingo Hartmann; Joshua Röbisch,**

**Anna Flora Schade, Uta Schmieder, Vera Tens**

## Layout, Satz & Grafiken

**Joshua Röbisch**

## Hauptautoren

**Daniela Thrän & Volker Lenz**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Frank Baur**, IZES gGmbH

**Martin Bentele**, Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV)

**Dr. Elisabeth Berger**, bc – berger communications

**Annina-Louisa Brinkmann**, Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV)

**Jakob Bosch**, Deutsches Pelletinstitut GmbH

**Onno Cramer**, LEDA Werk GmbH & Co. KG

**Martin Dotzauer**, DBFZ

**Heidi Freund**, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV)

**Prof. Ingo Hartmann**, DBFZ

**Dr. Hans Hartmann**, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

**Frank Kienle**, HKI – Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e. V.

**Markus Knothe**, Schornsteinfeger

**Dr. Daniel Kuptz**, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

**Julia Langer**, Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)

**Dr. Volker Lenz**, DBFZ

**Marc Lincke**, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)

**Martin Meiller**, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

**Veronique Müller**, Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Projektträger



## Begleitforung



## Beteiligung



**Markus Schlichter**, Bevollmächtigter Bezirksschornsteinfeger, Dena-Fachexperte

**Uta Schmieder**, DBFZ

**Annekathrin Schmitt**, Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)

**Gerhard Schmoeckel**, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

**Thomas Schnabel**, Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)

**Wolfram Schöberl**, C.A.R.M.E.N. e.V.

**Björn Schwarz**, Fraunhofer IKTS Dresden & Hermsdorf, Abteilung Kreislauftechnologien und Wasser

**Detlef Seelbach**, Schornsteinfegerinnung Koblenz

**Ingolf Seick**, Hochschule Magdeburg-Stendal, Wasser- und Kreislaufwirtschaft

**Anna Katharina Sievers**, Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV)

**Prof. Daniela Thrän**, DBFZ

**Malte Trumpa**, Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE)

**Bernhard Wern**, IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme

## **Förderung**

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