

DISKUSSIONSPAPIER

Nachhaltigkeit von Holzenergie

Harry Schindler, Stefan Majer, Daniela Thrän, Volker Lenz

Ansprechpartner*innen:

Dr. Harry Schindler

Tel.: +49 (0)341 2434-557

E-Mail: harry.schindler@dbfz.de

Dr. Volker Lenz

Tel.: +49 (0)341 2434-450

E-Mail: volker.lenz@dbfz.de

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige
GmbH

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

Internet: www.dbfz.de

Stand: 11/2023

Grafiken: Joshua Röbisch

Zitation: Schindler, H.; Majer, M., Thrän, D.; Lenz, V. (2023): Nachhaltigkeit von Holzenergie, DBFZ Diskussionspapier, Leipzig.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	4
Zusammenfassung.....	5
1 Einleitung	7
2 Klimaeffekte von Holzenergie.....	9
3 Nachhaltigkeit von Holzenergie.....	13
4 Weiterentwicklung der Regulierung von Holzenergie	21
5 Fazit.....	33

Abkürzungsverzeichnis

BECCS	Bioenergy with Carbon Capture and Storage
BECCU	Bioenergy with Carbon Capture and Utilization
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ESR	EU Effort Sharing Regulation / EU-Lastenteilungsverordnung (EU-VO 2018/842)
ETS	EU Emissions Trading System / EU-Emissionshandelssystem (EU-VO 2003/87 EG)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
RED	EU Renewable Energy Directive / EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU-RL 2018/2001)
SDG	UN Sustainable Development Goal(s) / UN-Ziel(e) für nachhaltige Entwicklung

Zusammenfassung

- Holz wird nicht nur für die Herstellung von Möbeln, Papier und Baumaterialien benötigt. Auch als Energielieferant, für den Naturschutz und die chemische Industrie stellt Forstbiomasse es eine wichtige erneuerbare Ressource dar. **Aufgrund der vielfältigen Bedarfe und einer begrenzten Verfügbarkeit müssen mögliche Nutzungen sorgfältig abgewogen werden.**
- Die **Klimaeffekte energetischer Holznutzungen sind komplex und stark kontextabhängig**. Pauschale Aussagen, etwa dass Holzbrennstoffe grundsätzlich klimaneutral oder klimaschädlicher als fossile Energieträger seien, werden dieser Komplexität nicht gerecht.
- Neben Klimaeffekten haben energetische Holznutzungen auch Auswirkungen auf andere ökologische sowie ökonomische und soziale Nachhaltigkeitsziele. Eine **Bewertung der Nachhaltigkeit** energetischer Holznutzungen **muss daher über die Betrachtung von Treibhausgasbilanzen hinausgehen**.
- Eine Möglichkeit, Holzenergie ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltig zu gestalten, ist die **Ausrichtung sämtlicher Holznutzungen nach dem Kriterium der ‚qualifizierten Klimaschutzeffizienz‘**. Hierbei wird Holz im Rahmen ökologischer und sozialer Leitplanken so auf Wälder, stoffliche Holzprodukte und Holzenergie verteilt, dass die Kosten des Klimaschutzes sektorenübergreifend minimiert werden. Ein effizienter Klimaschutzbeitrag von Wäldern bzw. des Landnutzungssektors LULUCF ist aus dieser Perspektive ein wesentlicher Orientierungspunkt für den nachhaltigen Umfang von Holzenergie.
- Langlebige Holzprodukte und die mehrfache Nutzung von Holz in Kaskaden können wichtige Beiträge zum Klima- und Ressourcenschutz leisten. Ob nachhaltige Holzkaskaden mit Holzenergie als letzter Stufe durch Maßnahmen der Energiepolitik sichergestellt werden können, ist allerdings fraglich. Die in der EU-RED vorgesehenen **Nutzungshierarchien und -ausschlüsse entsprechen nicht der komplexen Realität der Forst- und Holzwirtschaft**. Umsetzung und Weiterentwicklung solcher Vorgaben laufen Gefahr, Staat und Holznutzende mit zunehmenden Überwachungs- und Zertifizierungsprozessen zu überfordern.
- Anstatt über Nutzungshierarchien Symptome verzerrter Holzmärkte zu adressieren, kann die Beseitigung der Ursachen für ineffiziente Holznutzungen eine geeignetere Strategie für nachhaltige Holzkaskaden darstellen. Hierzu ist kein energiepolitischer, sondern ein klimapolitischer Ansatz erforderlich. Dieser umfasst einen **CO₂-Preis auch auf biogene Emissionen aus Holz sowie die finanzielle Honorierung von Kohlenstoffspeichern**. Hiermit lässt sich klimafreundliche Holzenergie sicherstellen, ohne die komplexen Treibhausgaseffekte individueller Holzbrennstoffe ermitteln zu müssen.

- **Die pauschale finanzielle Förderung von Holzenergie über BEG, EEG und ähnliche Politikinstrumente steht einer nachhaltigen Holznutzung entgegen.** Diese Fördermaßnahmen sind volkswirtschaftlich ineffizient und konterkarieren das Ziel der Ausweitung der LULUCF-Kohlenstoffsénke. Hierdurch erzielte Fortschritte etwa in der Wärmewende drohen zudem mit einem Holzmangel für die stoffliche Bioökonomie erkaufte zu werden. Sinnvoll ist eine angemessene Förderung innovativer Energietechnologien, etwa hybrider Heizungssysteme. Die notwendige sozialpolitische Abfederung der Wärmewende sollte möglichst anreizneutral erfolgen, beispielsweise über ein Klimageld.
- Der Abbau von Energiesubventionen und die Einführung eines CO₂-Preises auf Emissionen aus Holz bedeuten nicht das Ende der Holzenergie. Vielmehr leiten diese Schritte die **notwendige Transformation hin zu einer multifunktionalen Rolle holzbasierter Energieträger** ein. Diese müssen zukünftig neben Wärme, Strom oder Kraftstoffen auch erneuerbaren Kohlenstoff bereitstellen, und in Verbindung mit CCS zur Kompensation von Residualemissionen beitragen bzw. Negativemissionen ermöglichen.

1 Einleitung

In Deutschland wird etwa die Hälfte des jährlich geernteten Holzes energetisch genutzt, ca. 60 Mio. m³. Etwa ein Viertel davon ist Stammholz unterschiedlicher Qualitäten, das als Scheitholz meist in privaten Kaminen oder Kachelöfen verbrannt wird. In der gewerblichen Nutzung, also etwa in Holz(heiz)kraftwerken, kommen überwiegend Holzabfälle (Altholz), Reststoffe aus der Holzernte oder der Holzverarbeitung, nicht sägefähiges Industrieholz oder sonstige Hölzer, etwa aus der Landschaftspflege, zum Einsatz.¹

Die Energiegewinnung aus Holz wird seit langem kontrovers diskutiert. Einerseits ist Holz eine wichtige Option zur Reduzierung fossiler Energien im Wärmesektor – etwa zwei Drittel der erneuerbaren Wärme in Deutschland wird zurzeit aus diesem Energieträger gewonnen.² Auch für die Stromerzeugung und im Verkehr ist Holz eine begehrte Ressource: Unter anderem gibt es – im Ausland aber auch hierzulande – zunehmend Bestrebungen, die Stromerzeugung in Kohlekraftwerken zukünftig auf Biomasse, insbesondere Holz, umzustellen. Im Verkehrssektor sehen Projektionen der Europäischen Kommission zukünftig eine hohe Nachfrage nach holzbasierten Kraftstoffen vor, um fossile Kraftstoffe in der Schifffahrt und im Luftverkehr zu ersetzen.³

Andererseits besteht vielfach die Sorge, dass die Nachfrage der Energiesektoren nach Holz die Klimaschutzbeiträge von Wäldern mittel- bis langfristig beeinträchtigt.⁴ Bis 2030 soll die Senkenleistung von Wäldern und Holzprodukten stark erhöht werden, nicht zuletzt um technisch schwer vermeidbare ‚Restemissionen‘ auszugleichen.⁵ Auch wird zukünftig mehr Holz für stoffliche Nutzungen benötigt, weil etwa der Bausektor zur Senkung seiner Emissionen verstärkt holzbasierte Baustoffe einsetzen soll.⁶

¹ Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie, Teilbericht zu den Projekten BioSINK und BioWISE,

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-01-05_cc_12-2022_aktuelle_nutzung_und_foerderung_der_holzenergie.pdf.

² Umweltbundesamt (2023): Erneuerbare Energien in Zahlen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#wuerme>.

³ Z. B. EU COM (2021): COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT Accompanying the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, SWD(2021) 635 final, S. 57f.

⁴ Z. B. Searchinger, T. D. et al. (2018): Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. In: Nature Communications 9 (1), S. 3741, <https://www.nature.com/articles/s41467-018-06175-4>.

⁵ Art. 4 Abs. 2 der Verordnung (EU) 2018/841, geändert durch Verordnung (EU) 2023/839 vom 19.4.2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R0841-20230511>.

⁶ BMWSB und BMEL (2023): Handreichung Holzbauinitiative. Strategie der Bundesregierung zur Stärkung des Holzbaus als ein wichtiger Beitrag für ein klimagerechtes und ressourceneffizientes Bauen, <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/bauen/holzbauintiative.html>.

Die konkurrierenden Nutzungsansprüche an Holz und auch seine komplexen Klimaeffekte erschweren eine Einordnung, in welchem Umfang energetische Nutzungen nachhaltig sind. Das vorliegende Papier soll zu einem besseren Verständnis dieser Herausforderung sowie von möglichen Lösungen beitragen. Dazu werden zunächst die Treibhausgaseffekte von Holzenergie dargestellt (Abschnitt 2). Anschließend wird ein integriertes Nachhaltigkeitskonzept beschrieben, das neben Klimaeffekten auch ökonomischen, sozialen und weiteren ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten Rechnung trägt (Abschnitt 3). Auf dieser Grundlage wird schließlich ein Ansatz zur Weiterentwicklung des politischen Rahmens für Holzenergie vorgestellt (Abschnitt 4).

2 Klimaeffekte von Holzenergie

Untersuchungen zu den möglichen Klimaeffekten der energetischen Nutzung von Holzbiomasse kommen zu einer großen Bandbreite an Aussagen. Diese reichen von der Position, Holzenergie sei grundsätzlich klimaneutral, bis zur Ansicht, sie verursache höhere Treibhausgasemissionen als fossile Brennstoffe. Tatsächlich hängen die Klimaeffekte von Holzenergie stark vom räumlichen und zeitlichen Kontext ab, etwa davon, wie sich das Biomassewachstum in einem bestimmten Wald oder Landnutzungen infolge der Energienachfrage verändern. Auch sogenannte Vorkettenemissionen im Zusammenhang mit der Verarbeitung, dem Transport und anderen Aktivitäten rund um Produktion und Nutzung von Holzenergieträgern können eine wichtige Rolle spielen.

Daraus ergibt sich ein komplexes Gesamtbild, das sich in verschiedene Bewertungsebenen zerlegen lässt. Unter anderem müssen folgende Effekte berücksichtigt werden:

1. **Verbrennungsemissionen:** Bei der Verbrennung von Holz wird der in der Biomasse gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt. Zusätzlich können bei unvollständiger Verbrennung treibhauswirksame Luftschadstoffe wie z. B. Methan oder Ruß freigesetzt werden. Die Abscheidung und Speicherung von Verbrennungsemissionen (CCS) kann ihre Freisetzung über relevante Zeiträume hinweg hinauszögern.
2. **Vorkettenemissionen:** Forstwirtschaft, Holztransporte und die Weiterverarbeitung von Holz zu Brennstoffen wie Pellets können zusätzliche fossile Treibhausgasemissionen verursachen. Diese verändern sich kontinuierlich im Zuge der Energiewende.
3. **Emissionsvermeidung:** Holzenergie kann fossile Brennstoffe ersetzen, und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen vermeiden.
4. **Kohlenstoffbindung in Wäldern und Holzprodukten sowie Emissionen von Landnutzungsänderungen:** Holzeinschläge beenden das Wachstum und damit den weiteren Prozess der Kohlenstoffbindung in der geernteten Biomasse. Nachwachsendes Holz bindet erneut Kohlenstoff aus der Atmosphäre. Wird Holz stofflich statt für Energie genutzt, speichert dies im Vergleich zur energiebedingten Freisetzung Kohlenstoff. Werden Waldflächen zulasten anderer Landnutzungen ausgeweitet, können zusätzliche Klimawirkungen eintreten.

Diese Vielfalt der Klimaeffekte von Holzenergie zeigt, dass ihre klimapolitische Bewertung herausfordernd ist, und den Einsatz aufwändiger Modelle erfordern kann. Unabhängig von

der verwendeten Methode ist es wichtig, sowohl Effekte auf der Ebene der Wälder bzw. Landnutzung als auch auf der Ebene der Holz- und Energieprodukte zu erfassen (siehe Abbildung 1).

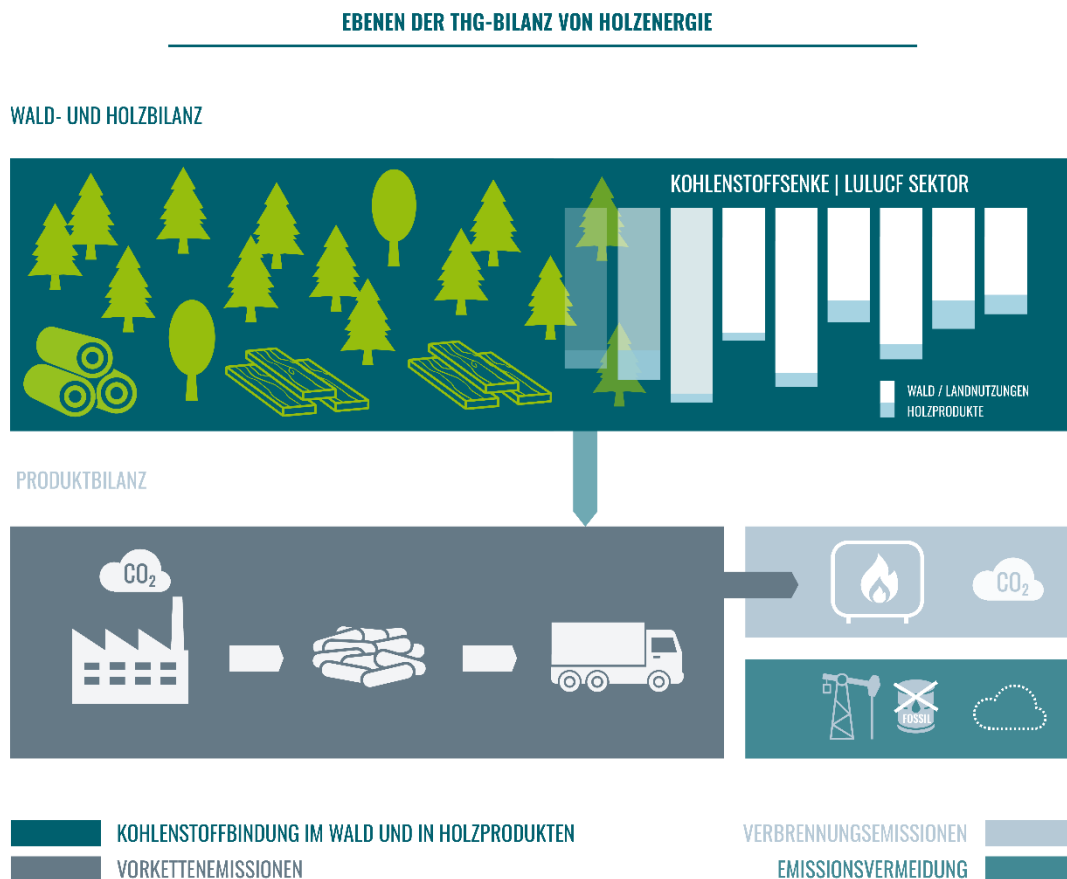


Abbildung 1: Ebenen der Treibhausgas-Bilanz von Holzenergie (vereinfachte Darstellung)

Die Komplexität dieser verschiedenen Bewertungsebenen und der unterschiedliche Umgang mit diesen ist einer der wesentlichen Gründe für die widersprüchlichen Bewertungen der Klimaeffekte von Holzenergie. Neben den Besonderheiten der jeweils betrachteten Waldökosysteme führt vor allem die Wahl unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Systemgrenzen der Analyse, insbesondere auf der Ebene der Holzbereitstellung, zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen.

So wird die Antwort auf die Frage nach den Klimaeffekten der Holzenergie unterschiedlich ausfallen, je nachdem ob Klimawirkungen im Hinblick auf einen einzelnen Baum oder auf Ebene größerer Flächen (Gesamtbilanz von Holzzuwachs und Entnahme über eine ausgewählte Waldfläche und einen definierten Zeitraum) betrachtet werden. Auch wird eine Erfassung von Effekten nach 10, 50 oder 100 Jahren zu verschiedenen Ergebnissen führen.

Die große Bedeutung der Entwicklung der Kohlenstoff-Senke des Waldes für die Treibhausgasbilanz von Holzenergie legt eine Analyse für größere Gebietseinheiten oder sogar für ganze Staaten nahe, um allgemeinere Aussagen und Trends für die Bewertung von Holzenergie abzuleiten. Eine solche Betrachtung setzt allerdings eine geeignete Datenbasis (u. a. Bundeswaldinventur- und entsprechende Marktdaten) voraus, die es erlaubt, die Entwicklung der Kohlenstoffbilanz der jeweiligen Fläche mit der Treibhausgasbilanz von Holzprodukten zu verbinden. Dementsprechend ist diese Art der Analyse mit einem höheren Aufwand verbunden und deutlich komplexer als die vereinfachende Betrachtung auf der Einzelbaumebene.

Treibhausgasbilanzen auf regionaler Ebene können einen Kompromiss zwischen sehr aufwändigen und zu stark vereinfachten Ansätzen zur Bewertung der Klimawirkung von Holzenergie darstellen.

Als Kompromiss zwischen den beiden Polen einer möglichst umfassenden, modellbasierten und entsprechend aufwändigen Analyse einerseits und zu stark vereinfachten Betrachtungen wie dem isolierten Vergleich von Verbrennungsemissionen andererseits ist es zunehmend üblich, Lebenszyklusanalysen auf regionaler Ebene vorzunehmen. Hierbei wird die jeweilige Einzugsfläche berücksichtigt, auf der forstwirtschaftliche Entscheidungen stattfinden, die die Ernte der betrachteten Biomasse betreffen.⁷ Eine solche Betrachtung lässt spezifischere, auf Regionen bezogene Aussagen zu den Klimaeffekten aus der Biomassenutzung bestimmter Flächen zu.

Auch wenn, wie oben beschrieben, allgemeingültige Aussagen zu den Klimaeffekten von Holzenergie schwierig sind, lassen sich folgende Punkte schlussfolgern:

- Die Entwicklung der Kohlenstoffsенке des Waldes ist ein maßgeblicher Indikator für den Klimaschutzbeitrag von Waldflächen und Holzenergie. Die Bewirtschaftung von Waldflächen beeinflusst diesen Indikator je nach Zustand der Waldfläche positiv oder negativ. Die Entwicklung der Kohlenstoffbilanz des Waldes ist zudem ein wichtiger Indikator für die dauerhaft nachhaltige Verfügbarkeit von Holz als Rohstoff für die stoffliche und energetische Nutzung. Führt, vereinfacht formuliert, eine stark steigende Nachfrage nach Holz für Energie zu einer Entnahme an Holz, die höher wäre als der Zuwachs, würde dies die Kohlenstoffbilanz des Waldes negativ beeinflussen. Dies wäre ein deutlicher Indikator für eine negative Klimabilanz der

⁷ Siehe den Vorschlag von Cowie, A. L. et al. (2021): Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy. *GCB Bioenergy*, 13:8, 1210-1231. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12844>.

entsprechenden Holzenergiepfade. In Regionen, in denen wiederum auch bei positiver Entwicklung ein Potenzial an Holzbiomasse für stoffliche und energetische Anwendungen zur Verfügung stünde, könnte diese genutzt werden, ohne die Bilanz der Waldfläche zu verschlechtern. Wichtig für die Bewertung ist zudem die Entwicklung der Senkenleistung über die Zeit, vor allem in Bezug auf übergeordnete Klimaschutzbeiträge des Forstsektors. Eine wesentliche Folgefrage wäre dann, an welcher Stelle der Nutzungskaskade die energetische Nutzung kommen sollte. Um den im Holz gebundenen Kohlenstoff möglichst der Atmosphäre zu entziehen, sollte Holz möglichst weitgehend stofflich genutzt werden. Eine energetische Nutzung von Holz kommt dann in Frage, wenn keine höherwertige stoffliche Nutzung mehr sinnvoll ist (siehe dazu Abschnitt 4).

- Weitere Einflussfaktoren auf die THG-Bilanz von Holzenergie ergeben sich über die direkte Prozesskette zur Bereitstellung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen aus Holzbiomasse (am Ende einer Nutzungskaskade). Die Bereitstellung von Energie sollte für eine günstige THG-Bilanz möglichst effizient erfolgen. Dabei sind u. a. folgende Aspekte relevant: eingesetzte Energieträger und Hilfsstoffe und deren Vorkettenemissionen, der Wirkungsgrad der Energiebereitstellung aus Holz sowie die Einsatzbereiche der Holzenergie und die damit verbundene Substitution anderer Energieträger, die Sauberkeit der Verbrennung, etwaige klimawirksame Luftschadstoffe bei einer unvollständigen Umwandlung und ggf. vorhandene positive Substitutionseffekte der Konversionsrückstände (z. B. Aschen im Beton). Diese Emissionen lassen sich, entlang der Prozesskette messen, bilanzieren und durch alternative Einsatzstoffe und Energieträger, sowie durch technische Anpassungen (z.B. CO₂ Abscheidung) weiter reduzieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Klimaeffekte von Holzenergie komplex sind, und eine sorgfältige Betrachtung des jeweiligen Kontextes erfordern. Pauschale Aussagen, dass Holzbrennstoffe klimaneutral oder klimaschädlicher als fossile Energieträger seien, werden der vielschichtigen Sachlage nicht gerecht. Mithilfe von Treibhausgasbilanzen, die sowohl die Effekte von Holzenergie auf Wälder als auch auf der Produktebene erfassen, können die Klimawirkungen sichtbar gemacht werden. Dabei ist in der Praxis ein Mittelweg zwischen der möglichst umfassenden Abbildung sämtlicher Klimaeffekte und dem damit verbundenen Datenerfassungs- und ggf. Modellierungsaufwand zu suchen. Einen solchen Mittelweg können Bilanzierungsansätze auf regionaler Ebene darstellen.

3 Nachhaltigkeit von Holzenergie

Klimaeffekte sind ein wichtiges Element für die Bewertung, ob Holzenergie nachhaltig ist. Die Betrachtung von Treibhausgaswirkungen ist hierfür aber nicht ausreichend. Für eine solche Bewertung muss auch gefragt werden, ob alternative (stoffliche) Holznutzungen oder andere verfügbare Energieoptionen mehr zum Klimaschutz beitragen. Außerdem sind neben dem Klimaschutz weitere Nachhaltigkeitsdimensionen zu beachten. So haben Holznutzungen (bzw. die zugrunde liegende Holzerzeugung) unter anderem Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit (wo Wald wächst, kann kein Ackerbau betrieben werden), auf Biodiversität, Arbeitsplätze, Wirtschaftswachstum usw. Die Komplexität einer Nachhaltigkeitsbewertung wird weiter gesteigert, da zwischen unterschiedlichen Nachhaltigkeitsdimensionen häufig Trade-offs bestehen, etwa wenn mehr Arbeitsplätze und Wertschöpfung durch Holzenergie mit geringerem Klimaschutz einhergehen. Ein Nachhaltigkeitskonzept für Holzenergie muss weiterhin ökologische Grenzen wie das 1,5-2-Grad-Ziel im Klimaschutz beachten.⁸ Mit anderen Worten kann ein Verfehlen solcher Grenzen nicht aufgewogen werden etwa durch ökonomische Vorteile (Wachstum, Arbeitsplätze). Gleiches gilt für inakzeptable Verluste an Biodiversität.

Neben Emissionseffekten sind weitere Nachhaltigkeitsdimensionen und die jeweils relevanten ökologischen Grenzen zu beachten.

Die Vielschichtigkeit der Nachhaltigkeitswirkungen energetischer Biomassenutzungen hat in der Vergangenheit Anlass zu umfangreichen Bewertungsstudien gegeben.⁹ Oftmals werden hierbei die Beiträge von Bioenergie zu den UN-Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals, SDGs) erfasst. Obwohl solche Untersuchungen viele wichtige Erkenntnisse liefern, bleiben dabei zentrale Fragen offen. Unklar bleibt etwa, wie sich Nachhaltigkeitseffekte bei steigender oder fallender Nachfrage verändern, also welche *Gesamtmenge* an Bioenergie nachhaltig bzw. vereinbar mit ökologischen Grenzen ist. Auch ob Holzenergie eine bessere oder schlechtere Alternative etwa zu anderen Energieoptionen darstellt, wird hieraus oft nicht ersichtlich. Die Erfassung einzelner Nachhaltigkeitseffekte wirft zudem die Frage auf, wie Bioenergieoptionen einzuordnen sind, die sich auf einige

⁸ <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>.

⁹ Z. B. Blair, M. J. et al. (2021): Contribution of Biomass Supply Chains for Bioenergy to Sustainable Development Goals, *Land* 2021, 10, 181. <https://doi.org/10.3390/land10020181>; Welfle, A. J. et al. (2023): Sustainability of bioenergy – Mapping the risks & benefits to inform future bioenergy systems, *Biomass and Bioenergy* 177 (2023) 106919, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106919>.

SDGs positiv auswirken, auf andere aber negativ (Umgang mit Trade-offs, siehe Abbildung 2).

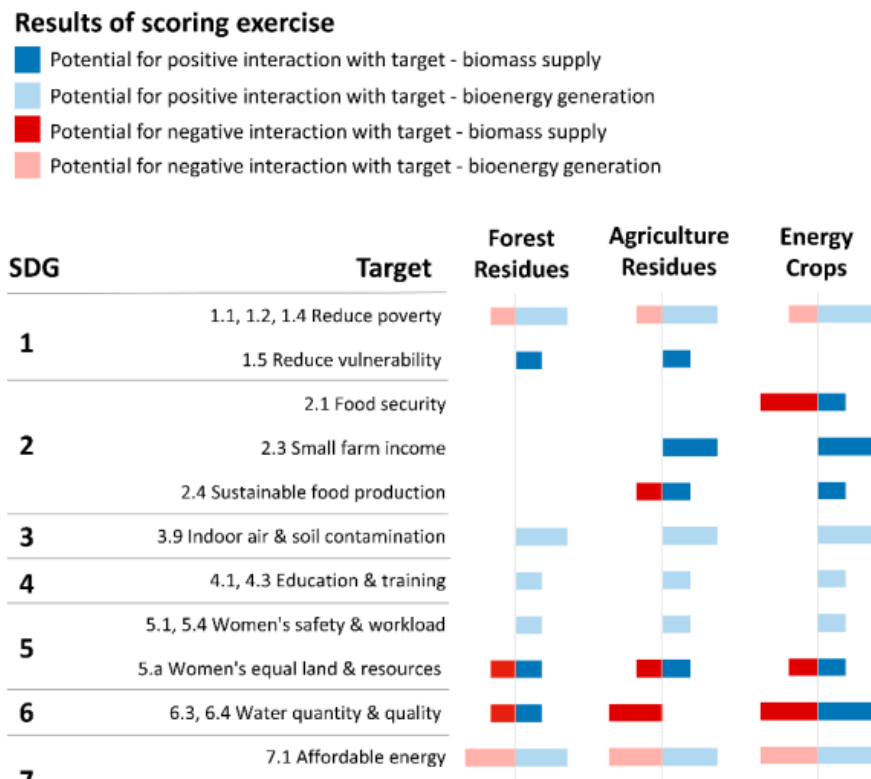


Abbildung 2: Effekte unterschiedlicher biogener Energieträger auf UN-Nachhaltigkeitsziele (SDGs) (Ausschnitt).

Quelle: Blair, M. J. et al. (2021): Contribution of Biomass Supply Chains for Bioenergy to Sustainable Development Goals, *Land* 2021, 10, 181. <https://doi.org/10.3390/land10020181>.

Diese Trade-offs zeigen, dass eine eindeutige Antwort auf die Frage nach der Nachhaltigkeit von Holzenergie selten möglich sein dürfte. Ob Fortschritte bei einem SDG Rückschritte bei einem anderen SDG aufwiegen, und ob das widersprüchliche Gesamtbild eher nachhaltig ist als das ebenfalls widersprüchliche Gesamtbild alternativer Energieoptionen, muss im Rahmen ökologischer Grenzen letztlich politisch entschieden werden.

In der Klimapolitik der Europäischen Union ist ein konkreter Nachhaltigkeitskompass für Holzenergie bereits angelegt.

Das heißt nicht, dass die Bewertung der Nachhaltigkeit von Holzenergie beliebig ist. Im Folgenden wird argumentiert, dass in der Klimapolitik der Europäischen Union ein plausibler Nachhaltigkeitskompass für Holzenergie bereits angelegt ist. Dieser bietet Orientierung u. a. für die Berücksichtigung von Holzenergie in Fördermaßnahmen wie der

BEG, dem GEG oder dem EEG.¹⁰ Dieser Kompass trägt sowohl den komplexen Treibhausgaswirkungen energetischer Holznutzungen Rechnung als auch den SDGs und relevanten ökologischen (planetaren) Grenzen. Durch die Verankerung in zentralen Rechtsakten der EU kann er zudem eine hohe politische Legitimität für sich beanspruchen. Daher wird im Folgenden auf die Ebene der EU-Politik Bezug genommen, die wesentlichen Schlussfolgerungen lassen sich aber auch auf die nationale Ebene anwenden.

Der Ansatz der EU wird hier als ‚qualifizierte Klimaschutzeffizienz‘ bezeichnet. Kern dieses Nachhaltigkeitsansatzes ist das Bestreben der EU, die Klimaschutzbeiträge von Wald, Holz oder Holzenergie nicht zu *maximieren*, sondern diese Beiträge in eine *Balance* zu anderen Klimaschutzoptionen zu bringen. In den Begriffen der europäischen Klimapolitik bedeutet das, ein ausgewogenes Verhältnis herzustellen zwischen den Klimaschutzbeiträgen des LULUCF-Sektors (Wald, Holzprodukte, Holzenergie, Moore, Grünland u.a.), der EU-ETS-Sektoren (Energie und Industrie) sowie den Lastenteilungssektoren (u.a. Gebäude, Verkehr). Diese ‚klimapolitische Arbeitsteilung‘ soll dazu beitragen, Klimaneutralität auf effiziente Weise zu erreichen, wobei hier mit Effizienz die Minimierung der gesamtwirtschaftlichen Kosten des Klimaschutzes gemeint ist.¹¹

Die Anwendung des Effizienzprinzips bedeutet, Ressourcen zu sparen, die für andere Nachhaltigkeitsziele verwendet werden können.

Kostensenkungen durch effizienten Klimaschutz sind nicht nur wichtig, um die gesellschaftliche Akzeptanz der Transformation zur Klimaneutralität zu verbessern. Die Anwendung des Effizienzprinzips bedeutet auch, Ressourcen zu sparen, die für Zielbeiträge in weiteren ökologischen, sozialen oder ökonomischen Nachhaltigkeitsdimensionen verwendet werden können. Auf diese Weise lässt sich die Einhaltung der planetaren Grenze im Klimaschutz (1,5-bis-2-Grad-Ziel) kombinieren mit den größtmöglichen Beiträgen zu ökonomischen, sozialen und ökologischen Nachhaltigkeitszielen.

¹⁰ Bundesförderung für effiziente Gebäude, Gebäudeenergiegesetz, Erneuerbare-Energien-Gesetz.

¹¹ Siehe Erwägungsgrund 4 des Europäischen Klimaschutzgesetzes. Auch die EU-LULUCF-Verordnung verweist in den Erwägungsgründen 2 und 6 darauf, dass „die Reduzierung der Treibhausgasemissionen... auf möglichst kostenwirksame Weise“ erfolgen soll, und der Beitrag des Sektors zum Klimaschutz „zu optimieren“ ist. Die Flexibilitätsregeln der EU-LULUCF-Verordnung (Artikel 12) und der EU-Lastenteilungsverordnung (Art. 7) verweisen ebenfalls auf das Ziel eines kosteneffizienten Klimaschutzes. Hierdurch wird eine Verlagerung von Klimaschutzanstrengungen in den jeweils anderen Sektor ermöglicht, wodurch diese dort erfolgen können, wo die geringsten Kosten entstehen.

SZENARIEN FÜR DEN NACHHALTIGKEITSBEITRAG VON HOLZ

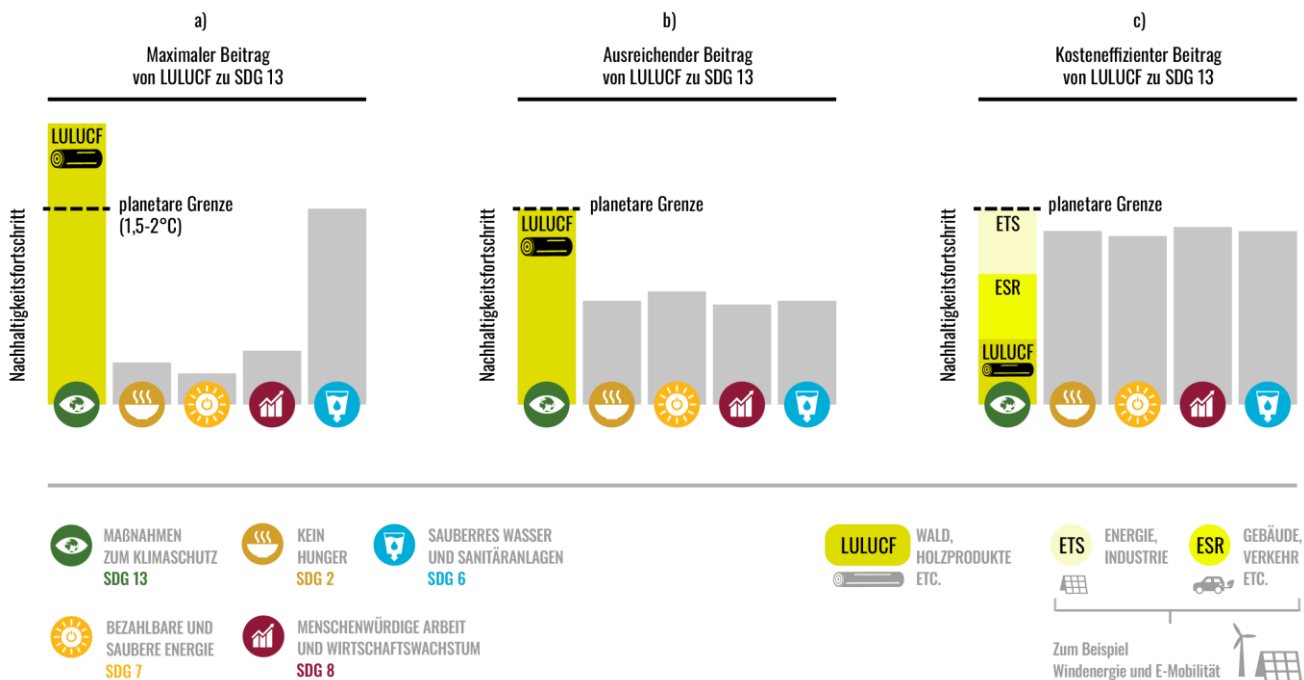


Abbildung 3: Nachhaltigkeitseffekte unterschiedlicher LULUCF-Senken

Abbildung 3 verdeutlicht diesen integrierten Nachhaltigkeitsansatz mit Fokus auf den Beitrag von Wald, Holzprodukten und Holzenergie (LULUCF-Sektor): In Abbildung 3a ist zunächst zum Zweck der Illustration ein hypothetisches Extremszenario dargestellt. In diesem werden sämtliche Landflächen der EU zu Waldflächen umgewandelt, um den Klimaschutzbeitrag der Wälder zu *maximieren* (maximaler Zielbeitrag zu SDG 13). Der erforderliche Beitrag der EU zur Einhaltung der planetaren Grenze in Bezug auf das Klima würde hierbei übererfüllt: Nicht nur würde die Senkenleistung des LULUCF-Sektors stark erhöht, es stünden auch keine Landflächen mehr für Emissionsquellen aus Landwirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude usw. zur Verfügung. Es liegt auf der Hand, dass dieses Szenario ohne ausreichende Nahrungsmittel, Arbeitsplätze, Mobilitätsoptionen oder Wohnraum nicht als nachhaltig bezeichnet werden kann (geringe Zielerfüllung z. B. der SDGs 2, 7 und 8).

Demgegenüber bildet Abbildung 3b ein Szenario ab, in dem sich der Klimaschutzbeitrag von Wald, Holzprodukten und Holzenergie auf ein Niveau beschränkt, das zur Wahrung der planetaren Grenze des Klimas gerade *ausreichend* ist. Hierdurch werden Ressourcen wie etwa Landflächen frei, die zur Erzeugung von Nahrungsmitteln (SDG 2) oder für Industrieaktivitäten mit entsprechenden Arbeitsplätzen (SDGs 7 und 8) eingesetzt werden können.

Die Nachhaltigkeitsbeiträge zu diesen und anderen SDGs lassen sich allerdings noch weiter ohne Verletzung der planetaren Grenze des Klimas steigern, indem die erforderlichen Klimaschutzanstrengungen *kostenminimierend auf alle Klimaschutzsektoren verteilt werden* (Abbildung 3c). Zusätzlich zur Senkenleistung von Wäldern und Holzprodukten leisten hier auch die ETS- und Lastenteilungssektoren Klimaschutzbeiträge, etwa durch erneuerbare Energien aus Windkraft- und Solaranlagen oder durch Energieeffizienzmaßnahmen. Alle Ressourcen, die durch die Minimierung der gesamtwirtschaftlichen Kosten zum Erreichen von Klimaneutralität 2050 eingespart werden, können in andere Nachhaltigkeitsdimensionen ‚investiert‘ werden, etwa in die Produktion zusätzlicher Nahrungsmittel, in Umweltschutzmaßnahmen oder in sozialpolitische Initiativen. Auf diese Weise kann Klimaschutz bestmöglich kombiniert werden mit weiteren ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitszielen.

Solange das Klimaziel des LULUCF-Sektors verfehlt wird, sollte das Ausmaß der Holzenergie hinterfragt werden.

Wesentliche Schlussfolgerung dieses Ansatzes für nachhaltige Holzenergie ist, dass Wälder, Holzprodukte und Holzenergie einen *kosteneffizienten Beitrag zum Klimaschutz* leisten sollten. Ein Vorteil hierbei ist, dass der oft nebulöse Nachhaltigkeitsbegriff mithilfe des Effizienzprinzips präzise Konturen erhält. Aus diesen lassen sich konkrete Schlussfolgerungen für die Bewertung und politische Steuerung von Holzenergie ableiten (siehe hierzu auch Abschnitt 4). Insbesondere ergibt sich auf Sektorebene ein effizienter Klimaschutzbeitrag des LULUCF-Sektors als wichtige Orientierungsgröße für die Nachhaltigkeit energetischer Holznutzungen. Solange in diesem Sektor eine Zielverfehlung droht, sollte das Ausmaß der Nutzung von Holzenergie daher hinterfragt werden, insoweit dieses Sektorziel einen effizienten Klimaschutzbeitrag des Sektors abbildet.¹² Die Zielverfehlung bedeutet, dass Klimaschutz mit Wäldern und Holzprodukten günstiger ist als Klimaschutz mit Holzenergie. Das gilt zumindest dann, wenn nicht andere, kostengünstigere und leicht umsetzbare Vermeidungsmaßnahmen innerhalb des Sektors

¹² Die Arbeitsdokumente der Europäischen Kommission zeigen, dass das Kosteneffizienzkriterium bei der Herleitung des neuen LULUCF-Ziels für 2030 von -310 Mio. t CO₂ eine maßgebliche Rolle spielte (s. EU COM (2021): SWD(2021) 609 final, Abschnitt 4.2.1 sowie Annex 4). Durch die unsicheren Auswirkungen des Klimawandels auf die Stabilität der Kohlenstoffspeicherung in Wäldern kann ein solches Sektorziel immer nur eine grobe Annäherung darstellen. Letztlich muss dieses Ziel im Rahmen der wissenschaftlichen Unsicherheitsspanne *politisch* festgelegt werden, analog zum übergreifenden Temperaturziel des Pariser Klimaabkommens. Auch aufgrund der mit der Zielfindung verbundenen Unsicherheiten sehen die LULUCF-Verordnung und die Lastenteilungsverordnung Flexibilitätsregelungen vor, die den Transfer von Emissionsrechten zwischen den Sektoren ermöglichen. Hierdurch sind nachträgliche Anpassungen des klimapolitischen Ambitionsniveaus in diesen Sektoren möglich. So kann etwa bis 2030 mehr oder weniger Klimaschutz im LULUCF-Sektor realisiert werden, je nachdem ob dieser Sektor auch im Zuge des fortschreitenden Klimawandels stabile effiziente Kohlenstoffspeicher ermöglicht. Entsprechende substanzielle Zielabweichungen sind aber zumindest begründungsbedürftig.

zur Verfügung stehen (z. B. zusätzliche Renaturierung von Mooren, Ausweitung von Grünland etc.).

„Nachhaltige Forstwirtschaft“ reicht nicht aus, um die Nachhaltigkeit von Holzenergie sicherzustellen.

Neben dem Orientierungspunkt des LULUCF-Klimaziels wird aus der Perspektive der Klimaschutzeffizienz zweitens deutlich, dass eine ‚nachhaltige Waldwirtschaft‘ im Sinne der Beschränkung der Holzernte auf den Holzzuwachs nicht immer ausreicht, die Nachhaltigkeit von Holzenergie sicherzustellen. Wenn der Klimaschutzbeitrag der Wälder unterhalb seines klimaeffizienten Niveaus liegt, ist ein Vorratsaufbau oder eine Ausweitung von Waldflächen sinnvoll. Tragen die bestehenden Wälder hingegen mehr als nötig zum Klimaschutzportfolio eines Staates oder der EU bei, kann hingegen auch ein zeitweiliger Vorratsabbau nachhaltig sein. Mit anderen Worten vernachlässigt das Kriterium der ‚nachhaltigen Waldwirtschaft‘ die Frage, ob die bestehenden Wälder in ihrem gegenwärtigen *Umfang* (Ausmaß der Waldflächen) sowie in Bezug auf ihre aktuelle *Altersstruktur* nachhaltig sind.

Das Prinzip des kosteneffizienten Klimaschutzes bedeutet drittens, dass auch die Klimaschutzbeiträge *innerhalb* des LULUCF-Sektors effizient aufeinander abgestimmt werden sollten. Beispielsweise sollten Waldflächen und/oder Vorratsaufbau in den Wäldern so lange ausgeweitet werden, wie diese Maßnahmen günstiger sind als die Renaturierung von Mooren oder ‚carbon farming‘ in der Landwirtschaft. Solange das nicht der Fall ist, besteht die Möglichkeit, das Sektorziel mit geringerem Ressourceneinsatz zu erreichen. Die dabei ineffizient verwendeten Ressourcen fehlen dann für weitere Zielbeiträge in anderen Nachhaltigkeitsdimensionen.

Innerhalb umwelt- und sozialpolitischer Leitplanken kann Holzenergie in den Wettbewerb um die effizientesten Klimaschutzmaßnahmen eintreten.

Das Kriterium der Klimaschutzeffizienz muss zuletzt noch erweitert („qualifiziert“) werden um den Schutz von Biodiversität und weiterer Umweltgüter (Boden, Wasser, Luft). Auch sozialpolitische Standards und Ziele sind zu beachten. Das Effizienzprinzip kann zwar eine wichtige Ausgangsbasis für umfassende Nachhaltigkeit schaffen. Allein garantiert es aber noch nicht die Wahrung anderer planetarer (und lokaler) Belastungsgrenzen oder sozialer Mindeststandards. Aus diesem Grund müssen zusätzlich effektive umwelt- und sozialpolitische Leitplanken geschaffen werden, beispielsweise Grenzwerte für lokal wirkende Feinstaubemissionen oder Biodiversitäts-bezogene Schutzgebiete. Innerhalb

dieser Leitplanken kann Holzenergie dann in den Wettbewerb um die effizientesten Klimaschutzmaßnahmen eintreten. Für eine umfassende Nachhaltigkeit von Holzenergie müssen also spezifische Maßnahmen für die Effizienz von Holznutzungen (siehe nächster Abschnitt) kombiniert werden mit einem allgemeingültigen umwelt- und sozialpolitischen Rahmen.

Exkurs 1 | Pelletkessel oder Wärmepumpe?

Wird Nachhaltigkeit aus dem Blickwinkel des kosteneffizienten Klimaschutzes betrachtet, zeigt sich eine häufige Blindstelle in der Debatte um Holzenergie: Nicht selten wird argumentiert, dass fossile Treibhausgasemissionen besser mit alternativen erneuerbaren Energien vermieden werden sollten – im Wärmesektor etwa mit Wärmepumpen auf Basis von Wind- oder Solarstrom. Diese Technologien hätten schließlich in ihrem Lebenszyklus geringere Treibhausgasemissionen als Holzbrennstoffe. Während Wärmepumpen vielfach tatsächlich die bessere Klimaschutzoption sein dürften, wird in solchen Argumentationen außer Acht gelassen, dass nicht allein die Emissionsbilanz einer Energieoption ausschlaggebend für die Wahl der besten Klimaschutzoption sein sollte. Wie oben erläutert kann es sinnvoll sein, diese Optionen danach auszuwählen, ob sie zu einem kostenminimalen Klimaschutzportfolio beitragen. Mit anderen Worten ist nicht der *Umfang vermiedener Emissionen*, sondern sind die *Kosten der Emissionsvermeidung* (pro vermiedener Tonne CO₂) entscheidend.

Das bedeutet, dass ein Pelletkessel auch im Falle einer ungünstigeren Treibhausgasbilanz die nachhaltigere Klimaschutzoption darstellen kann, wenn Anschaffung und Betrieb einer Wärmepumpe deutlich teurer sind. Die mit der Wärmepumpe verbundenen Zusatzkosten würden dazu führen, dass an anderer Stelle Mittel fehlen, z. B. für weitere Klimaschutzmaßnahmen oder andere Nachhaltigkeitsbeiträge. Diese unerwünschten Effekte können die Vorteile der Emissionsbilanz von Wärmepumpen überkompensieren.¹³

Dabei reicht allerdings ein Vergleich von Anschaffungs- und Betriebskosten von Pelletkesseln gegenüber Wärmepumpen nicht aus. Verglichen werden müssen

¹³ Aus dem gleichen Grund greift auch die anhaltende Diskussion um die vermeintliche Ineffizienz von Biokraftstoffen häufig zu kurz. Windkraft- und PV-Anlagen mögen zwar deutlich höhere *Energieerträge* pro Hektar haben. Die *Wertigkeit* der gewonnenen Energie ist jedoch vielfach deutlich geringer als die von Biokraftstoffen. Schließlich kann Strom, im Gegensatz zu Biokraftstoffen, nicht direkt für schwer zu elektrifizierende Bereiche wie Flug- und Schiffsverkehr eingesetzt werden. Dazu muss er erst in strombasierte Kraftstoffe umgewandelt werden. Zumindest in Bezug auf derartige Anwendungsbereiche müsste die Flächeneffizienz von Biokraftstoffen folglich eher mit der von strombasierten Kraftstoffen (PtX) verglichen werden. Bei diesen sind aufgrund hoher Umwandlungsverluste ebenfalls überschaubare „Kilometer Fahrleistung pro Hektar“ zu erwarten.

stattdessen die Kosten der Wärmepumpe mit den Kosten eines Pelletkessels zuzüglich der Kosten jener Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor, die ggf. erforderlich werden, um die Emissionen der Holzverbrennung zu kompensieren.¹⁴ Mit anderen Worten kann Holzenergie die nachhaltigere Klimaschutzoption sein, wenn sie in Kombination mit LULUCF-Maßnahmen wie Aufforstung oder Moorrenaturierung kostengünstiger ist als der Einsatz alternativer erneuerbarer Energien.

Das setzt freilich voraus, dass sich die Senkenleistung im LULUCF-Sektor zielkonform entwickelt, und Spielräume für zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen in diesem Sektor bestehen. Ist dies nicht der Fall, kann das als wichtiges Indiz gewertet werden, dass der Einsatz alternativer erneuerbarer Energien nachhaltiger ist als Holzenergie, oder auch dass der Ausbau dieser Alternativen leichter zu bewerkstelligen ist als zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor. Bei der Abwägung zwischen naturbasierten und (energie-)technischen Klimaschutzmaßnahmen sollte auch bedacht werden, dass naturbasierte Kohlenstoffspeicher etwa infolge von Waldbränden verringert werden können. Kostenschätzungen der Vermeidungsmaßnahmen im LULUCF-Sektor müssen daher mit dem entsprechenden Non-Permanenz-Risiko gewichtet werden.

Aus diesen Überlegungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Selbst wenn die vielfältigen Emissionseffekte von Holzenergie ausgeblendet werden, bleibt die Frage ihrer Nachhaltigkeit komplex. Eine Antwort kann nicht allein mit Blick auf Treibhausgas-effekte erfolgen. Stattdessen sind vergleichende Kostenbewertungen von Klimaschutzmaßnahmen im Energie- und LULUCF-Sektor erforderlich.
- Holzenergie ist eher nachhaltig, wenn günstige und ausreichende Treibhausgasvermeidungsoptionen im LULUCF-Sektor verfügbar sind und umgesetzt werden.
- Holzenergie ist eher nachhaltig, wenn sie zur Schließung von ‚Lücken im Energiesystem‘ eingesetzt wird – beispielsweise in Spitzenlastkesseln, die Wärmepumpen in Zeiten hoher Strompreise ergänzen (hybride Wärmelösungen). In diesen Zeitabschnitten steigen die Treibhausgas-Vermeidungskosten strombasierter Energieoptionen, wodurch Holzenergie vorübergehend zur kostengünstigeren Klimaschutzvariante werden kann.

¹⁴ Genau genommen müssen hierbei zusätzlich Vorkettenemissionen beider Energieoptionen einschließlich der sektorspezifischen Kosten zur Vermeidung dieser Vorkettenemissionen betrachtet werden.

4 Weiterentwicklung der Regulierung von Holzenergie

Ausgehend von der Prämisse, dass Effizienz im Klimaschutz eine wichtige Grundlage für nachhaltige Holznutzungen darstellt, können zwei wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden: Erstens ist es für Verbraucher:innen nicht ohne Weiteres möglich, anhand der Eigenschaften einzelner Holzbrennstoffe – etwa ob diese aus ihrer Region stammen oder nicht – festzustellen, ob diese nachhaltig sind. Vielmehr sind ‚systemische Kriterien‘ maßgeblich, insbesondere die Gesamtmenge des Holzverbrauchs in einer Region bzw. die Entwicklung der Senkenleistung der Wälder im Verhältnis zu ihrem effizienten Klimaschutzbeitrag. Das ist nur einer von mehreren Gründen, warum es Aufgabe der Politik und nicht von Verbraucher:innen ist, die Nachhaltigkeit von Holzenergie sicherzustellen.

Die zweite Schlussfolgerung betrifft die Möglichkeiten, diese Aufgabe zu erfüllen, also die Gestaltung des politischen Rahmens für Holzenergie. Der Ansatz des effizienten Klimaschutzes eröffnet nämlich eine Alternative zur aufwendigen Detailsteuerung des Holzenergiesektors, wie sie aktuell mithilfe der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU betrieben wird (siehe Exkurs 2).

Exkurs 2 | Regulierung von Holzenergie durch die EU-RED

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RED) legt zahlreiche Nachhaltigkeitskriterien für Holzenergie fest, deren Einhaltung über Zertifizierungen und ergänzende staatliche Kontrollen sichergestellt werden muss. Der damit verbundene hohe bürokratische Aufwand umfasst jedoch aus verschiedenen Gründen nur sehr begrenzt ökonomische oder soziale Nachhaltigkeitsaspekte. Auch werden die Effekte von Holzenergie auf die Senkenleistung des LULUCF-Sektors in den Treibhausgasminderungsvorgaben der RED bisher nicht berücksichtigt.

Die jüngste Novelle der Richtlinie (RED III) erkennt diese Fehlstellen zwar an, unter anderem durch einen Verweis auf das LULUCF-Klimaziel. Sie gibt den Mitgliedstaaten aber keine wirksamen Instrumente an die Hand, die Fehlstellen zu korrigieren. Es wird lediglich eine Nutzungshierarchie für Holz vorgegeben, der zufolge Holzenergie erst dann förderfähig sein soll, wenn Holzprodukte nicht mehr wiederverwendet oder recycelt werden können. Hiermit ist die Hoffnung verbunden, dass Holz verstärkt stofflich genutzt und Kohlenstoff längerfristig in Holzprodukten gespeichert wird. Unklar bleibt dabei, *in welchem Ausmaß*

stoffliche Nutzungen Holzenergie ersetzen sollen. Schließlich lassen sich Reparatur- oder Recyclingprozesse – unter unbegrenztem Einsatz von Arbeit, Energie und anderen Ressourcen – nahezu beliebig ausweiten.¹⁵

Nicht nur könnte Holzenergie in diesem Fall auf ein Maß unterhalb ihres nachhaltigen Niveaus reduziert werden. Auch droht exzessives Recycling infolge von hohem Ressourcenverbrauch und Emissionen selbst zu einem Nachhaltigkeitsproblem zu werden.¹⁶ Wenn die Mitgliedstaaten der EU angesichts solcher Unklarheiten beschließen, Wiederverwendung und Recycling von Holz nur soweit zu betreiben, wie diese Prozesse aktuell wettbewerbsfähig sind, könnte die Nutzungshierarchie weitgehend wirkungslos bleiben.¹⁷

Auch der Hinweis der RED III, Holznutzungen sollten nach dem höchsten ökonomischen und ökologischen Wert ausgewählt werden, hilft bei der Abgrenzung stofflicher und energetischer Nutzungen kaum weiter. Da Holzmärkte durch zahlreiche Marktversagen und Politikinstrumente verzerrt sind, liefern aktuelle Marktpreise keine ausreichenden Anhaltspunkte für die gesellschaftliche Wertigkeit von Holzprodukten bzw. Holzenergie (siehe dazu weiter unten). Die Alternative einer produktbezogenen ökonomisch-ökologischen Bewertung nach dem bisherigen Ansatz der RED dürfte hingegen angesichts der großen Vielfalt an Holzprodukten kaum flächendeckend umsetzbar sein.

Mit anderen Worten bleibt das „Abbruchkriterium“ der RED nebulös, das bestimmt, ab wann stoffliche Nutzungen nicht mehr nachhaltig sind, und eine energetische Nutzung von Holzressourcen infrage kommt. Auch der übliche Verweis auf „biogene Rest- und Abfallstoffe“ ist hierbei ungenügend, da diese Holzressourcen in der zukünftigen kreislaufbasierten Bioökonomie ja gerade – stofflich – wiederverwendet werden sollen.

¹⁵ So ist inzwischen eine Aufbereitung auch mit Chemikalien verunreinigter Holzprodukte zunehmend möglich, z. B. Besserer, A. et al. (2021): Cascading Recycling of Wood Waste: A Review, *Polymers* 2021, 13, 1752, <https://doi.org/10.3390/polym13111752>.

¹⁶ Siehe beispielhaft die Diskussion zum chemischen Recycling von Kunststoffen (etwa: ecos et al. (2021): Chemical Recycling and Recovery, Position Paper, https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/Chemisches_Recycling/DUH_Position_Chemical_Recycling_Waste_Hierarchy.pdf). Grundlegend dazu Baumol, W. J. (1977): On recycling as a moot environmental issue, *Journal of Environmental Economics and Management*, 4-1, S. 83-87, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0095069677900171> sowie Sorensen, P. B. (2017): The Basic Environmental Economics of The Circular Economy, EPRU Working Paper Series 2017-04, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/202436/1/1006747559.pdf>.

¹⁷ Möglicherweise bietet sich hier der Ansatz des Kreislaufwirtschaftsgesetzes an, energetische Verwertungen erst dann zuzulassen, wenn ein Recycling etc. nicht mehr „technisch möglich“ oder „wirtschaftlich zumutbar“ ist (§ 6 Abs. 2 KrWG). Die damit verbundenen Einzelfallprüfungen erhöhen die Komplexität der Regulierung von Holzenergie jedoch weiter. Auch kann bezweifelt werden, ob das Kriterium der technischen Möglichkeit in einem technologisch so dynamischen Umfeld wie dem der stofflichen Bioökonomie hilfreich ist.

Wird effizienter Klimaschutz als Grundprinzip für die Gewährleistung nachhaltiger Holzenergie verwendet, muss der politische Rahmen für Holzenergie nicht mehr unter dem diffusen Zielbild einer ‚*nachhaltigen Holznutzung*‘ gestaltet werden. Stattdessen ergibt sich die weitaus konkretere Aufgabe der Gewährleistung einer *klimaeffizienten Biomasseallokation*. Hierfür kann hierfür die Korrektur von Marktversagen, etwa mithilfe handelbarer Emissionszertifikate, eine geeignete Politikstrategie darstellen. Mit den bestehenden Emissionshandelssystemen, die externe Effekte bei fossilen Energien internalisieren, wurde dieser Ansatz bereits in der Praxis erprobt. Auf derart korrigierten Märkten können die Marktteilnehmenden dann anhand ‚ökologisch wahrer‘ Preise die Produkte auswählen, die den höchsten Nutzen stiften und gleichzeitig kompatibel zu Klimaschutzzielen sind. Im oben angeführten beispielhaften Vergleich von Pelletkessel und Wärmepumpe bedeutet das, dass der Preis für die Pelletkessel-Lösung unter anderem die Kosten für zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor widerspiegeln sollte, und zwar über entsprechend korrigierte Preise für Holzbrennstoffe.

Die Korrektur von Marktversagen beseitigt die Ursachen nicht nachhaltiger Holznutzungen, anstatt wie bisher die Symptome verzerrter Märkte einzugrenzen.

Die Adressierung von Marktversagen würde bedeuten, die *Ursachen* nicht nachhaltiger Holznutzungen zu beseitigen, anstatt mittels RED-Kriterien mühsam die mannigfaltigen *Symptome* verzerrter Märkte einzugrenzen. Ein solcher marktbasierter Ansatz würde auf den folgenden Instrumenten basieren:¹⁸

- **CO₂-Preis auf Emissionen aus Holz:** Forstökonomische Analysen weisen seit Langem darauf hin, dass ein CO₂-Preis auf biogene Emissionen eine zentrale Voraussetzung für effiziente Klimaschutzbeiträge von Wäldern, Holzprodukten und Holzenergie ist.¹⁹ Fossile Vorkettenemissionen von Holzbrennstoffen sind ebenfalls zu bepreisen, was in Deutschland durch die bestehenden Emissionshandelssysteme bereits abgedeckt ist.²⁰ Dass Holz im Unterschied zu

¹⁸ Hinzu kommen die Emissionshandelssysteme zur Verringerung fossiler Emissionen, die bereits etabliert sind und hier daher nicht gesondert aufgeführt werden.

¹⁹ Z. B. Van Kooten, G. C. et al. (1995): Effect of Carbon Taxes and Subsidies on Optimal Forest Rotation Age and Supply of Carbon Services, *American Journal of Agricultural Economics* 77-2, 365-374, <https://www.jstor.org/stable/1243546>; Lintunen, J. et al. (2016a): On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies, *Journal of Forest Economics* 24-1, 130-156, <https://www.nowpublishers.com/article/Details/JFE-0315>.

²⁰ Prinzipiell kann der Vorschlag eines CO₂-Preises auf biogene Emissionen auch auf Biokraftstoffe aus ‚Energiepflanzen‘ angewendet werden (Lundgren, T. et al. (2008): *The Economics of Biofuels*, *International Review of Environmental and Resource Economics*, 2, 237–280, <https://www.nowpublishers.com/article/Details/IRERE-0017>). Anders als bei Forstbiomasse sind hier aber eher Emissionen aus Landnutzungsänderungen anstatt von Verbrennungsemissionen relevant. Letztere haben aufgrund des zeitnahen Nachwachsens solcher Biomassen in der Regel keine entscheidenden Klimaauswirkungen, weshalb sie auch nach der internationalen IPCC-Konvention zur Bilanzierung von

fossilen Energieträgern eine erneuerbare Ressource ist, sollte nicht auf Ebene der CO₂-Bepreisung, sondern durch andere Politikinstrumente berücksichtigt werden (siehe nächster Punkt).

- **Förderung von Kohlenstoffspeichern:** Zusätzlich zum CO₂-Preis ist eine systematische Förderung der Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und ggf. in Holzprodukten und geologischen Speichern notwendig.²¹ Zusammen maximieren diese beiden Instrumente den gemeinsamen Klimaschutzbeitrag von Holz im LULUCF-Sektor und im Energiesektor. Die Honorierung der Kohlenstoffspeicherung im Holz ist zudem der Schlüssel zu nachhaltigen Holzkaskaden, da klimafreundliche Holzverwendungen hierdurch Wettbewerbsvorteile erhalten. So korrigierte Marktpreise zeigen dann auch an, bis zu welchem Punkt ein weiteres Holzrecycling nachhaltig ist (Preise als ‚Abbruchkriterium‘ für stoffliche Nutzungen).
- **Förderung innovativer Holzenergie:** Eine pauschale Förderung von Holzenergie im Gebäudebereich (BEG), in Wärmenetzen (BEW) oder im Stromsektor (EEG) ist aus der Perspektive einer klimateffizienten Holznutzung nicht erforderlich. Sie führt im Gegenteil zur Übernutzung von Holzressourcen, und sollte daher abgebaut werden.²² Staatliche Unterstützung ist nur bei ausgewählten Holzenergieanwendungen sinnvoll, wo Märkte auch nach der Korrektur von Klima- und weiteren Umweltexternalitäten keinen fairen Wettbewerb sicherstellen. Das betrifft vor allem innovative Holzenergieoptionen, da Märkte aus verschiedenen Gründen häufig keine ausreichenden Anreize für Innovationen bereitstellen.²³ Energieoptionen wie hybride Wärmesysteme oder Lignocellulose-Kraftstoffe sollten daher weiter gefördert werden. Auch sogenannte Lock-in-Effekte können eine Förderung begründen, etwa wenn neue Holzenergieoptionen aufgrund noch geringer Produktionsmengen hohe Stückkosten aufweisen (fehlende

Treibhausgasen nicht erfasst werden. Die Bepreisung von Emissionen insbesondere aus indirekten Landnutzungsänderungen dürfte in der Praxis aber sehr herausfordernd sein, da hierbei letztlich eine globale Lösung erforderlich ist (z. B. Mertfort, L. et al. (2023): Bioenergy-induced land-use-change emissions with sectorally fragmented policies, *nature climate change* 13, pages 685–692, <https://www.nature.com/articles/s41558-023-01697-2>). Eine ordnungsrechtliche Regulierung der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen - etwa mithilfe der aktuellen RED-Obergrenzen für die Anrechenbarkeit solcher Kraftstoffe mit hohem Landnutzungswandel-Risiko - dürfte daher bis auf Weiteres besser geeignet sein als eine preisbasierte Steuerung.

²¹ Siehe ebenda.

²² Im Rahmen von Quotenregelungen wie innerhalb des Gebäudeenergiegesetzes oder der Treibhausgasemissionsminderungsquote kann eine Anrechenbarkeit von Holzenergie sinnvoll sein. Voraussetzung ist, dass diese Quoten Holzenergie nicht gegenüber anderen erneuerbaren Energien bevorzugen. Da in der BEG andere erneuerbare Optionen ebenfalls gefördert werden, könnte dort ein Förderausschluss für Holzenergie eine Ungleichbehandlung darstellen. Diese kann aber mit Blick auf die drohende Zielverfehlung im LULUCF-Sektor begründet werden.

²³ Z. B. Jaffe, A. B. et al. (2004): A tale of two market failures: Technology and environmental policy, *Ecological Economics* 54-2-3, 164-174, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>.

Skaleneffekte), oder wenn auf fossile Energien zugeschnittene Infrastrukturen den Marktzugang von erneuerbaren Energien behindern.

- **Effektiver Schutz von Biodiversität und Umwelt:** Wirksame Umweltschutzmaßnahmen einschließlich Vorkehrungen zum Schutz der Biodiversität müssen einen Rahmen für energetische aber auch stoffliche Holznutzungen bilden. Defizite der Umweltpolitik sollten nicht nachträglich durch den Ausschluss bestimmter Holznutzungen durch die Energiepolitik behoben werden (z. B. mithilfe energiepolitischer ‚no-go areas‘²⁴). Stattdessen muss durch eine effektive Umweltpolitik sichergestellt werden, dass erst gar keine Holzrohstoffe auf Märkte gelangen, wenn ihre Gewinnung mit inakzeptablen Biodiversitäts- bzw. Umwelteffekten verbunden ist.

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht relevanter Marktversagen im Zusammenhang mit Holzenergie²⁵, sowie mögliche Politikantworten. Ergänzt wurden hier die externen Effekte fossiler Energien, die eine weitere Ursache für ineffiziente Holznutzungen darstellen. Insgesamt ergibt sich ein komplexes Bild aus fünf verschiedenen Ursachen verzerrter Holz(-energie-)märkte. Die für Holzenergie relevanten Marktversagen haben gegenläufige Effekte und bewirken teils eine überhöhte Nachfrage nach Holzenergie, teils eine zu geringe Nachfrage (blaue und rote Pfeile). Eine an den Ursachen ineffizienter Holznutzungen ausgerichtete Regulierungsstrategie kann daher einen widersprüchlich anmutenden Instrumentenmix aus Bepreisung und Fördermaßnahmen erfordern (grüne Pfeile).

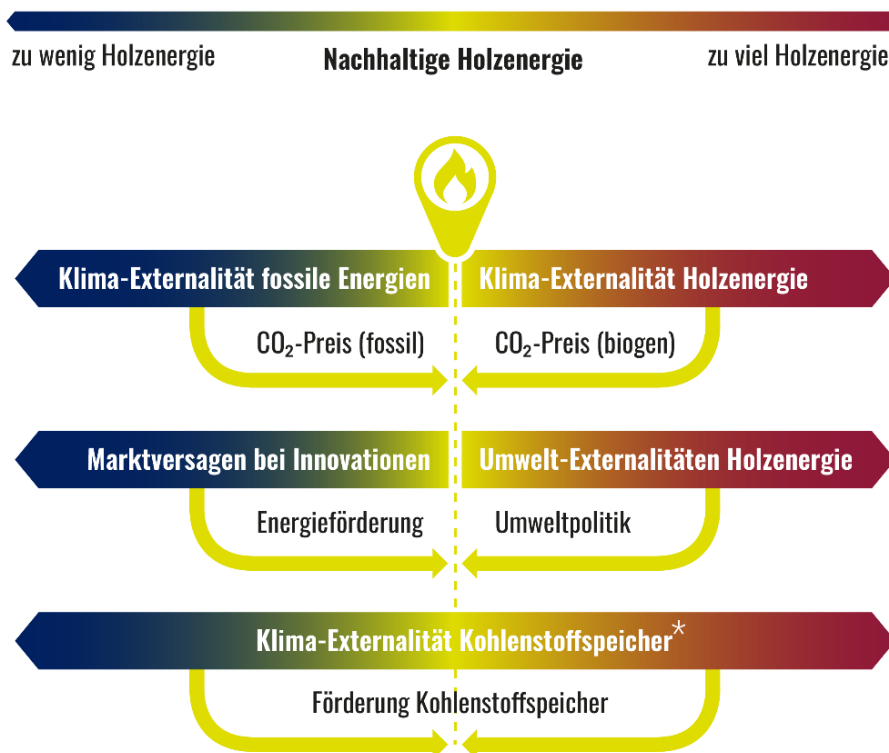
Der Staat kann nachhaltige Holzenergie sicherstellen, ohne die komplexen Klimaeffekte einzelner Holzbrennstoffe erfassen zu müssen.

Im Zentrum des Instrumenten-Mixes stehen der CO₂-Preis und die Förderung von Kohlenstoffspeichern. Hiermit werden die erwünschten und unerwünschten Effekte von Holzenergie getrennt adressiert. Während der CO₂-Preis die Klimaexternalität von Holz

²⁴ Die Erneuerbaren-Energien-Richtlinie der EU sieht in Art. 29 vor, dass Bioenergie nicht auf das Erneuerbare Energien-Ziel der Richtlinie angerechnet werden kann, wenn die Brennstoffe von Flächen mit hoher Kohlenstoffspeicherung oder mit hoher Biodiversität stammen.

²⁵ Diese Marktversagen sind auch der Grund, warum das häufig vorgebrachte Argument, Holzemissionen seien Teil des ‚natürlichen Kohlenstoffkreislaufs‘ und daher unproblematisch, nicht zutrifft. U.a. infolge verzerrter Märkte wurde auch in diesen natürlichen Kreislaufprozess seit Jahrhunderten massiv eingegriffen. Angesichts des Raubbaus an den Wäldern der Erde im ‚Anthropozän‘ sollte offensichtlich sein, dass von einem ‚natürlichen‘ Kreislauf heutzutage keine Rede mehr sein kann.

MARKTVERSAGEN UND REGULIERUNGSOPTIONEN



* Dieses Marktversagen kann mehrere gegenläufige Effekte verursachen, welche die Nachfrage nach Holzenergie gleichzeitig erhöhen und verringern

Abbildung 4: Marktversagen im Zusammenhang mit Holzenergie und politische Handlungsoptionen

einschränkt, honoriert die Subvention die Kohlenstoffspeicherung im Holz im Vorfeld der energetischen Nutzung.²⁶ Infolge dieser Trennung ist es möglich und klimaefizient, eine einheitliche CO₂-Bepreisung für alle Holzbrennstoffe auf Grundlage ihrer Verbrennungsemissionen vorzunehmen. Fossile Vorkettenemissionen werden bereits über den nationalen und den EU-Emissionshandel erfasst, Effekte der Holzenergienachfrage auf

²⁶ Genauer gesagt internalisiert diese Subvention die positive Klimaexternalität von Kohlenstoffspeichern, spiegelbildlich zur Internalisierung negativer Externalitäten von Emissionen etwa durch Emissionshandelssysteme. Sie ist somit essentieller Bestandteil einer effizienten und damit nachhaltigen Holznutzung.

das Biomassewachstum im Wald werden über die Förderung von Kohlenstoffspeichern adressiert. Der Staat kann auf diese Weise nachhaltige Holzenergie sicherstellen, ohne dafür die komplexen Klimaeffekte von Holzbrennstoffen erfassen bzw. diesen Produkten individuell zuordnen zu müssen.

Der Instrumenten-Mix zeigt, dass Holzenergie gegenüber fossilen Energieträgern nicht bessergestellt werden sollte, indem ihre *Emissionen als klimaneutral gewertet* werden, wie es in den Emissionshandelssystemen aktuell der Fall ist. Stattdessen sollte sich die Erneuerbarkeit von Holz im Energiesektor in Form von *veränderten Brennstoffkosten* niederschlagen. Zwar werden Holzbrennstoffe nach diesem Regulierungsansatz nicht direkt gefördert, sondern die Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und ggf. auch in stofflich genutzten Holzprodukten.²⁷ Sofern diese Förderung insgesamt die Produktionskosten für Holz verringert, kann hiervon letztlich aber auch Holzenergie profitieren.²⁸

Mithilfe eines CO₂-Preises und der Förderung von Kohlenstoffspeichern können nachhaltige Holzkaskaden realisiert werden, ohne hierfür komplizierte Regeln zur Kaskadennutzung entwerfen zu müssen.

Dabei ist wesentlich, dass die politische Steuerung der Holznutzung dann nicht mehr nur am Ende (Emissionsbepreisung und ggf. ergänzende Nachhaltigkeitskriterien für Energie), sondern gleichzeitig am Anfang der Wertschöpfungsketten ansetzt (Förderung von Kohlenstoffspeichern). Dadurch wird nicht nur Holzenergie gegenüber fossilen Energien gestärkt. Gleichzeitig erhöht sich auch die Wettbewerbsfähigkeit von klimaefizienten Wäldern und stofflichen Holznutzungen gegenüber Holzenergie. Zudem werden hochwertige und langlebige stoffliche Holznutzungen attraktiver gegenüber minderwertigen Holzprodukten, da der CO₂-Preis Anreize setzt, das Entstehen von Abfällen, die dann energetisch genutzt werden, möglichst lange hinauszuzögern. Auf diese Weise können nachhaltige Holzkaskaden realisiert werden, ohne hierfür komplizierte Regeln zur Kaskadennutzung planen und durchsetzen zu müssen.

Dass der Instrumenten-Mix bereits am Anfang der Wertschöpfungskette ansetzt, offenbart auch, dass es zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit von Holzenergie nicht ausreicht, eine CO₂-Bepreisung für biogene Emissionen einzuführen. Erst die Förderung von Kohlenstoffspeichern führt zu einem nachhaltigen Umfang von Wäldern und

²⁷ Siehe hierzu die Hinweise zur Umsetzung des Instrumenten-Mixes weiter unten.

²⁸ Z. B. Lintunen, J. et al. (2016a): On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies, *Journal of Forest Economics* 24-1, 130-156. Es ist allerdings je nach Ausgangsniveau der Holznutzung denkbar, dass der preissenkende Effekt der Subvention durch den preistreibenden Effekt einer gleichzeitig erfolgenden (ggf. vorübergehenden) Verknappung des Holzangebotes überkompensiert wird. Auch in diesem Fall – bei steigenden Holzbrennstoffkosten – ist der resultierende Umfang von Holzenergie klimaefizient.

Holzprodukten, der dann wiederum die Basis für nachhaltige Holzenergie bildet. Langfristig können aus einem so vergrößerten Holzangebot sogar steigende Potenziale für Holzenergie resultieren, bei gleichzeitig erhöhten Kohlenstoffsenken durch Wälder und verstärkter stofflicher Holznutzung.²⁹

Eine CO₂-Bepreisung von Emissionen aus Holz kann bei der Verbrennung oder auch schon bei der Holzernte ansetzen. Im zweiten Fall ist eine zusätzliche Förderung von Holzprodukten sinnvoll.

Für die konkrete Umsetzung eines solchen Instrumenten-Mixes gibt es verschiedene Optionen:³⁰ Die CO₂-Bepreisung könnte entweder bei Verbrennungsemissionen ansetzen, oder auch bei den Waldbesitzenden zum Zeitpunkt der Ernte. In letzterem Fall würde – analog zur *Bilanzierung* von Kohlenstoffemissionen aus Holz entlang der geltenden IPCC-Methodik für die nationale Treibhausgasberichterstattung³¹ – auch die *politische Steuerung* bereits die Entnahme des Holzes aus den Wäldern als Emission werten. Die anschließend gewonnenen Holzbrennstoffe könnten dann weiterhin als emissionsfrei eingestuft werden.³² Hierbei wären also nicht Energieanlagen, sondern Forstwirt*innen Teilnehmende am Emissionshandel. Von dieser Entscheidung hängt auch ab, ob neben Wäldern auch Holzprodukte eine Förderung erhalten sollten. Eine weitere Gestaltungsoption besteht darin, ob Waldbesitzende eine Förderung auch für *bestehende* Kohlenstoffspeicher erhalten, oder nur für den *Zuwachs*. Da die Art der Umsetzung des Instrumenten-Mixes verschiedene Auswirkungen hat, etwa auf bestehende Emissionshandelssysteme (Menge verfügbarer Zertifikate), öffentliche Budgets (Umfang und administrativer Aufwand der Förderung) und die Akzeptanz seitens der Forstwirtschaft (Verhältnis von Förderung und Zertifikatekosten), sollte sie sorgfältig unter Berücksichtigung der genannten Aspekte vorbereitet werden. Wie bei anderen politischen Maßnahmen auch ist dabei ein Kompromiss zwischen der theoretisch optimalen und einer praktikablen sowie akzeptanzfähigen Umsetzung anzustreben.

Damit der CO₂-Preis als Leitinstrument für nachhaltige Holzenergie wirksam werden kann, müssten RED und Emissionshandelssysteme voneinander entkoppelt werden. Sämtliche, auch RED-konforme biogene Emissionen aus Holz wären demnach zu bepreisen. Um Strukturbrüche im Energiesektor zu vermeiden, kann es sinnvoll sein, die CO₂-Bepreisung von Emissionen aus Holz schrittweise einzuführen. Die Zeit, die für die Ausarbeitung der

²⁹ S. ebenda.

³⁰ Lintunen, J. et al. (2016b): How should a forest carbon rent policy be implemented?, *Forest Policy and Economics* 69 (2016) 31–39.

³¹ IPCC (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Chapter 1, Abschnitt 1.1.

³² Zumindest in Bezug auf CO₂-Emissionen.

Modalitäten der Bepreisung benötigt wird, kann zudem für den Abbau von direkten Energiesubventionen für Holz in EEG, BEG etc. genutzt werden, so dass sich eine graduelle

Damit der CO₂-Preis für nachhaltige Holzenergie wirksam werden kann, müssen RED und Emissionshandelssysteme voneinander entkoppelt werden.

Anpassung der Marktlage ergibt. Ein derartiger Subventionsabbau im Vorfeld der Einführung der CO₂-Bepreisung kann dazu beitragen, die Förderung von Kohlenstoffspeichern zu finanzieren. Wird anschließend die Nullwertung für Emissionen aus Holzenergie in den Emissionshandelssystemen aufgehoben, stehen zusätzliche Einnahmen aus diesen Instrumenten zur Verfügung.³³ Diese Prozesse sollten idealerweise mit einem engen Monitoring der Holz- und Energiemärkte begleitet werden, um bei Bedarf nachsteuern zu können.

Die RED behielte auch unter dem marktbasierten Steuerungsansatz eine wichtige Rolle. Ihre Aufgabe sollte es sein, gezielt innovative Technologien zu fördern, die durch zusätzliche Marktversagen behindert werden (siehe oben).³⁴ Hieraus ergäbe sich zusammen mit der CO₂-Bepreisung die scheinbar widersprüchliche aber folgerichtige Situation, dass innovative Holzenergie-Lösungen gleichzeitig bepreist und gefördert werden.³⁵ Möglicherweise kann eine Ermäßigung des CO₂-Preises in diesen Fällen eine pragmatische Alternative darstellen.

Der Schutz der Umwelt sollte Aufgabe der Umweltpolitik sein, nicht der Energiepolitik.

Die Durchsetzung weiterer ökologischer Nachhaltigkeitskriterien etwa im Bereich Biodiversität oder Boden (z. B. „no-go-areas“) sollte hingegen nicht Aufgabe der

³³ Unabhängig davon, wie genau die Förderung von Kohlenstoffspeichern finanziert wird, ist mit Blick auf die damit verbundene Belastung der öffentlichen Finanzen wichtig zu sehen, dass der mit Wald und Holz verbundene Klimaschutz ein öffentliches Gut darstellt. Dessen Finanzierung ist Aufgabe der Allgemeinheit, nicht nur der Holznutzenden. Es ist daher weniger so, dass hiermit eine neue Aufgabe auf die öffentlichen Finanzen zukommt – vielmehr besteht diese Aufgabe seit jeher, wurde in der Vergangenheit aber nicht ausreichend wahrgenommen.

³⁴ Mit Blick auf die Funktion der RED bzw. von Energiefördermaßnahmen könnte auch eingewendet werden, dass die Förderung von Holzenergie erforderlich ist, um Wettbewerbsnachteile infolge der vielfältigen Subventionen für fossile Energien auszugleichen. Es dürfte allerdings wenig zielführend sein, verzerrende Subventionen (für fossile Brennstoffe) durch zusätzliche verzerrende Subventionen (für Holzenergie) zu kompensieren. Verlierer in diesem Subventionswettbewerb sind stets Wälder und stoffliche Holznutzungen. Die Lösung ist auch hier der Abbau fossiler Subventionen. Für die Dringlichkeit dieser Aufgabe stellt das Ziel nachhaltiger Holzkaskaden somit ein weiteres Begründungsmotiv dar.

³⁵ Ein Widerspruch besteht nur scheinbar, da die Bepreisung bei Emissionen ansetzt, die Förderung demgegenüber aber nicht hohe Emissionen belohnt. Stattdessen sollte sie Innovationskosten kompensieren.

Energiepolitik (RED) sein. Diese Kriterien bedeuten ein nachträgliches Auffangen von Mängeln der Umweltpolitik. Vielmehr müssen Biodiversität und Böden über den Weg des Umweltrechts effektiv vor Übernutzung geschützt werden. Dabei sollte es keine Rolle spielen, ob Übernutzungsrisiken auf energetische oder stoffliche Nutzungsansprüche zurückgehen.³⁶ In der Vergangenheit mögen in der Energiepolitik verankerte Umweltschutzkriterien eine ‚Abkürzung‘ hin zu strikterem Umweltschutz dargestellt haben, der für die Gesamtheit der Holznutzungen politisch nicht durchsetzbar war und nur den vermeintlich minderwertigen energetischen Nutzungen zugemutet werden sollte. Spätestens mit der Verabschiedung des EU-Gesetzes zur Wiederherstellung der Natur ist aber unübersehbar, dass Umweltschutz Maßnahmen zur Eingrenzung sämtlicher, auch stofflicher Nutzungsansprüche erfordert. Abbildung 5 zeigt die Struktur des vorgeschlagenen Instrumenten-Mixes im Vergleich zum aktuellen Regulierungsansatz auf Grundlage der RED.

Bei einer Rückverlagerung von Umweltschutzkriterien vom Energie- zum Umweltrecht wäre zu prüfen, wie die ökologische Nachhaltigkeit von Holzimporten gesichert werden kann, die weder von Umweltvorschriften der EU noch von internationalen Abkommen erfasst werden (z. B. mittels handelspolitischer Instrumente). Ergänzende Maßnahmen können zudem mit Blick auf die fehlende Erfassung fossiler Vorkettenemissionen von Holzimporten durch die hiesigen Emissionshandelssysteme erforderlich sein. Da der CO₂-Preis für biogene Emissionen der Holzenergie aber auch für importiertes Holz gelten würde, ist eher mit einer abnehmenden Attraktivität der EU-Märkte etwa für global gehandelte Holzpellets zu rechnen.

Um die soziale Ausgewogenheit und Akzeptanz einer nachhaltigen Holzwirtschaft zu verbessern, ist es zusätzlich zu den dargestellten Maßnahmen wichtig, einkommenschwache Haushalte etwa im Zuge der Wärmewände zu entlasten. Eine klimaeffiziente Holznutzung erhöht dabei langfristig über die Einsparung von Ressourcen den gesellschaftlichen Spielraum für die Finanzierung verteilungspolitischer Maßnahmen. Um diesen Spielraum nicht zu verkleinern, sollte die Abfederung sozialer Härten die effiziente Holzallokation nicht beeinträchtigen. Aus diesem Grund ist es ratsam, private

³⁶ Das gilt mindestens dort, wo es um den Schutz globaler oder lokaler Belastungsgrenzen geht. Dort, wo Spielraum bei der Festlegung von Umweltschutzniveaus besteht, etwa weil auch geringere Schutzniveaus noch keine inakzeptablen Risiken für Menschen bzw. irreversible Schäden für die Umwelt bedeuten, kann eine Differenzierung des Schutzniveaus nach Nutzungsarten sinnvoll sein. Schließlich stellen Umweltstandards in solchen Fällen in aller Regel eine Abwägung mit Nutzungsansprüchen dar. Aus höherwertigen Nutzungsansprüchen lässt sich demnach ggf. ein geringeres Umweltschutzniveau ableiten. In der Praxis der Holzenergie dürfte eine solche Differenzierung von Umweltschutzanforderungen nach vermeintlich höherwertigen stofflichen oder minderwertigen energetischen Nutzungen allerdings auf die Herausforderung stoßen, dass Holzernten selten ausschließlich für den einen oder den anderen Zweck erfolgen.

WEITERENTWICKLUNG DER REGULIERUNG

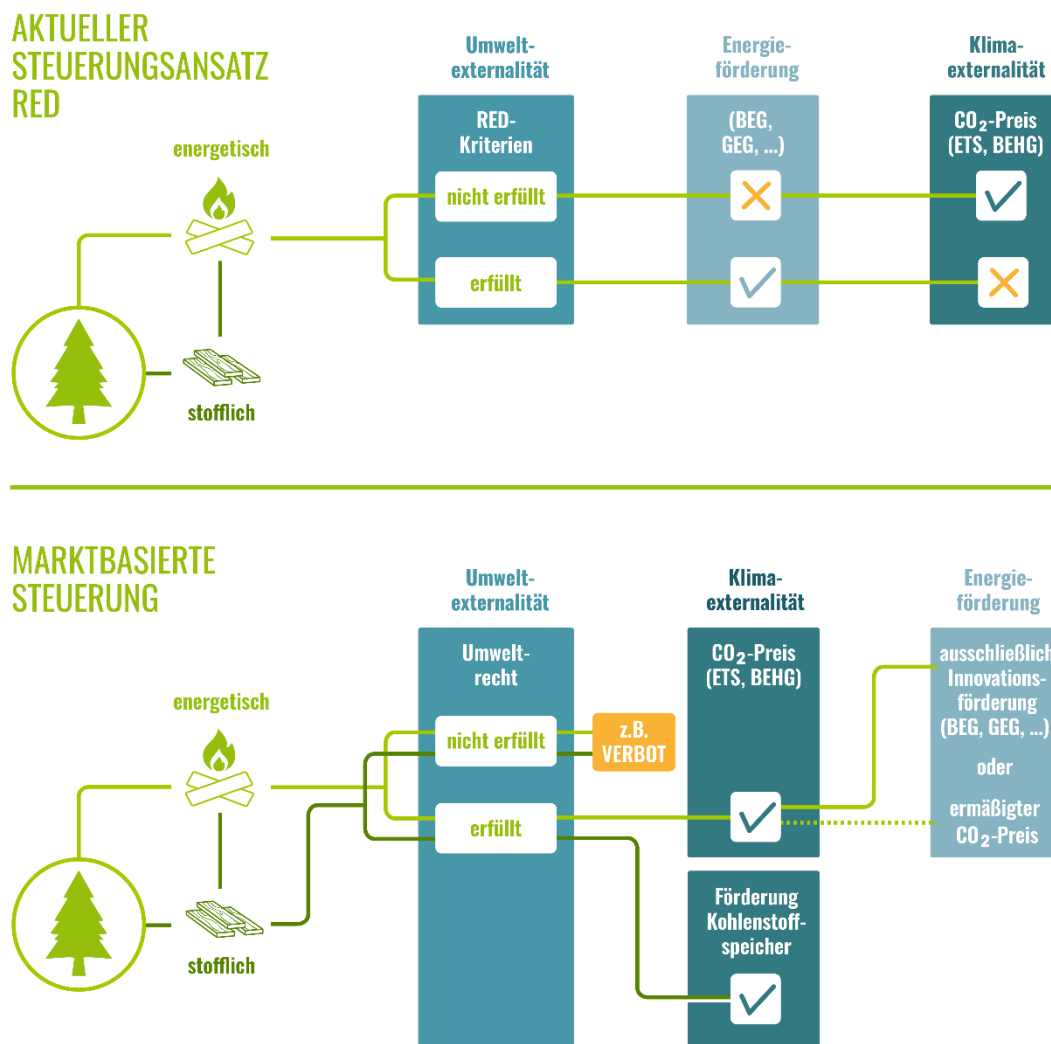


Abbildung 5: Übersicht der verschiedenen Steuerungsansätze

Haushalte eher über ein weitgehend anreizneutrales ‚Klimageld‘ zu entlasten als über die klimaschädliche Förderung von monovalenten Holzheizungen oder von Holzbrennstoffen. Soziale Entlastungen über Förderprogramme wie die BEG können im Kontext Holzenergie zudem trügerisch sein, da die hierdurch verursachten Mehrkosten im Klimaschutz durch höhere Steuern oder staatliche Leistungskürzungen gegenfinanziert werden müssen. Wenn sich Steuererhöhungen politisch nicht durchsetzen lassen und es zur Kürzung staatlicher Leistungen kommt, trifft das vor allem sozial schwache Haushalte.

Ein CO₂-Preis auf Treibhausgasemissionen aus Holz bedeutet nicht das Ende der Holzenergie. Stattdessen kann dieses Instrument zu einer Erholung und Stärkung klimaeffizienter Wälder beitragen, die langfristig höhere Erntemengen und damit auch ein relevantes Maß an energetischen Holznutzungen ermöglichen.³⁷ Außerdem setzt ein CO₂-Preis Anreize für die Gestaltung zukunftsfähiger Geschäftsmodelle mit Holzenergie, die einen zusätzlichen Mehrwert für den Klimaschutz bieten durch die Abscheidung und Speicherung oder Nutzung von biogenem Kohlenstoff (BECCS / BECCU³⁸). Während bei der

Ein CO₂-Preis ist nicht das Ende der Holzenergie, sondern der Anfang multifunktionaler Holznutzungen im Energiesektor.

Speicherung dem CO₂-Preis ausgewichen werden kann, ermöglicht eine hochwertige Nachnutzung des biogenen Kohlenstoffs Zusatzerlöse, die Holzenergie auch bei Zahlung des CO₂-Preises wettbewerbsfähig machen können. Das Instrument bereitet somit effiziente Beiträge von Holzbrennstoffen zu einer netto-treibhausgasneutralen Wirtschaft vor, die über den energetischen Nutzen hinausgehen.³⁹ Aktuelle Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Bereitstellung von Negativemissionen sowie von erneuerbarem Kohlenstoff etwa für strombasierte Kraftstoffe langfristig sogar einen höheren Stellenwert haben könnte als die im Vorfeld gewonnene Energie.⁴⁰ Der Abbau von Energiesubventionen und die Einbeziehung von Holz in Emissionshandelssysteme sind damit weniger Schlüsselpunkte hinter eine unzeitgemäße Energieressource als vielmehr der Auftakt für eine zukünftig multifunktionale Rolle der energetischen Holznutzung.

³⁷ Van Kooten, G. C. et al. (1995): Effect of Carbon Taxes and Subsidies on Optimal Forest Rotation Age and Supply of Carbon Services, *American Journal of Agricultural Economics* 77-2, 365-374, <https://www.jstor.org/stable/1243546>; Lintunen, J.; Uusivuori, J. (2016a): On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies, *Journal of Forest Economics* 24, 130-156.

³⁸ Bioenergy with Carbon Capture and Storage, Bioenergy with Carbon Capture and Utilization.

³⁹ Siehe zu den unterschiedlichen Phasen der Bioenergie im Zuge der Energiewende acatech (2019): Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik. Strategien für eine nachhaltige Bioenergienutzung, Stellungnahme Februar 2019, <https://www.acatech.de/publikation/biomasse-im-spannungsfeld-zwischen-energie-und-klimapolitik-strategien-fuer-eine-nachhaltige-bioenergienutzung/download-pdf?lang=de>.

⁴⁰ Millinger, M. et al. (2024): Diversity of biomass usage pathways to achieve emissions targets in the European energy system, preprint, <https://www.researchsquare.com/article/rs-3097648/v1>.

5 Fazit

Konsequenter Klimaschutz muss die Treibhausgaswirkungen energetischer Holznutzungen systematischer als bisher berücksichtigen. Auch die zukünftige Bioökonomie erhöht die Dringlichkeit, Holzenergie auf ein nachhaltiges Niveau zu begrenzen. Dafür müssen komplexe Klimawirkungen, aber auch ökonomische, soziale und weitere ökologische Ziele beachtet werden. Im vorliegenden Diskussionspapier wurde argumentiert, dass die klimaeffiziente Nutzung von Holzressourcen ein wichtiges Leitprinzip für nachhaltige Holzenergie sein kann. Hierbei werden Holzressourcen so auf Wälder, Holzprodukte und Holzenergie verteilt, dass die Gesamtkosten der Klimaschutzpolitik minimiert werden. Effektive umwelt- und sozialpolitische Leitplanken müssen dieses Vorhaben einrahmen.

Ob nachhaltige Holzenergie mithilfe der EU-RED gewährleistet werden kann, sollte angesichts der Komplexität dieser Herausforderung stärker hinterfragt werden. Ohne die Korrektur von Marktversagen im LULUCF-Sektor müssen dort vorgesehene Nutzungshierarchien für Holz dauerhaft gegen die Fliehkräfte verzerrter Märkte ankämpfen. Die strukturell zu hohe Nachfrage des Energiesektors nach Holz setzt dabei stetig Anreize, solche Hierarchien durch die kreative Suche nach legalen Schlupflöchern oder durch illegale Praktiken zu unterlaufen.

Selbst wenn bestehende Energieförderprogramme unter dem Druck der neuen Nutzungshierarchie abgebaut werden, nehmen die Anreize für Holzenergie durch die steigenden Preise in den Emissionshandelssystemen kontinuierlich zu, solange Emissionen aus RED-konformer Holzenergie dort mit Null gewertet werden. Die zahlreichen Bestrebungen zur Umrüstung von Kohlekraftwerken auf Biomasse zeigen diese Entwicklung bereits eindringlich.

Auch ein marktbasierter Regulierungsansatz mithilfe von CO₂-Bepreisung und der Förderung von Kohlenstoffspeichern ist herausfordernd, und wird nicht in jedem Fall zu optimalen Holzkaskaden führen. Unter anderem stellt die dafür erforderliche Quantifizierung holzbasierter Kohlenstoffspeicher eine Herausforderung dar, zumal wenn eine Umsetzungsvariante gewählt würde, in der auch die Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten zu berücksichtigen ist. Auch hier müssten pragmatische Lösungen wie die Beschränkung der Förderung auf ausgewählte Produktfelder gefunden werden, wie sie sich mit Initiativen etwa im Bereich des Holzbaus bereits abzeichnen.

Insgesamt kann die Korrektur von Marktversagen dennoch den geeigneteren Weg zu nachhaltigen Holzkaskaden darstellen. Zum einen dürfte der Umsetzungsaufwand deutlich geringer ausfallen als bei einer staatlich administrierten Umsetzung von Nutzungshierarchien, schon allein, weil nicht mehr für jeden Holzbrennstoff

Treibhausgasbilanzen erstellt werden müssten. Vor allem aber reduziert selbst eine unvollkommene marktbasierende Lösung die gegenwärtigen Fliehkräfte der Holzmärkte, indem sie die dortigen Anreize zugunsten nachhaltiger Holzkaskaden verschiebt.

Es mag attraktiv erscheinen, durch Holzenergie zügig Fortschritte in der Wärmewende oder bei der Defossilisierung von Luft- und Schiffsverkehr zu erreichen. Solche Fortschritte stehen jedoch dem Ziel der Stärkung der LULUCF-Senke entgegen, und riskieren steigende Kosten der Klimapolitik sowie einen Mangel an heimischen Holzressourcen für die stoffliche Bioökonomie. Die energiepolitische Entlastung von Mieter:innen – etwa durch die Förderung monovalenter Holzheizungen über die BEG – wird somit durch höhere Preise für Produkte beispielsweise der Chemie- oder Textilindustrie konterkariert, die in der Zukunft verstärkt klimaschonend auch auf Basis biogener Rest- und Abfallstoffe hergestellt werden sollen. Zusätzlich ist eine Verknappung der Finanzmittel im Klima- und Transformationsfonds absehbar, da ein steigender Bedarf an Klimaschutzmaßnahmen im LULUCF-Sektor finanziert werden muss. Verminderter Klimaschutz an anderer Stelle, Steuererhöhungen oder die Kürzung staatlicher Leistungen wären die Folge.

Bei Fortführung der gegenwärtigen Energieförderung ist zudem mit steigenden Importen von Holz bzw. Holzenergieträgern zu rechnen. Biomasseimporte laufen zwar nicht per se Nachhaltigkeitszielen zuwider. Sie können diese Ziele sogar unterstützen, etwa wenn sie in Staaten mit ausreichenden LULUCF-Senken und günstigeren Optionen für die Defossilisierung der Wirtschaft zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zu höheren Einkommen beitragen. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen des Welthandels sind Holzimporte allerdings häufig mit hohen ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitsrisiken verbunden.⁴¹ Diese sollten nicht leichtfertig ignoriert werden. Außerdem kaschiert eine durch Importe vergrößerte Ressourcenbasis lediglich die ineffiziente Nutzung der Ressource Holz, anstatt die Ursachen und Folgen der Fehlallokationen – wie etwa erhöhte Kosten des Klimaschutzes – zu beseitigen.

Demgegenüber kann der Wechsel hin zu einer marktbasierenden Regulierung der Holzenergie eine wichtige Dynamik für die nächste Phase im Klimaschutz entfalten, in der ‚unvermeidbare Restemissionen‘ durch die Ausweitung von Kohlenstoffsinken kompensiert und Negativemissionen generiert werden sollen. Hiermit werden zudem zentrale Weichen in Richtung einer dauerhaft tragfähigen Entwicklung der Bioökonomie gestellt. Da bis zum Ziel der Klimaneutralität nur noch wenige Jahrzehnte verbleiben, und

⁴¹ Z. B. Egenolf, V. et al (2023): The impact of the German timber footprint on potential species loss in supply regions, *Science of The Total Environment* Volume 901, 25 November 2023, 165897, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165897>; Wang, S. et al (2023): The booming non-food bioeconomy drives large share of global land-use emissions, *Global Environmental Change*, 83, 102760, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102760>.

Investitionen in Wälder und Energieinfrastrukturen oftmals langfristige Prozesse betreffen, sollte ein Umsteuern möglichst zeitnah in Angriff genommen werden.