



Verfügbare Biomasse im Einklang mit Natur- und Umweltschutz

Anforderungen des NABU an eine naturverträgliche Biomassennutzung – Vertiefung Bioenergie

Biomasse wird für die Energieerzeugung verwendet oder stofflich genutzt. Doch ist nicht jede Biomasse naturverträglich. Zur Frage, welche Biomasse im Einklang mit Natur- und Umweltschutz verfügbar ist, werden die Gremien des NABU 2022 ein Positionspapier beschließen. Dieses Hintergrundpapier dient einerseits der Vorbereitung der innerverbandlichen Diskussion und andererseits als Grundlage der Arbeit in dem Themenfeld für die Zwischenzeit bis zur Beschlussfassung.



Kontakt

NABU Ökonomie/Forschungspolitik
Dr. Claudia Werner
Referentin für Biomasse und Bioenergie

Tel. +49 (0) 174 9211 771
claudia.werner@NABU.de

Hintergrund

Biomasse, vor allem aus Holz und Energiepflanzen, wird als Rohstoff für Bau, Industrie und Energieerzeugung eingesetzt. Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes ist Biomasse jedoch in erster Linie Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten, sie ist Nahrung und Kohlenstoffspeicher. Ohne Biomasse gäbe es keine Böden, die Wasser filtern und speichern. Bäume reinigen und kühlen die Luft und reichern sie mit Sauerstoff an. Zudem sind Wälder wichtige Kohlenstoffspeicher für den Klimaschutz, denn Bäume und Waldböden vermögen große Mengen an Kohlenstoff über lange Zeiträume zu speichern.

Zur Erreichung der Klimaziele soll die Biomasse Kohle, Öl und Gas in der Energieversorgung und in stofflichen Verarbeitungsprozessen ersetzen. Mit dem Inkrafttreten der gesetzlichen Förderung der Bioenergie im Jahr 2000 ist die Biomassennutzung sprunghaft angestiegen und hat vielerorts zur Intensivierung der Landwirtschaft, zur Übernutzung der Wälder und zur Verdrängung der Nahrungsmittelproduktion auf ökologisch wertvolle Flächen geführt. Die Folgen der Klimakrise mit zunehmenden Hitze- und Trockenperioden sowie Extremwetterereignissen belasten die wertvolle Ressource Biomasse zusätzlich und der Druck wird sich durch den vermehrten Bedarf für die stoffliche Nutzung weiter erhöhen.

Um die planetaren Grenzen einzuhalten, wollen wir die natürlichen Ressourcen bewahren und überall dort zu verbessern, wo ihr schlechter Zustand es erfordert. Der zunehmende Bedarf an Biomasse steht dem entgegen. Welche Biomasse aus Sicht von Natur-, Umwelt- und Klimaschutz

für die Nutzung zur Verfügung steht und welche Restriktionen es zu beachten gibt, wird in dieser Hintergrundinformation aufgezeigt. Hierfür werden folgende Fragen behandelt:

- Was sind die NABU-Leitbilder einer naturverträglichen Land- und Waldwirtschaft?
- Wie kann das Kaskadenprinzip eine möglichst effiziente Biomassenutzung begünstigen?
- Welche Rahmenbedingungen fördern eine naturverträgliche energetische Biomassenutzung?

Anforderungen aus Sicht des Naturschutzes

Leitbild einer naturverträglichen Landwirtschaft

Eine nachhaltige, naturverträgliche Landwirtschaft unterstützt die Artenvielfalt sowie den Aufbau und Erhalt der Böden und der Wasserressourcen. Der Öko-Landbau setzt bereits Maßnahmen einer naturverträglichen Landnutzung um und kann somit dazu beitragen, den Problemen der Biodiversitätskrise zu begegnen. Hierfür sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Auf Pestizide muss weitgehend verzichtet werden.
- Der Düngemiteleinsatz muss reduziert werden.
- Eine schonende Bodenbearbeitung muss gewährleistet sein.
- Ein Mindestanteil von 10 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche wird für Strukturelemente, wie Hecken, Brachen oder Kleingewässer, die einen Biotopverbund bilden, freigehalten (Oppermann et al. 2020, Meichtry-Stier et al. 2014).
- Ein ausreichender Anteil an Wirtschaftsdünger, z.B. Ernterückstände, verbleibt zum Humusaufbau im Boden.

Eine schonende Bewirtschaftung und ein vielfältiges Mosaik an verschiedenen Nutzungsmustern mit vertikalen Strukturen schafft Lebensräume und fördert somit die Biodiversität.

Konflikte des Naturschutzes mit der Biomassenutzung

Landwirtschaftliche Biomasse, die als Rohstoff für Bioenergie und stoffliche Produkte dient, z.B. Mais, Raps, Weizen und Zuckerrüben, wird in meist großflächiger Intensivkultur angebaut. Diese Intensivkulturen sind nicht naturverträglich, denn sie sind mit erheblichen negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt verbunden. Zur Ertragssteigerung werden hohe Mengen an Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln eingesetzt, die zu einem Verlust der Artenvielfalt führen. Viele Pestizide töten Tiere und Pflanzen direkt oder indirekt indem sie die Nahrungsgrundlage der Insekten und in der Folge auch der Vögel vernichten. Der hohe Bedarf an Düngemitteln führt zu Stickstoffinträgen in Boden und Grundwasser sowie zu Lachgasemissionen in die Atmosphäre. Aufgrund der intensiven Bodenbearbeitung wird das Klima zusätzlich durch die Freisetzung von CO₂ und Feinstaub belastet. Durch Intensivkulturen und artenarme, auf Biomassezuwachs optimierte, großflächige Schläge gehen Lebensräume für viele Arten verloren. Die großen einheitlichen Schläge stellen Barrieren für den Austausch vieler Tier- und Pflanzenarten dar, was zum Verlust der Biodiversität führt. Wenn zu wenig Ernterückstände auf dem Acker bleiben, wird zu wenig Humus gebildet.

Zudem wird durch den Biomasseanbau die Nahrungsmittelproduktion auf ökologisch wertvolle Flächen hierzulande oder in andere Regionen der Welt verdrängt, was zu einer Ausdehnung der

Biomasse aus Intensivlandwirtschaft ist nicht naturverträglich

landwirtschaftlichen Flächen weltweit führt. Dies wird als indirekte Landnutzungsänderung (*indirect Land Use Change* - iLUC) bezeichnet.¹

Leitbild einer naturverträglichen Waldwirtschaft

Der Schutz der Wälder als Hort der Artenvielfalt und als Kohlenstoffsенке hat für den Klimaschutz oberste Priorität. Eine ökologisch vorbildliche Waldwirtschaft trägt zur Steigerung des Artenreichtums, des Kohlenstoffspeicherungsvermögens und der Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels wie Trockenheit, Hitze und Schädlingsbefall bei.

Das Leitbild einer ökologisch nachhaltigen und naturverträglichen Waldwirtschaft ist ein mehrschichtiger, artenreicher Laubmischwald, der sich an den natürlichen Waldgesellschaften des jeweiligen Standorts orientiert und die Fähigkeit der jeweiligen Waldökosysteme zur Selbstorganisation nutzt sowie essentielle Lebensräume für viele Organismen, die bereits gefährdet sind, bietet. Hierfür sind folgende Maßnahmen einzuhalten:

- Das Waldmanagement muss insbesondere auf Naturverjüngung aller Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft, Struktureichtum, große Biomassevorräte (einschließlich Totholz) sowie auf ein möglichst feucht-kühles Waldinnenklima abzielen.
- Ausreichende Mengen an Totholz verbleiben im Wald und dienen als Lebensgrundlage für Vögel, Fledermäuse, Moose, Flechten, Pilze und Insekten, die gemeinsam über Jahrzehnte hinweg das Holz zu Humus zersetzen. Totholz trägt zur Bodenverbesserung, zu einem besseren Nährstoffhaushalt sowie zur Artenvielfalt bei und dient auch als Wasserspeicher.
- Ein Anteil an Flächen mit natürlicher Entwicklung von mindestens 10 Prozent wird angestrebt. Derartige Naturwälder sind bedeutsam für die Artenvielfalt und für den genetischen Austausch.

Konflikte des Naturschutzes mit der Biomassenutzung

Eine nur auf Rohstoffgewinnung ausgerichtete Forstwirtschaft, die strukturarme Reinbestände und Altersklassenwälder mit durchwegs gleichaltrigen Bäumen kultiviert, steht nicht im Einklang mit Natur- und Umweltschutz. Die Artenvielfalt nimmt ab. Zudem verdichten schwerer Holzerntemaschinen wertvolle Waldböden bis hin zur irreversiblen Zerstörung. In den vergangenen Jahrzehnten wurden vielerorts, teilweise auf riesigen Flächen, zuvor reich strukturierte Wälder durch Monokulturen ersetzt. Dementsprechend sind die Wälder oftmals weit von einem stabilen Ökosystem entfernt und können kaum Leistungen für das Gemeinwohl erbringen. Aufgrund der auf die Holzernte optimierten Forstwirtschaft sind unsere Wälder strukturarm. In Deutschland gibt es nur 11 Prozent mehrschichtige Wälder sowie viel zu wenig Altbäume und Totholz (BMEL, 2016).

Der Bedarf an Holz für die Energieerzeugung hat maßgeblich zur Übernutzung beigetragen. So ist die Energieholzernte in der EU zwischen 2000 und 2018 um 47 Prozent gestiegen (Greenpeace, 2020) und nimmt weiterhin zu. Das Kohlenstoffspeicherungsvermögen sowohl in der oberirdischen Biomasse als auch im Boden nimmt ab, weil Holz intensiv eingeschlagen und Totholz entnommen wird. Dabei nimmt auch bis ins hohe Alter der Bäume, weit über 100 Jahre hinaus, die Biomasse und damit das Kohlenstoffspeicher-Vermögen kontinuierlich zu, das auch in der Zerfallsphase erhalten bleibt oder nur geringfügig abnimmt (siehe Abb.1).

Wälder können bis ins hohe Alter Kohlenstoff speichern

Grundsätzlich muss der Holzvorrat aufgebaut und der Einschlag in manchen Wäldern dementsprechend reduziert werden. Reinbestände müssen in Laubmischwälder umgebaut werden, denn standortfremde und nicht heimische Baumarten sind besonders anfällig gegenüber Hitze und

¹ für weiterführende Informationen siehe UBA, 2015 und 2018

Trockenheit und sterben letztendlich ab. So sind in Deutschland zwischen 2018 und 2020 277.000 Hektar Wald abgestorben, eine Fläche die größer als das Saarland ist. 90 Prozent hiervon sind Nadelbäume, in erster Linie Fichtenreinbestände.²

Holz sollte bis auf wenige Ausnahmen stofflich genutzt werden, möglichst in langlebigen Produkten, in denen der Kohlenstoff über große Zeiträume hinweg gebunden bleibt (siehe nächster Abschnitt und Abb.2). Wälder dürfen nicht länger durch eine auf Rohstoffgewinne ausgerichtete Forstwirtschaft übernutzt werden. Stattdessen müssen Ökosystemleistungen z.B. durch Vertragsnaturschutz vergütet werden.



Abb.1: Kohlenstoffspeicherung der Entwicklungsphasen eines Buchenwaldes (Quelle Speicherwald.org; Grafik: NABU / Pia Wieland)

Effiziente Biomassenutzung: Kaskadenprinzip

Biomasse aus Feldern und Wäldern ist nicht unbegrenzt verfügbar und muss als wertvolle Ressource betrachtet werden. Um mit der Biomassenutzung einhergehende negative Umweltfolgen und Nachhaltigkeitskonflikte zu begrenzen und gleichzeitig die Rohstoffeffizienz zu erhöhen, wird das Prinzip der Kaskadennutzung als möglicher Lösungsansatz in verschiedenen umweltpolitischen Strategien (u. a. auch EU Green Deal, Nationale Bioökonomiestrategie, Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II, etc.) berücksichtigt. Dem Prinzip folgend, sollte Biomasse **„so lange, so häufig und so effizient wie möglich zunächst stofflich genutzt und erst am Ende des Produktlebenszyklus energetisch verwertet werden“** (UBA 2017a, S. 7). Abb.2 zeigt schematisch am Beispiel Holz die Nutzungskaskade in einer nachhaltigen Bioenergie. Hieraus ist ersichtlich, dass es eine Reihe an Nutzungsmöglichkeiten von Holz gibt, einschließlich Wiederverwertung und Recycling, bevor nicht mehr stofflich nutzbare Reststoffe für die Energieerzeugung verbrannt werden.

Obwohl das Prinzip umweltpolitisch breit gefordert wird, wird die Kaskadennutzung in der Realität nicht umfassend umgesetzt: So werden von einer Gesamtanbaufläche von 2.670.000 Hektar

² für weiterführende Informationen siehe BMEL, 2021

für nachwachsende Rohstoffe (also keine Lebens- und Futtermittel) in Deutschland lediglich 10 Prozent für den Anbau von Industriepflanzen zur Herstellung von Pflanzenstärke, -öl, und -fasern oder Arznei- und Farbstoffen etc. genutzt. Auf 90 Prozent der Fläche wachsen Ausgangsstoffe für Biogas, Biokraftstoffe oder Festbrennstoffe (FNR 2021, S. 14). Auch beim Holz wird die Diskrepanz zwischen einer möglichst effizienten Rohstoffnutzung und dem direkten Verbrennen von Waldholz deutlich: Der Gesamtverbrauch an Wald-, Rest- und Recyclingholz beläuft sich in Deutschland auf 127,4 Mio. m³ von dem die Hälfte energetisch genutzt wird (FNR 2020, S. 12). Neben der gesetzlichen Förderung von Bioenergie aus Holz schafft der im Umsatzsteuergesetz festgelegte ermäßigte Steuersatz für Brennholz (7 Prozent) einen weiteren Wettbewerbsvorteil für die energetische Nutzung von Holz aus dem Wald (UStG, Stand 2021 §12 / Anlage 2).



Abb.2: Schematische Darstellung des Prinzips der Kaskadennutzung von Holz in einer nachhaltigen Bioökonomie (NABU eigene Darstellung / Grafik: Pia Wieland)

Doch die energetische Nutzung von jeglicher Biomasse, unabhängig davon, ob sie aus der Land- und Forstwirtschaft oder als Reststoff der verarbeitenden Industrien anfällt, markiert das Ende einer Wertschöpfungs- und Stoffstromkette. Jede Tonne an Biomasse, die energetisch genutzt wird, reduziert somit das Potenzial, die Ressourceneffizienz mit Hilfe der Kaskadennutzung zu erhöhen. Dies gilt insbesondere für die energetische Nutzung von Primärbiomasse (UBA 2017b, S. 58 ff).

Biomasse soll immer zuerst stofflich genutzt werden

Durch den Ausstieg aus fossilen Energien Kohle, Gas und Öl wird der Bedarf an Biomasse steigen. Biomasse gilt schnell einsetzbare Flexibilität für Engpässe im Stromnetz. Zudem wird Biomasse als möglicher Beitrag zu negativen Emissionen durch BioEnergie Capture and Storage (BECCS) in vielen Klimaszenarien in den nächsten Jahrzehnten immer wichtiger. Gleichzeitig müssen wir uns Gedanken zur Verfügbarkeit von Biomasse machen, wenn naturschutzfachliche Restriktionen berücksichtigt werden. Weniger Nachfrage nach Biomasse durch Suffizienzansätze oder Kaskadennutzung sind mögliche Lösungsoptionen.

Um eine effiziente und naturverträgliche Kaskade zu implementieren, sollten entscheidende Aspekte aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes berücksichtigt werden:

- Grundsätzlich sollte ein prinzipielles Umdenken dahingehend erfolgen, dass Primärrohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft zuerst in die stoffliche Nutzung fließen und erst nach mehreren Nutzungszyklen zur Energieerzeugung eingesetzt werden.
- Darüber hinaus sollten die Nutzungsziele eines Rohstoffes verstärkt in das Produktdesign integriert werden, sodass die Rückgewinnungs- und Wiederverwertbarkeit von Rohstoffen vereinfacht wird. Nur auf diese Weise können wirtschaftlich dauerhaft lebensfähige Wertschöpfungsketten etabliert werden. Um möglichst lange Nutzungszyklen der Biomasse ermöglichen zu können, müssen die Systeme zur getrennten Erfassung, Sortierung, Qualitätssicherung und Verwertung Biomasse-basierter Produkte optimiert werden
- Zudem muss gewährleistet werden, dass die Subventionierung von Bioenergie eingeschränkt wird auf Biomasse, die stofflich nicht (mehr) genutzt werden kann. Auch muss der ermäßigte Steuersatz für Brennholz (7 Prozent) abgeschafft werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass die energetische nicht mit der stofflichen Nutzung konkurriert und die Nutzungsdauer von Biomasse verlängert wird.

Biomassepotentiale für die Energieerzeugung

Ausgangssituation

Für den Aufbau eines klimaneutralen Energiesystems der Zukunft werden hohe Erwartungen an die Bioenergie gestellt. So soll sie die volatile Stromerzeugung aus Wind und Sonne ausgleichen sowie fossile Kraftstoffe und Energieträger für die Wärmeerzeugung ersetzen. Bioenergie zählt in der europäischen Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive – RED, 2018) zu den erneuerbaren Energien. Diese Richtlinie legt Anforderungen fest, die die Nachhaltigkeit der für die Energieerzeugung verwendeten Biomasse sicherstellen sollen. Allerdings sind diese Anforderungen völlig unzureichend, so dass praktisch jede Biomasse aus Intensivlandwirtschaft und Waldholz als nachhaltig gilt. Auf dieser Basis wird die energetische Nutzung seit 2000 gefördert, was zu immensen negativen Auswirkungen auf Natur, Umwelt und Klima geführt hat. Weltweit werden Bäume und ganze Wälder abgeholzt, ökologisch wertvolle Flächen in Intensivkulturen umgewandelt mit der Folge, dass die Nahrungsmittelproduktion weiter intensiviert, oder auf bislang extensiv genutzte Standorte verdrängt wird.

Die gesetzlichen Nachhaltigkeitsanforderungen an Biomasse entsprechen keinesfalls den Leitbildern einer naturverträglichen Land- bzw. Waldwirtschaft. Auch der Weltbiodiversitäts- und Weltklimarat weisen in ihrem gemeinsamen wissenschaftlichen Bericht darauf hin, dass sich die großflächige Biomassenutzung aus Intensiv- und Monokulturen für die Energieerzeugung negativ auf die Biodiversität und somit auf das Klima auswirkt (IPBES-IPCC, 2021). Der Flächenverbrauch für Bioenergie ist um ein Vielfaches höher als für Wind- und Sonnenenergie. Zudem werden durch die intensive Bodenbewirtschaftung Emissionen freigesetzt. Gleichzeitig ist die Energiedichte, vor allem von Holzbiomasse, gering, was in höheren Emissionen bei der Energieerzeugung als bei der Verwendung fossiler Energieträger resultiert (Gómez et al., 2006). Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die Grenzen und Potentiale der energetischen Biomassenutzung aus Sicht von Natur- und Umweltschutz aufgezeigt, die als Argumentationsbasis für den politischen Dialog dienen sollen.

Bioenergie und Naturschutz müssen zusammen gedacht werden

Bioenergie aus der Landwirtschaft

Energiepflanzen: Negative ökologische Auswirkungen großflächiger Intensivkulturen

Die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verankerte Förderung von Bioenergie aus der Landwirtschaft und die Vorgaben der Beimischquoten von Biokraftstoffen in der europäischen Erneuerbaren Energien-Richtlinie (RED) haben maßgeblich zu einer Ausweitung von Intensivkulturen und einer gleichzeitigen Reduktion der Brachen in der Landwirtschaft beigetragen. Der Grund liegt im geringen Energieertrag aus Biomasse, was in einem hohen Flächenbedarf resultiert. In Deutschland ist vor allem der Anbau von Mais und Raps für Bioenergie seit der Förderung durch das EEG sprunghaft angestiegen. Auch der Anbau von Weizen und Zuckerrüben zur Gewinnung von Ethanol kann aufgrund der entstehenden Flächenkonkurrenz (Flächen zur Nahrungsmittelerzeugung, für den Naturschutz, für Bioenergie etc.) negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Diese großflächigen Intensivkulturen beeinträchtigen die Biodiversität sowie die Boden- und Wasserqualität, was sich wiederum negativ auf das Klima auswirkt (siehe hierzu IPBES-IPCC, 2021).

Ein weiteres Problem, das mit der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus in Intensivkultur verbunden ist, ist die Verdrängung des Nahrungsmittelanbaus auf ökologisch wertvolle Flächen. Die Intensivierung extensiv genutzter Grünland- und Moorflächen für den Nahrungsmittelanbau konnte bereits vielerorts festgestellt werden. Durch eine solche sogenannte indirekte Landnutzungsänderung (iLUC) entstehen erhebliche Klimaemissionen, die zu einer teilweise deutlich schlechteren Treibhausgasbilanz als bei der Verwendung fossiler Energieträger führen.

Energiepflanzen verdrängen den Nahrungsmittelanbau

Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Anbaubiomasse bei ausgewählten Spezialfällen

Bioenergie aus artenreichen Blümmischungen sowie mehrjährigen Kulturen, die der Humusanreicherung dienen und die Artenvielfalt fördern, sind mit Natur- und Umweltschutz vereinbar, wenn ausreichend Rückzugsgebiete für Insekten in der Nähe der Flächen über den Winter zur Verfügung stehen. Hierzu gehören z.B. Mischungen wie Sommergerste/ Leindotter oder Sudangras/ Sonnenblume bzw. Dauerkulturen wie Topinambur oder Miscanthus (Chinaschilf). Für trockene Regionen sind mehrjährige und tief wurzelnde Pflanzen zu empfehlen z.B. Luzerne oder Silphie. Ob der Anbau eine Verbesserung oder Verschlechterung für das Ökosystem darstellt, hängt auch von der vorherigen Nutzung ab. Eine mehrjährige Energiepflanzen-Mischkultur ohne Pestizid- und Düngereinsatz ist aus Naturschutzsicht einer intensiven Ackerkultur vorzuziehen, auch wenn der Energieertrag geringer ist. Wenn jedoch extensives Grünland zu Gunsten einer effektiveren Biomassenutzung intensiviert oder Hochstamm-Obstbaumbestände gerodet werden, fällt die Bilanz für den Naturschutz negativ aus.

Biomasse aus Paludikulturen hingegen hat kaum Potenzial für Bioenergie. Die anfallenden Mengen sind gering und der Energieertrag niedrig, Sie kann besser stofflich verwertet werden, z.B. als Dämmmaterial, oder in bestimmten Fällen als Weide für nassetolerante Tiere, z.B. schottische Hochlandrinder, dienen. Nur Reststoffe und überschüssige Mengen können lokal in Biogasanlagen genutzt werden.

Kurzumtriebsplantagen können als Element eines Agroforstsystems bei Beachtung landschaftsökologischer Zusammenhänge und standortgemäßer Sortenwahl die Landschaftsstruktur und die biologische Vielfalt verbessern. Zudem setzt die Anlage von Gehölzstreifen auf großflächigen Ackerschlägen die Erosionsgefahr herab und der Schattenwurf durch die Baumkronen schützt den Boden vor Austrocknung. Werden gleichzeitig Bodenbearbeitung und Pestizidverwendung reduziert, sind Agroforstsysteme naturschutzfachlich hochwertiger einzustufen als intensiv genutzte Ackerflächen. Eine solche Anlage sollte aber auf keinen Fall auf Extensivgrünland, in Feuchtgebieten, auf organischen Böden, die ohnehin aufgrund der hohen CO₂-Emissionen

durch die Trockenlegung wiedervernässt werden müssen, an Gewässerrandstreifen, auf Streuobstwiesen oder in Bereichen erfolgen, in denen sie Lebensräume von Tier- und Pflanzenarten bedroht. Wenn aufgrund der Subventionierung der Bioenergie jedoch großflächige Energieholzplantagen angelegt werden, besteht die Gefahr, dass sie die Nahrungsmittelproduktion auf ökologisch wertvolle Flächen oder ins Ausland verdrängen (iLUC), was mit einer Abnahme von Lebensräumen und Artenvielfalt sowie mit zusätzlichen Emissionen verbunden ist.

Reststoffe

Als *Reststoffe aus der Viehhaltung* bieten sich für die energetische Nutzung Gülle und Jauche an, während Festmist besser kompostiert und als Wirtschaftsdünger für die Bodenverbesserung verwendet werden sollte. Der Gülleanteil in Biogasanlagen kann erhöht werden, wenn der Gefahr der Bestandsaufstockung durch Vorgaben einer flächengebundenen Tierhaltung und durch ein deutlich verschärftes Emissionsschutzgesetz entgegengewirkt wird. Die Vorteile der energetischen Nutzung liegen auf der Seite der Emissionen, weil Bioenergie aus Flüssigabfällen zu einer verminderten Freisetzung klimawirksamer Schadstoffe (Methan) führt (WWF, 2007, S.7). Um den Energieeinsatz für den Transport der Gülle zu minimieren, ist die Biogasgewinnung in dezentralen Konversionsanlagen vorzuziehen. Die Gärrückstände können als Dünger wieder auf die Felder gebracht werden, solange sichergestellt ist, dass sie nicht mit Antibiotika belastet sind. Eine ausschließliche Ausbringung von kohlenstoffarmen Düngemitteln, wie flüssigen Gärresten oder Mineraldünger, ist hierbei zu vermeiden, um einen Verlust von Humus und Mikroporen im Boden zu verhindern. Auf eine sorgfältige Einarbeitung ist zu achten, dies gilt für alle Arten von Gärrückständen. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass genug kohlenstoffreiche Biomasse, zum Beispiel in Form von Ernterückständen, auf dem Boden verbleibt.

Bioenergie aus Gülle und Jauche hat Potential

Auch *Reststoffe aus dem Ackerbau* wie Stroh und das Kraut von Hackfrüchten sind für eine energetische Verwertung geeignet. Prinzipiell gilt jedoch, dass eine stoffliche Nutzung, wie die Verwendung von Stroh als Dämmmaterial, der energetischen Nutzung vorzuziehen ist. Um einen Abbau von Humus zu verhindern, sollten allerdings nur 20 Prozent des Strohs genutzt werden und der Rest sollte auf der Fläche verbleiben (Aebischer & Ewald 2004, Wahan et al. 2021). Denkbar ist auch, potenziellen Nährstoffentzug durch Ausbringen der kohlenstoffreichen Trockensubstanz der Gärrückstände aus der Biogasgewinnung auszugleichen, wobei eine Überdüngung zu vermeiden ist.

Schnittgut aus der Grünland- und Landschaftspflege kann energetisch genutzt werden, wenn die vorhandene Infrastruktur keine stoffliche Verwertung ermöglicht. Dies sollte aber nicht in Konkurrenz zur Futtermittelbereitstellung stehen oder zu einer Intensivierung der Nutzung führen. Zudem kann Biomasse von Flächen anfallen, auf denen die Nutzung aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben wurde oder werden soll. Um langfristig den typischen Offencharakter der Landschaft wiederherzustellen, den Stoffhaushalt zu entlasten und die standorttypische Biodiversität zu fördern, kann eine extensive Nutzung ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein. Je nach Materialzusammensetzung kann sich diese Biomasse auch zur Kompostierung eignen. Inwieweit eine Kompostierung zu bevorzugen ist, muss abhängig von den regional verfügbaren Verwertungsmöglichkeiten entschieden werden. Neben Grünschnitt fallen auch Abfälle aus Baum- und Heckenschnitt an, die lokal oder dezentral direkt oder in Holzhackschnitzelkesseln verbrannt werden können.

Fazit

Die energetisch verfügbaren Biomassepotentiale aus der Landwirtschaft sind begrenzt, wenn die Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes berücksichtigt werden, und können keinesfalls die hohen Erwartungen an die Rolle von Bioenergie im Energiesystem zur Substitution fossiler Energieträger in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr erfüllen. Auch ist Biomasse aufgrund der witterungsbedingten schwankenden Ernteerträge keine uneingeschränkt zuverlässige Energiequelle.

Forderungen des NABU

In den Nachhaltigkeitsanforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED) muss Bioenergie aus Anbaubiomasse ausgeschlossen werden. Zudem müssen die naturverträglich nutzbaren Reststoffe näher definiert werden, um eine Übernutzung zu vermeiden.

Die Biogas-Förderung im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sollte konsequent auf bestehende Biogasanlagen mit einem hohen Anteil an Wirtschaftsdünger ausgerichtet werden. So wird gleichzeitig die Reduzierung des Substrateinsatzes aus nachwachsenden Rohstoffen – insbesondere Mais – erreicht. Ein verpflichtender Anteil von 80 Prozent der energetischen Leistung über den Einsatz von Wirtschaftsdünger/Reststoffen muss Voraussetzung für die Förderung durch das EEG sein. Aufgrund der begrenzten Mengen an naturverträglicher Biomasse sollte der Neubau von Biogasanlagen nicht weiter gefördert werden.

Holzbiomasse aus dem Wald

Primärholz aus dem Wald

Die Bioenergieerzeugung aus Holz wird im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) und seinen nachstehenden Verordnungen, die die europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED) national umsetzen, als klimaneutral und erneuerbar im Namen des Klimaschutzes gefördert. Dabei ist Bioenergie aus dem Wald keineswegs klimaneutral, denn das im Holz über viele Jahre gespeicherte CO₂ wird bei der Energieerzeugung unmittelbar freigesetzt und aufgrund der geringen Energiedichte sind die Emissionen weitaus höher als bei fossilen Energieträgern. Waldholz ist nicht kurzfristig erneuerbar, denn der Kohlenstoff wird unmittelbar wieder der Atmosphäre zugeführt, anstatt ihn in langfristigen Produkten zu binden. Durch Holzeinschlag mit anschließender Wiederaufforstung, was gemäß der Gesetzgebung nachhaltig ist, kann keine klimaneutrale erneuerbare Bioenergie erzeugt werden, denn Wälder sind langsam wachsende Systeme, die schonend bewirtschaftet werden müssen. Es dauert mehrere Jahrzehnte, bis der Kohlenstoff, der bei der Verbrennung von Holz zusätzlich in die Atmosphäre gelangt, wieder von neuen Bäumen aufgenommen ist. Durch die Wiederaufforstung in Monokulturen werden die Funktion und Ökosystemleistungen des Waldes als Kohlenstoffsенke auf Dauer geschädigt. Daher steht die energetische Nutzung von Waldholz dem angestrebten Ziel der Klimaneutralität bis 2045 entgegen und ist aus Sicht von Natur- und Klimaschutz abzulehnen. Holz ist ein wertvoller Rohstoff, der nur für langfristige Verwendungen Einsatz finden soll.

Bioenergie aus Waldholz ist nicht klimaneutral

Schad- und Totholz

Auch Derby- und Totholz sollte besser im Wald verbleiben. Es braucht mehrere Jahrzehnte, bis es verrottet (Hararuk, O. et al, 2020). In dieser Zeit bietet es Lebensraum für viele Organismen, die im Zersetzungsprozess helfen, Humus aufzubauen. Auch flächig geschädigte oder abgestorbene Waldbestände, z.B. durch Borkenkäferbefall, sollten auf der Fläche verbleiben, um den Boden vor Erosion, Trockenheit, Hitze und Kälte zu schützen. Zudem ist die Beschattung für die natürliche Wiederbewaldung erforderlich.

Totholz verrottet langsam und bietet wertvolle Lebensräume

Fazit

Bioenergie aus dem Wald ist mit Natur-, Umwelt- und Klimaschutz nicht vereinbar. Holz sollte ausschließlich stofflich in einer Nutzungskaskade verwertet werden, um den enthaltenen Kohlenstoff so lange wie möglich zu binden. Nur die wenigen verbleibenden Reststoffe, die am Ende der Kaskade stehen und nicht mehr stofflich genutzt werden können, stehen für die Energieerzeugung zur Verfügung (siehe Abschnitt zur Kaskadennutzung). Aktuell werden jedoch zu häufig auch die stofflich verwertbaren Altholzklassen verbrannt, so dass das Recyclingpotenzial von Altholz nicht ausgeschöpft wird.

Forderungen des NABU

Die energetische Nutzung von Holzbiomasse darf nicht weiterhin durch die RED und das EEG gefördert werden, da dies dem Natur- und Klimaschutz entgegenwirkt. Dies gilt sowohl für Primärholz als auch für Reststoffe aus dem Wald. Die Nachhaltigkeitsanforderungen sollten auf Bioenergie aus Reststoffen, die am Ende der Nutzungskaskade stehen, eingeschränkt werden.

Damit die energetische Nutzung nicht weiterhin durch staatliche Förderungen in Konkurrenz zur stofflichen Nutzung steht, muss zudem der ermäßigte Steuersatz für Brennholz (7 Prozent) abgeschafft werden.

Importierte Biomasse

Der hohe Bedarf an Bioenergie hat die Nachfrage an Ressourcen weltweit wachsen lassen, doch der Import von Biomasse ist nur eine Verlagerung der Probleme in andere Länder. Weltweit werden für die Produktion von Pellets Wälder abgeholzt, selbst vor Naturschutzgebieten wird kein Halt gemacht (siehe hierzu The Guardian, 2021). Durch die Holzverfeuerung in Großkraftwerken, beispielsweise in ehemaligen Kohlekraftwerken, erhöht sich der weltweite Druck auf die Wälder noch weiter. Der Bedarf an Pellets für ein einziges Kraftwerk könnte dabei so hoch wie die gesamte bisherige Pellet-Produktion in Deutschland sein. Diese Entwicklung muss gestoppt werden.

Auch der Import von Biomasse aus Mono- und Intensivkulturen, beispielsweise Palmöl und Soja, ist mit Umweltproblemen in großem Ausmaß verbunden. Obwohl die Nutzung von Palmöl als Bestandteil in Biokraftstoffen in der EU ab 2023 schrittweise bis 2030 auslaufen soll, steigt der Anteil weiterhin. Indonesien holzt große Teile seiner Regenwälder und Moorflächen ab oder legt sie trocken, um darauf Palmöl zu kultivieren und setzt dabei ungeheure Mengen Kohlendioxid frei, die im Boden und in den Pflanzen gebunden sind. Mit den Wäldern und Mooren verschwindet eine einzigartige Pflanzen- und Tierwelt unwiederbringlich. Daher sollte aus Sicht von Natur- und Umweltschutz der Import von Palmöl und Soja für Bioenergie umgehend unterbunden werden.

Dies gilt auch für den Import von gebrauchtem Speiseöl (Used Cooking Oil – UCO). Da die Emissionseinsparung durch die Gesetzgebung doppelt gezählt wird, ist der Bedarf stark angestiegen, was zu Betrugsdelikten in großem Maßstab geführt hat (Euractiv, 2019). So konnte vielerorts nachgewiesen werden, dass reines Palmöl in großem Umfang als UCO deklariert worden ist. Da eine lückenlose Überwachung nicht realisierbar ist, ist der Import von UCO aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes abzulehnen.

Der Import von Abfällen hingegen kann für die Herkunftsländer vorteilhaft sein, wenn sie keine Kapazitäten der energetischen Verwertung haben. Aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen in den Herkunftsländern sollten Risiken und Chancen für jeden Einzelfall geprüft und abgewogen werden.

Fazit

Prinzipiell gilt, dass ein ökologisch nachhaltiges Energiesystem nicht auf dem Import von Biomasse basieren sollte, da die negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt schwer nachvollziehbar und überwachbar sind. Auch die Zertifizierung ist keine Garantie für eine nachhaltige Biomassebereitstellung.

Forderungen des NABU

In EEG/RED wird Energie aus Biomasse ungeachtet der Herkunft als klimaneutral und erneuerbar gefördert. Somit werden die Probleme der negativen ökologischen Auswirkungen weltweit verla-

Biomasseimporte verlagern die Natur- und Umweltprobleme in andere Länder

gert. Aus Sicht von Natur- und Umweltschutz ist der Import von Biomasse auf Abfälle einzuschränken. Hierfür müssen Vorgaben bereitgestellt werden, um den Nutzen für die Herkunftsländer und deren fehlende Kapazitäten der Verwertung vor Ort nachzuweisen.

Bio- und Grüngut aus der Abfallsammlung

Im Sinne der Abfallhierarchie ist die oberste Priorität, Abfälle zu vermeiden, um das Müllaufkommen zu reduzieren. Für Abfälle, die nicht vermieden werden können, braucht es eine möglichst ressourcen- und klimafreundliche Verwertung. Bioabfälle (Biogut) aus der kommunalen Biotonne sind für die energetische Nutzung in Biogasanlagen gut geeignet. Nach der Vergärung können die festen und flüssigen Gärreste als Nährstoff- und Humuslieferant stofflich weitergenutzt werden, wenn sie nicht belastet sind und die Anforderungen an eine sorgfältige Einarbeitung befolgt werden. Die Potenziale dieser Verwertungsform sind nicht ausgeschöpft, denn Bio- und Gartenabfälle umfassen noch immer knapp 40 Prozent des durchschnittlichen Inhalts der Restmülltonne. Zwar werden diese meist verbrannt, jedoch ist die kombinierte stoffliche und energetische Verwertung aus Sicht des Ressourcen- und Klimaschutzes vorzuziehen. Eine flächendeckende Getrenntsammlung der Bio- und Gartenabfälle mittels einer Biotonne – Pflicht (mit der Eigenkompostierung im Garten als einzige zulässige Ausnahme bei gesundem Verhältnis von Kompostmenge und Gartenfläche) ist daher unerlässlich für eine hochwertige Bioabfallverwertung. Weitere Potenziale stecken außerdem in der getrennten Erfassung und anschließenden energetischen und stofflichen Nutzung von Küchenabfällen aus dem gewerblichen Bereich, z.B. Kantinenabfälle. Auch nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle aus dem Handel sind nutzbar, vorausgesetzt, die Abfälle werden vor der Entsorgung ausgepackt.

Das Grüngut umfasst Garten- und Parkabfälle von privaten und öffentlichen Flächen, die zu zentralen Sammelstellen, Wertstoffhöfen und Verwertungsanlagen gebracht werden. Ein großer Teil der Gartenabfälle wird privat kompostiert und steht somit nicht für eine energetische Nutzung zur Verfügung. Oftmals stehen Kompostmenge und Gartenfläche jedoch in keinem passenden Verhältnis zueinander, was zu Überdüngung führt. In diesem Fall muss mehr Material über die Biotonne oder die zentralen Sammelstellen entsorgt und somit einer stofflichen und energetischen Verwertung zugeführt werden. Weitere Potenziale liegen darin, das Grüngut, das derzeit im eigenen Garten verbrannt oder illegal entsorgt wird, geordnet zu entsorgen. Dies kann durch verbesserte lokale Strukturen, z.B. die Schaffung weiterer Sammelstellen, gefördert werden. Im öffentlichen Raum fallen organische Abfälle beispielsweise bei der Park- und Friedhofspflege sowie bei der Straßenunterhaltung (z. B. Böschungspflege) an. Das Verwertungspotenzial des Grünguts ist unterschiedlich. Während krautiges Material für die Vergärung in Biogasanlagen geeignet ist, werden holzige Abfälle in erster Linie verbrannt. Mit Blick auf ökobilanzielle Erkenntnisse muss vor Ort die umweltfreundlichste Entscheidung über die stoffliche und energetische Verwertung getroffen werden.

Die energetischen Potenziale weiterer Abfallströme wie Klärschlämme oder organische Abfälle aus der Industrie müssen geprüft und ausgeschöpft werden. Das energetische Potenzial des Klärschlammes sollte im Rahmen einer (Co-)Vergärung genutzt werden. Die landwirtschaftliche Ausbringung von Klärschlamm ist aufgrund der Schadstoffgehalte im Schlamm (Schwermetalle, Biozide, Mikroplastik, etc.) ökologisch stark risikobehaftet, weshalb eine Verbrennung des Klärschlammes, mit vor- oder nachgeschalteter Phosphorrückgewinnung, sinnvoll erscheint.

Fazit

Biomasse aus der Abfallsammlung kann zunächst energetisch (Vergärung) sowie anschließend stofflich (Kompostierung) genutzt werden. Angesichts des noch immer hohen Anteils an Bioabfällen im Restmüll besteht großes Steigerungspotenzial für die getrennte Sammlung über die Biotonne.

Bioenergie aus Abfällen hat Potential

Forderungen des NABU

Um das energetische Potential von Bio- und Gartenabfällen besser auszunutzen, ist eine flächen-deckende Getrenntsammlung erforderlich. Dies ist nur durch die bundesweite, über die Gebüh- ren der Restmülltonne quersubventionierte Einführung einer Pflicht-Biotonne möglich (mit der Eigenkompostierung als einzig mögliche Ausnahme). Diese muss um eine umfassende kommu- nale Abfallberatung sowie gegebenenfalls Tonnenkontrollen ergänzt werden.

Energetisches Biomassepotenzial – zusammenfassender Überblick

Werden die Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes berücksichtigt, sind die Biomassepo- tentiale begrenzt. Bioenergie aus Intensivkulturen sowie Holzbiomasse aus dem Wald, ist keines- falls im Einklang mit einer nachhaltigen naturverträglichen Biomasseverwendung. Die untenste- hende Tabelle gibt einen Überblick über die energetischen Biomassepotentiale und welche Be- dingungen daran geknüpft sind.

Tab.: Potentiale und Bedingungen der energetischen Nutzung von Biomasse

Energetisch verfügbare Bio- masse	Bedingungen
<i>Biomasse aus der Landwirtschaft</i>	
Mischkulturen, mehrjährige Kul- turen	<ul style="list-style-type: none"> • 10% ungenutzte Flächen bereitstellen • Keine Intensivierung von Grünland
Biomasse aus Paludikultur	<ul style="list-style-type: none"> • Nur lokale Nutzung überschüssiger Mengen • Stoffliche Nutzung ist vorzuziehen
Kurzumtriebsplantagen (KUP)	<ul style="list-style-type: none"> • Nur als Strukturelement eines Agroforstsystems • Keine großflächigen KUP-Plantagen • Nicht auf Feuchtwiesen, Grünland, Gewässerrandstreifen
Reststoffe aus der Viehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Gülle, Jauche, wenn es nicht mit einer Aufstockung des Vieh- bestandes einhergeht • Festmist soll kompostiert werden
Ernterückstände aus dem Acker- bau	<ul style="list-style-type: none"> • Max. 20% dürfen entnommen werden • Stoffliche Nutzung ist vorzuziehen
Schnittgut aus Landschaftspflege	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Konkurrenz zu extensiver Beweidung und Futtermittel
<i>Holzbiomasse</i>	
Holzernte-Restholz	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Mengen müssen im Wald verbleiben • Nur lokale Nutzung feiner Zweige, Rinde
Reststoffe aus der Holzindustrie	<ul style="list-style-type: none"> • Nur Stoffe, die nicht mehr stofflich verwertet werden können
<i>Bio- und Gartenabfälle</i>	
Bioabfälle aus dem Haushalt	<ul style="list-style-type: none"> • Getrennt sammeln ist erforderlich (Biotonne)
Bioabfälle aus Gewerbe und Han- del	<ul style="list-style-type: none"> • Getrennt sammeln erforderlich • Verpackungen müssen entfernt werden
Importierte Bioabfälle	<ul style="list-style-type: none"> • Nur wenn die Abfälle nicht im Herkunftsland verwertet wer- den können • Eine Einzelfallprüfung ist erforderlich
Grüngut aus Garten und Park	<ul style="list-style-type: none"> • Nur überschüssige Mengen, ansonsten kompostieren

Schlussfolgerungen

Nachhaltige Biomassenutzung im Einklang mit Natur- und Umweltschutz: Naturschutz ist Klimaschutz – auf die Wechselwirkungen weisen der Weltbiodiversitätsrat und der Weltklimarat hin. Die natürlichen Ressourcen müssen bewahrt und verbessert werden. Dieser Grundsatz steht für jegliche Biomassenutzung an erster Stelle.

Effizienter Umgang mit den Ressourcen: Die Biomassepotentiale sind begrenzt und erfordern eine schonende Verwendung. Die Einsparung von Ressourcen und Energie steht an oberster Stelle. Zudem sind eine funktionierende Kreislaufwirtschaft und Kaskadennutzung notwendig, um die wertvolle Ressource Biomasse optimal auszuschöpfen.

Keine Förderung umweltschädlicher energetischer Biomassenutzung: Die Biomassepotentiale und -grenzen, die aus Sicht des NABU identifiziert worden sind, gelten prinzipiell sowohl für die stoffliche als auch für die energetische Nutzung, doch ist es die Bioenergie, die bislang maßgeblich zu den negativen Auswirkungen auf Natur- und Umwelt geführt hat. Daher müssen die Nachhaltigkeitsanforderungen in der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED), die die Basis für die Subventionen sind, auf die Arten von Biomasse, die naturverträglich genutzt werden können (siehe Tabelle), eingeschränkt werden. Auch muss der ermäßigte Steuersatz für Brennholz (7 Prozent) abgeschafft werden.

Keine Einstufung von Biomasse als klimaneutrale und erneuerbare Energiequelle: Bioenergie ist bis auf wenige Ausnahmen nicht klimaneutral und sollte in der Gesetzgebung nicht weiterhin als klimaneutrale erneuerbare Energiequelle eingestuft werden.

Den Ausbau von Wind- und Sonnenenergie vorantreiben: Die Bereitstellung erneuerbaren Stroms aus Wind und Sonne ermöglicht die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors in größerem Umfang, was den Bedarf an Bioenergie und somit den Druck auf Natur und Umwelt verringert. Zudem kann grüner Wasserstoff, der aus Wind- und Sonnenenergie produziert wird, Bioenergie auch in schwer dekarbonisierbaren Bereichen, z.B. in der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden, in Wärmenetzen und im Flug- und Schiffsverkehr, perspektivisch ersetzen.

Verstärkte Förderung der Biomasseforschung: Alternativen zu Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft, z. B. Algen oder Mikroorganismen, haben möglicherweise Potential, in Zukunft einen Beitrag zur Deckung des steigenden Bedarfs zu liefern. Die Forschung zu diesen Alternativen sollte daher gefördert werden.

Abkürzungsverzeichnis

BECCS – BioEnergy Capture and Storage / Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus Bioenergie

EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz

iLUC – *indirect Land Use Changes* / indirekte Landnutzungsänderungen

RED – *Renewable Energy Directive* (EU) / Erneuerbare-Energien-Richtlinie

UCO – *Used Cooking Oil* / gebrauchtes Speiseöl

Literatur / Quellenangaben

Aebischer & Ewald (2004), Managing the UK Grey Partridge *Perdix perdix* recovery: population change, reproduction, habitat and shooting IBIS – International journal of avian science, 146 (2) 181 - 191 (<https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00345.x>)

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2016): Der Wald in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Broschüre; 3. Auflage April 2016

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (2021): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien – EEG2021. - https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2021.pdf

Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2018): Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32018L2001>

FNR (2020): Rohstoffmonitoring Holz - Erwartungen und Möglichkeiten.

FNR (2021): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2021.

Euractiv (2019): Industry source: one third of used cooking oil in Europe is fraudulent. - <https://www.euractiv.com/section/all/news/industry-source-one-third-of-used-cooking-oil-in-europe-is-fraudulent/>

Gómez et al. (2006): „IPCC uidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Chapter 2“, 2006. https://www.ipcc-nggip.i-ges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.

Greenpeace (2019): Waldkrise In Deutschland – Lösungen

Greenpeace (2020): EU-Waldvision: Die Zukunft der Wälder in der Europäischen Union - Ungenutztes Potenzial für Natur- und Klimaschutz. https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/eu_waldvision_deutsch.pdf

Hararuk, O., Kurz, W. A. & Didion, M. (2020): Dynamics of dead wood decay in Swiss forests. *For. Ecosyst.* 7, 36 (2020). doi.org/10.1186/s40663-020-00248-x

IPBES-IPCC (2021): Co-sponsored workshop biodiversity and climate change - scientific outcome

Mechtry-Stier et al., (2014) Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*) Agriculture, Ecosystems & Environment 189, 101-109 (<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.038>)

Oppermann et al. (2020): Sicherung der Biodiversität in der Agrarlandschaft, Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB)

The Guardian (2021): Carbon-neutrality is a fairy tale': how the race for renewables is burning Europe's forests. <https://www.theguardian.com/world/2021/jan/14/carbon-neutrality-is-a-fairy-tale-how-the-race-for-renewables-is-burning-europes-forests>.

UBA (2015): Umweltprobleme der Landwirtschaft - eine Bilanz, Texte 28/2015.

UBA (2017)a: Biomassekaskaden: Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis (Kurzfassung).

UBA (2017)b: Biomassekaskaden: Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis (Langfassung).

UBA (2018): Umwelt und Landwirtschaft – Daten zur Umwelt.

UStG (2021): Umsatzsteuergesetz. - https://www.gesetze-im-internet.de/ustg_1980/UStG.pdf.

Wahdan, S.F.M., Hossen, S., Tanunchai, B., Sansupa, C., Schädler, M., Noll, M., Dawoud, T.M., Wu, Y.T., Buscot, F., Purahong, T. (2021): Life in the wheat litter: Effects of future climate on microbiome and function during the early phase of decomposition. *Microbial Ecology*, in press.

WWF (2007): Methan und Lachgas - Die vergessenen Klimagasen. – Kurzfassung.

Kontakt: NABU-BGS, Dr. Steffi Ober, Team Ökonomie/Forschungspolitik, steffi.ober@nabu.de
, Fachreferentin: Dr. Claudia Werner, claudia.werner@nabu.de