

Biogas aus Stroh, Gülle und Mist

Anforderungen aus Sicht des NABU



Die Erzeugung von Strom und Kraftstoffen aus sogenannten Rest- und Abfallstoffen wird gemäß der europäischen Gesetzgebung mit einer hohen Anrechnung vermiedener Treibhausgasemissionen belohnt (RED, 2018). Dementsprechend hoch ist die Nachfrage nach Stroh, Gülle und Mist für die Erzeugung von Biomethan und von Biokraftstoffen. Doch handelt es sich bei ihnen keinesfalls um Reststoffe, die ohne Einschränkungen genutzt werden sollten, sondern vielmehr um wertvolle Nebenprodukte aus der Landwirtschaft, die essenziell für die Fruchtbarkeit von Böden sind.

Biogas aus Stroh, Gülle und Mist zu erzeugen hat zwar den Vorteil, dass keine Flächen für Anbaubiomasse benötigt werden. Abhängig von der entnommenen Menge können jedoch Stoffkreisläufe, Ökosystemfunktionen im Boden, die Anpassungsfähigkeit von Agrarökosystemen an Klimaveränderungen sowie die Biodiversität negativ beeinflusst werden. Da der Schutz von Boden, Wasser, Stoffkreisläufen und Biodiversität mit Blick auf die planetaren ökologischen Grenzen ebenso zu beachten ist wie der Klimaschutz, gilt es, diesen Zielkonflikt aufzulösen.

Im Folgenden formuliert der NABU Anforderungen für die Nutzung von Stroh, Gülle und Festmist zur Biogaserzeugung. Aus sogenannten Rest- und Abfallstoffen erzeugtes Biogas, das zu Biomethan aufbereitet wird, um es ins Erdgasnetz einspeisen zu können, soll gemäß den Plänen der Politik verstärkt für die Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden. Auch für den Verkehr soll Biomethan zukünftig eine größere Rolle spielen, sowohl in Erdgasfahrzeugen und indem es zu Biokraftstoffen weiterverarbeitet wird. Dementsprechend steigt die Nachfrage nach Stroh, Gülle und Mist.

Stroh, Gülle und Mist im Stoffkreislauf

Stroh, Gülle und Mist sind elementare Bestandteile des Stoffkreislaufs in der Landwirtschaft. Will man den Boden als unsere Lebensgrundlagen erhalten, muss der Humusaufbau in jedem Fall gewährleistet sein und Nährstoffkreisläufe müssen möglichst geschlossen werden. Nur auf gesunden Böden können langfristig Nahrung erzeugt und gleichzeitig lebenswichtige Ökosystemfunktionen bereitgestellt werden. Böden sind

Kontakt

NABU Bundesgeschäftsstelle
Dr. Christine Tölle-Nolting
Teamleiterin Landnutzung
Tel. +49 (0)30 284984 1641
Christine.Toelle-Nolting@NABU.de

Dr. Claudia Werner
Referentin für Biomasse
Claudia.Werner@NABU.de

Humusaufbau ist Voraussetzung für Klimaschutz und Ertragssicherheit.

Ursprung und Hort so gut wie aller terrestrischer Biodiversität, 59 Prozent aller bekannten Arten sind bodenbürtig. Die im Boden lebenden Organismen sind zudem für die Speicherung und Filterung von Wasser verantwortlich.

Landwirtschaftlich genutzte Böden sind außerdem aufgrund ihres hohen Flächenanteils mit Abstand der größte terrestrische Kohlenstoffspeicher in Deutschland und für den Klimaschutz von zentraler Bedeutung. Der Eintrag organischen Kohlenstoffs (C_{org}) durch Erntereste ist eine wichtige Einflussgröße für den Vorrat und die Dynamik von C_{org} im Boden (Thünen, 2018). Viele Landwirt*innen haben bereits Maßnahmen des Humusaufbaus implementiert, was sich in einem leichten Rückgang der Emissionen im Jahr 2022 widerspiegelt (UBA, 2023).

Die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden durch die Steigerung des Humusanteils ist angesichts der Klimakrise von hoher Relevanz. Wenn durch die ackerbauliche Nutzung ohne entsprechende Maßnahmen wesentliche Bodenfunktionen eingeschränkt werden, gefährdet dies sowohl die vielfältigen Funktionen der Böden wie auch deren Biodiversität. Eine nachhaltige Ackerbodennutzung hingegen erhält oder verbessert sogar das Ertragspotential sowie wesentliche Bodenfunktionen, wie Bodenfruchtbarkeit, Belebtheit des Ackerbodens, Wasserspeicherfähigkeit, Filter- und Pufferfunktion des Bodens sowie stabile Bodenstruktur, und mindert die Verschlammungs- und Erosionsgefährdung (BMEL, 2023). Der C_{org} -Gehalt von Böden ist hierbei ein wesentlicher Faktor und es sind daher dringend entsprechende Maßnahmen erforderlich, um ihn zu verbessern. Die Reduzierung des Eintrags von Ernterückständen ist hingegen einer der wesentlichen Faktoren, die für den C_{org} -Verlust verantwortlich sind (Thünen, 2018).

Grundsätzliche Anforderungen an die Entnahme von Biomasse aus der Landwirtschaft (NABU, 2023a):

- Der Schutz, die Verbesserung und die Wiederherstellung der Biodiversität muss Vorrang vor jeglicher Biomassenutzung haben.
- Die Entnahme von Biomasse darf nicht zu einer negativen Humusbilanz führen.
- Die Entnahme von Biomasse darf nicht zum Verlust bzw. zu einer Verschlechterung der Kohlenstoffspeicherung der Böden führen.

Biogas aus Stroh

Stroh wird vermehrt energetisch genutzt. Weiter verarbeitet zu Biokraftstoff hat sich der Einsatz zwischen 2020 und 2022 beinahe verdreifacht (BLE, 2023). Doch Stroh darf dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf nicht vollständig entzogen werden. Die Erzeugung von Biogas ist aus Sicht des NABU die einzige energetische Nutzungsoption von Stroh, die in Betracht gezogen werden kann, da bei der Vergärung Gärprodukte anfallen, die für den Schutz der Böden dringend benötigt werden. Bei der Strohverbrennung hingegen fallen keine für den Bodenschutz wichtigen Gärprodukte an. Ohne deren Rückführung kann Stroh nur zu einem geringen Teil entnommen werden, der aber der stofflichen Verwertung, zum Beispiel für Dämmplatten, vorbehalten werden sollte, um den im Stroh enthaltenen Kohlenstoff länger zu binden.

Viele wissenschaftliche Feld- und Laboruntersuchungen belegen zwar, dass der Humusaufbau auch durch die Gärprodukte der Strohvergärung gewährleistet werden kann, aber über langjährige Auswirkungen des Aufbringens von Gärprodukten liegen

bislang noch keine Erfahrungen vor. Eine allgemeine Nutzungsstrategie kann daher nicht abgeleitet werden. Beispielsweise können positive Effekte auf die Humusbilanz nicht allein auf eine verbesserte C-Retention aus dem Stroh infolge der Vergärung zurückgeführt werden, sondern erfordern eine gleichzeitige Zufuhr von Stickstoff (FNR, 2020).

Ob und in welchen Mengen Stroh für Biogas genutzt werden kann, hängt zudem maßgeblich vom Standort und von der Bewirtschaftung der Böden ab. Aufgrund der Wetterbedingungen können die entnehmbaren Mengen auch zwischen den Jahren variieren. Mancherorts kann eine hohe Menge an Stroh energetisch genutzt und gleichzeitig der Humusaufbau bzw. die Kohlenstoffbilanz durch das Aufbringen der Gärprodukte, die bei der Biogaserzeugung anfallen, gewährleistet werden. Auch gibt es Standorte, auf denen eine Strohentnahme ohne Umstellung der Fruchtfolgen oder zusätzliche organische Düngung nicht möglich ist. Auch die Art der Bewirtschaftung spielt eine Rolle. Wissenschaftliche Analysen belegen, dass die Strohvergärung insbesondere bei ökologischer Bewirtschaftung den Humusaufbau begünstigt. Bei konventioneller Bewirtschaftung kann durch die Nutzung der Gärprodukte möglicherweise keine erhebliche Verbesserung der Humusbilanzen erwartet werden, aber die Stickstoff-Zufuhr mit dem organischen Substrat reduziert den Bedarf an Mineraldünger in den Fruchtfolgen (FNR, 2020). Die vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen lassen zudem bislang keine repräsentativen Aussagen zu, inwieweit die ökologischen Funktionen des Strohs auf den Ackerböden durch die Substitution mit Gärprodukten beeinträchtigt werden. Dies betrifft die Effekte durch Mulchen von Stroh auf Verdunstung, Erosion und Beikrautaufkommen ebenso wie die Rolle des Strohs als wichtige Nahrungsquelle von Regenwürmern (FNR, 2020). Andererseits können jedoch große Strohmenge auf dem Acker gerade in getreidestarken Fruchtfolgen zu Krankheitsproblemen bei den Kulturen durch Übertragung pilzlicher Schaderreger führen. Den vielfältigen hier genannten Aspekten wird daher nur ein differenziertes Stroh-Management gerecht, bei dem die energetische Nutzung des Strohs in der Biogasanlage – selbstverständlich nur mit Rückführung der Gärprodukte – in manchen Fällen eine wertvolle Option sein kann, aber keine allgemeine Nutzungsstrategie darstellen kann (FNR, 2020).

Das Potenzial, Stroh für die Biogaserzeugung einzusetzen, ist also vorhanden, jedoch mit Einschränkungen verbunden. Auch sollte Stroh nur in nahegelegenen Biogasanlagen eingesetzt werden, denn werden Stroh und Gärprodukte über weite Strecken transportiert, verschlechtert sich die Klimabilanz aufgrund des erhöhten Energieeinsatzes und der Transportemissionen.

NABU-Forderungen für die Nutzung von Stroh zur Biogaserzeugung:

- Die Gärprodukte der Strohvergärung müssen wieder auf den Acker zurückgeführt werden.
- Die Nutzungspotenziale von Stroh können nur auf der Ebene des jeweiligen Standorts ermittelt werden. Dementsprechend sollten die zuständigen unteren Fachbehörden im Rahmen der Genehmigung und der jährlichen Umweltgutachten der Biogaserzeugung eingebunden werden. Hierfür müssen deren Kapazitäten aufgestockt werden.
- Es besteht Forschungsbedarf, um mögliche langfristig auftretende Beeinträchtigungen der ökologischen Funktionen des Strohs auf den Ackerböden durch die Substitution mit Gärprodukten zu ermitteln.

Biogas aus Gülle

Anfallende Gülle sollte in Biogasanlagen verwertet werden, um direkte Emissionen, vor allem Methan, zu vermeiden. Doch auch dieses Potenzial ist nur ein eingeschränktes, da im Zuge der Klimakrise und des Tierwohls die Tierhaltung deutlich begrenzt werden muss. Denn je weniger Futter angebaut wird, desto mehr Fläche steht für anderweitige Nutzungen zur Verfügung – der Anbau pflanzlicher Nahrung ist doppelt so flächeneffizient wie der Anbau von Futter zur Erzeugung tierischer Lebensmittel. Nur so sind die so dringend erforderlichen Maßnahmen für Natur- und Klimaschutz umsetzbar, ohne die Ernährungssicherheit aufs Spiel zu setzen oder Deutschland geostrategisch von Lebensmittelimporten abhängiger zu machen. (NABU, 2023b).

Dänemark, das über ein Viertel seines Gasbedarfs mit Biomethan aus sogenannten Rest- und Abfallstoffen produziert, wird in der Politik als Modell kommuniziert, das auf Deutschland übertragen werden sollte. Aber das Nachbarland eignet sich keinesfalls als Vorbild für Deutschland, denn sein Biomethan wird zu 75 Prozent aus Schweinegülle erzeugt. Dänemark hat sich inzwischen zum Land mit den meisten Schweinen pro Kopf weltweit entwickelt, es züchtet jedes Jahr 32 Millionen Schweine. Gleichzeitig ist in Dänemark der Gasbedarf weitaus geringer, da über die Hälfte des Energiebedarfs mit Windenergie gedeckt wird. Würde das dänische Modell auf Deutschland übertragen, müssten wir die Schweinehaltung um das Zwanzigfache erhöhen, um lediglich knapp 25 Prozent unseres Gasbedarfs mit Gülle zu decken. In Deutschland werden bereits jetzt über 50 Prozent des inländisch erzeugten Getreides für Futter – davon der Großteil für Schweine – verwendet (BLE, 2022; NABU, 2023c).

Die Erzeugung von Biogas aus Gülle darf nicht mit einer Aufstockung des Viehbestands einhergehen.

NABU-Forderungen für die Nutzung von Gülle für die Biogaserzeugung:

- Bei der Planung und Genehmigung von Güllevergärungsanlagen muss die Flächenbindung von maximal 1,8 Großvieheinheiten pro Hektar berücksichtigt werden (NABU, 2022 b).
- Gülle sollte möglichst nicht, aber höchstens im Umkreis von fünf bis zehn km transportiert werden (DVGW, 2014).

Biogas aus Festmist

Gut kompostierter Festmist besitzt ein günstiges Humusnachlieferungspotential und die Mineralisierung von Nährstoffen erfolgt langsam. Festmist ist für die Stabilisierung der Bodenstruktur vorteilhaft und lässt sich besser einarbeiten als Gärprodukte.

Ein Nachteil von Festmist und Komposten ist jedoch, insbesondere für den Ökolandbau, dass die Mineralisierungsraten häufig in pflanzenbaulich unproduktiven Phasen am höchsten sind und die Gefahr besteht, dass mineralisierter Stickstoff ausgewaschen wird. Die Gärprodukte von Festmist hingegen können gezielt dann aufgebracht werden, wenn die Pflanzen die Nährstoffe benötigen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Auswaschung von unproduktivem Stickstoff in Gewässer vermieden werden kann.

Um sicherzustellen, dass sich das Aufbringen der Gärprodukte nicht nachteilig auf den Humusgehalt der Böden bzw. das Bodenleben auswirkt, sollten im Rahmen der guten landwirtschaftlichen Praxis je nach Standort die Mengen und die Termine der Aufbringung sorgfältig bestimmt werden.

NABU-Forderungen für die Nutzung von Festmist für die Biogaserzeugung:

- Bei der Aufbringung von Gärprodukten aus Festmist sollten die Mengen und die Termine in Abhängigkeit von den Standortgegebenheiten bestimmt werden.
- Ob zusätzlich zu den Gärprodukten kompostierter Festmist ausgebracht werden sollte, ist eine Option, die im Rahmen der guten landwirtschaftlichen Praxis zu prüfen ist.
- Die langfristigen Auswirkungen der Substitution von kompostiertem Festmist durch Gärprodukte sollte wissenschaftlich untersucht werden.

Allgemeine Anforderungen an das Aufbringen von Gärprodukten

Grundsätzlich gilt, dass bei der Vergärung von Stroh, Gülle und Mist die Gärprodukte wieder auf den Acker zurückgeführt werden müssen. Auf mageren Standorten, extensiv genutztem Grünland und Naturschutzflächen hingegen dürfen keine Gärprodukte aufgebracht werden, da diese Standorte wichtige Lebensräume für seltene und gefährdete Pflanzenarten sind. Neben der bereits genannten Gewährleistung des Humusaufbaus sind hierbei weitere Aspekte zu berücksichtigen. So weist der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) darauf hin, dass eine unregelmäßige und unkontrollierte Gärrestaufbringung erhebliche Risiken für die Umwelt mit sich bringen kann. Gärprodukte aus der Biogasanlage enthalten viel Stickstoff und wenig Kohlenstoff. In erster Linie seien die Schutzgüter Boden, Grundwasser und Luft langfristig wirkenden Beeinflussungen ausgesetzt. Bei fahrlässigem und unsachgemäßem Umgang könnten in Zukunft nachhaltige Schädigungen der primär tangierten Schutzgüter erwartet werden, die wiederum über die Nahrungskette bzw. über Stoffwechselprozesse die nachgeordneten, höherwertigen Schutzgüter Mensch, Tier und Pflanze negativ beeinträchtigen würden (DVGW, 2010).

Die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft dürfen nicht durch Gärprodukte verunreinigt werden.

Bodenschutz

Auf Grund der Wechselwirkungen zwischen den Nährstoffen untereinander und zwischen Nährstoffen und dem Boden empfiehlt der DVGW, alle zwölf Nährelemente (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Schwefel, Calcium, Eisen, Mangan, Bor, Kupfer, Zink, Molybdän) im Boden und in den Gärprodukten als Basis für eine sachgerechte Bemessung der Düngung zu bestimmen, und weist auf die erforderliche Berücksichtigung der Düngemittelverordnung hin (DVGW, 2010).

Ein vorsorgender Bodenschutz sei auch im Hinblick auf Schwermetalle von Bedeutung, da sich ansonsten durch Anreicherung im Boden überhöhte Gehalte aus Gärprodukten und anderen Einträgen bilden können, so der DVGW. Zu hohe Schwermetallgehalte können zu Ertragsdepressionen, unter Umständen sogar zu Pflanzenschäden führen (DVGW, 2010).

Zudem sind Gärprodukte aus der Biogaserzeugung von Gülle und Mist auf Sporenbildner, Parasiten, Antibiotika und weitere Tierarzneimittel zu untersuchen, bevor sie ausgebracht werden (DVGW, 2010).

Auch weist der DVGW darauf hin, dass auf Böden nur eine bestimmte Menge der enthaltenen Stoffe, insbesondere an organischem Stickstoff, ausgebracht werden darf. Da

jede Region eine andere landwirtschaftliche Struktur in Bezug auf Viehhaltung und Ackerbau aufweise, sei auch das Potenzial zur Produktion von Biogassubstraten in jeder Region verschieden. Regionen mit überhöhtem Tierbestand sind in dieser Hinsicht aus Sicht des DVGW besonders kritisch zu sehen, da oft für die aus anderen Regionen eingeführten Futtermittel (z. B. Kraftfutter) keine ausreichenden Flächen für eine pflanzenbedarfsgerechte Ausbringung der anfallenden Gärprodukte mehr vorhanden sind und sie teilweise zur „Unzeit“ ausgebracht werden. Denn auch nach Vergärung der Gülle in Fermentern finden sich die Nährstoffe in nahezu unveränderter Höhe in den Gärprodukten wieder (DVGW, 2014).

Gewässerschutz

In Regionen mit einem hohen Anteil an Energiepflanzen ist vielerorts aufgrund von Düngung sowie ausgebrachten Gärprodukten eine erhöhte Nitratbelastung des Grundwassers nachgewiesen worden. Sind die Nitratwerte zu hoch, müssen Aufbereitungsmaßnahmen vorgenommen werden oder es muss Fremdwasser bezogen werden. Bei Fortdauer der Schadstoffeinträge, wie es der DVGW seit vielen Jahren hinsichtlich des Nitrats von Gärprodukten aus Energiepflanzen in verschiedenen Wasserschutzgebieten beobachtet hat, können diese letztendlich dazu führen, dass Trinkwasserbrunnen auf unbestimmte Zeit entweder nicht mehr in dem geplanten Umfang oder überhaupt nicht mehr genutzt werden können. Das kann sogar zur Aufgabe des Gewinnungsgebietes führen (DVGW, 2014).

Der DVGW fordert für die Aufbringung der Gärprodukte einen Abstand zu Oberflächengewässern von zehn Metern (DVGW, 2014). Eine Studie im Auftrag des NABU belegt jedoch, dass neben diesem ersten Pufferstreifen für Nähr- und Schadstoffe noch weitere zehn Meter Gewässerrandstreifen notwendig sind, da sich in den ersten zehn Metern die Nähr- und Schadstoffe anreichern. Bei einem zwanzig Meter breiten Gewässerrandstreifen hingegen werden Pflanzenschutz- und Düngemittel in deutlich geringem Maße in die Gewässer eingespült und es steht genug unbelasteter Lebensraum zur Verfügung, in dem Insekten natürliche Verhältnisse vorfinden. Dies ist für die Förderung der Insektenvielfalt von hoher Relevanz (NABU, 2021).

NABU-Forderungen für die Aufbringung von Gärprodukten (nach DVGW, 2014; NABU, 2021)

- Gärprodukte dürfen nicht auf mageren Böden, extensiv genutztem Grünland und Naturschutzflächen aufgebracht werden.
- Gärprodukte dürfen nicht zwischen dem 01.09. und dem 28.02. des Folgejahres ausgebracht werden.
- Zu Oberflächengewässern ist ein Abstand von mindestens zehn Metern einzuhalten.
- Gärprodukte dürfen nicht in der Schutzzone II ausgewiesener oder geplanter Wasserschutzgebiete oder innerhalb der 50-Tage-Linie von Grundwassergewinnungsanlagen ausgebracht werden.
- Gärprodukte dürfen nicht in der Umgebung von Talsperren und in Flusswasserschutzgebieten ausgebracht werden.
- Es dürfen nur Gärprodukte ausgebracht werden, deren Qualität durch ein verbindliches Gütesystem gesichert wird. Entsprechend wird eine ordnungsgemäße Deklaration unter Angabe von Herkunft, Art und Menge der verwendeten Einsatzstoffe, Wirtschaftsdünger und Ko-Fermentationssubstraten eingefordert.
- Nährstoff- und Schadstoffgehalte (Schwermetallgehalte sowie organische Schadstoffe) müssen deklariert werden.
- Es muss ein Nachweis der seuchen- und phytohygienischen Unbedenklichkeit gemäß BioAbfV erbracht werden.

Fazit

Ein Potenzial der Nutzung von Stroh, Gülle und Mist für die Biogaserzeugung ist vorhanden, aber mit Einschränkungen verbunden. Werden zu hohe Mengen an Stroh, Mahdgut und Gülle für die Energieerzeugung entnommen, ist die Gewährleistung des Humusaufbaus fraglich. Zudem ist eine kontrollierte Aufbringung der Gärprodukte erforderlich, um Boden und Wasser nicht zu belasten.

Solange keine Kenntnisse über die langfristigen Auswirkungen der Substitution landwirtschaftlicher Nebenprodukte durch Gärprodukte vorliegen, sollten Stroh, Gülle und Mist nur mit besonderer Vorsicht für die Erzeugung von Biogas eingesetzt werden. Forschungsbedarf besteht auch bei der Analyse möglicher ökologischer Auswirkungen des Einsatzes von Gärprodukten, beispielsweise auf die Struktur und die biologische Aktivität der Böden. Bei Abschätzungen des Potenzials im Rahmen von Modellierungen und Energieszenarien müssen diese Erwägungen berücksichtigt werden.

Die Biogaserzeugung aus Gülle, Stroh und Mist ist mit Einschränkungen und Anforderungen verbunden.

Quellen

BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung), 2022: Getreidebilanz 2021/22. https://www.ble.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/221123_Getreidebilanz.html

BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung), 2023: Hintergrunddaten zum Evaluations- und Erfahrungsbericht 2022. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2022_Hintergrunddaten.pdf?__blob=publicationFile&v=2

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), 2023: Ackerboden – Boden des Jahres 2023. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/boden2023.html>

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Hrsg.), 2010: Langfristige Auswirkungen auf die Umwelt bei der Erzeugung und Einspeisung von Biogas. energie | wasser-praxis 3/2010. 49 – 55. <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/ressourcen/1003graf.pdf>

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Hrsg.), 2014: Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland (Biogasatlas). https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/gw2_01_10.pdf

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Hrsg.), 2020: Gewährleistung einer ausreichenden Humusreproduktion bei der Nutzung von Getreidestroh für die Biogasproduktion. <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22408412.pdf>

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2021: Studie zu Insekten in Gewässerrandstreifen. <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/220220-nabustudie-gewaesserrandstreifen-uni-duisburg-essen.pdf>; NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2022 b: Grünland stärken, Beweidung fördern – für Biodiversität und Klimaschutz. <https://www.nabu.de/imperia/md/content/221208-nabu-gruenlandposition.pdf>

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2023 a: Naturverträglich nutzbare Biomasse. <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/biomasse/230929-hintergrund-biomasse-nabu.pdf>

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2023 b: Es geht: Wie wir unsere Ernährung sichern und gleichzeitig die Natur und das Klima schützen können. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/230113-nabu_flaechennutzungsstudie.pdf

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2023 c: Heilsbringer oder doch nur heiße Luft? Nachgerechnet: Fünf falsche Versprechen der Bioenergie. - <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/nachhaltiges-wirtschaften/biooekonomie/biomasse/34063.html>

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., 2024: Wie nachhaltig ist Bioenergie? - Biogas und Biomethan im NABU-Vergleich. <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/bioenergie/34591.html>

RED (Renewable Energy Directive), 2018: 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/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018L2001-20181221&from=EN>

Thünen (Hrsg.), 2018: Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Thünen Report 64. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_64.pdf

UBA (Umweltbundesamt), 2023: Emissionsübersichten in den Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/emissionsuebersichten-in-den-sektoren-des-2>