

Impulspapier:**Klimaneutralität erfordert eine Senkenstrategie**

Mit Bioenergie aktiv den
CO₂-Kreislauf optimieren
und Kohlenstoff
langfristig der
Atmosphäre entziehen

02.09.2021

Für die Einhaltung der international vereinbarten Klimaziele ist neben einer effektiven und schnellen Reduzierung des Treibhausgasausstoßes der Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre nötig, um das Emissionsniveau nicht weiter steigen zu lassen („1,5-Grad-Ziel“), verbleibende Restemissionen auszugleichen und Treibhausgasneutralität zu erreichen. Die Klimapolitiken der EU und Deutschlands haben zu diesem Zweck Emissionshöchstmengen und Treibhausgassenken in ihre Ziele integriert. Bioenergie kann nicht nur im CO₂-Kreislauf fossile Energie ersetzen und damit Emissionen reduzieren, sondern im Anbau, in der Energiebereitstellung und nach der Energiegewinnung als Treibhausgassenke wirken. Bioenergie stellt damit als einzige erneuerbare Energieform sowohl für die Vermeidung als auch für den Entzug von Treibhausgasen Lösungen bereit.

Politischer Rahmen

Das **Pariser Klimaabkommen** von 2015 hat zum Ziel, die Erderwärmung möglichst auf 1,5°C zu begrenzen. Zu diesem Zweck wird ein Gleichgewicht zwischen dem Ausstoß von Treibhausgasen und dem Entzug aus der Atmosphäre angestrebt.¹ 2018 betonte der Sonderbericht des IPCC zum 1,5°C-Ziel die unabkömmliche Notwendigkeit des Entzugs von Treibhausgasen aus der Atmosphäre, um das 1,5°C-Ziel einhalten zu können.²

Die EU hat sich im **Europäischen Klimagesetz** als Ziel gesetzt, den Treibhausgasausstoß bis 2030 um netto 55 % zu reduzieren. Die Formulierung als netto-Ziel beinhaltet die Anrechnung von Treibhausgassenken, die bis zu einer Höhe von 225 Mio. t CO₂äq. auf das Ziel angerechnet werden können. Dabei soll insgesamt eine höhere Treibhausgassenke von 310 Mio. t CO₂äq. in 2030 erreicht werden, wie im Entwurf der überarbeiteten EU LULUCF-Verordnung aus dem „Fit for 55“-Paket enthalten ist. Zudem hat die EU-Kommission eine Carbon Farming Initiative gestartet, mit der Methoden zur CO₂-Entnahme aus der Luft unterstützt werden sollen.

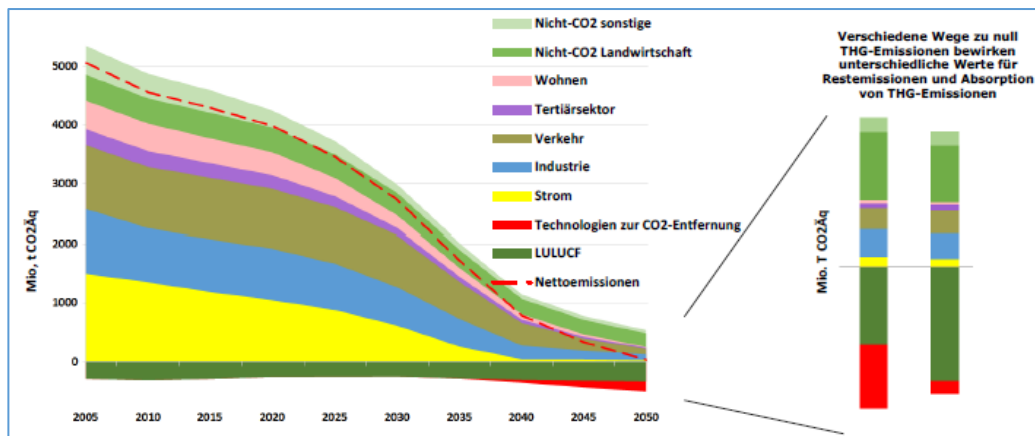


Abbildung 1: Zur Erreichung von Treibhausgasneutralität und zur Kompensation verbleibender Emissionsmengen ist die Entnahme von Treibhausgasen aus der Atmosphäre nötig.³

¹ [Übereinkommen von Paris, Artikel 4 \(1\)](#): „Zum Erreichen des in Artikel 2 genannten langfristigen Temperaturziels sind die Vertragsparteien bestrebt, so bald wie möglich den weltweiten Scheitelpunkt der Emissionen von Treibhausgasen zu erreichen, (...) und danach rasche Reduktionen im Einklang mit den besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen herbeizuführen, um in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken (...) herzustellen“

² “All pathways that limit global warming to 1.5°C with limited or no overshoot project the use of carbon dioxide removal (CDR) on the order of 100–1000 GtCO₂ over the 21st century. CDR would be used to compensate for residual emissions and, in most cases, achieve net negative emissions to return global warming to 1.5°C following a peak (high confidence).” <https://www.ipcc.ch/sr15/>

³ KOM(2018) 773 final: „Ein sauberer Planet für alle. Eine Europäische strategische, langfristige Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft“

Das **Bundes-Klimaschutzgesetz** hat in seiner Neufassung vom 26. Juni 2021 nicht nur die Treibhausgasreduktionsziele verschärft, sondern auch explizit ein Ziel für Treibhausgasenken aufgenommen. Ziel ist es, bis 2030 Senken in Höhe von 25 Mio. t CO₂ zu erzielen und diese über 35 Mio. t CO₂ in 2040 auf 40 Mio. t CO₂ in 2045 zu steigern.

Potentiale für Treibhausgasenken

Der IPCC geht in seinem Sonderbericht zum 1,5°C-Ziel davon aus, dass bis 2100 rund 100-1.200 Mrd. t CO₂ an kumulierten Treibhausgasfestlegungen nötig sein werden, um das 1,5°C-Ziel einzuhalten. Der weit überwiegende Anteil (43-98%) stammt in diesen Szenarien aus der Bioenergie (mit Carbon Capture and Storage - CCS).⁴ Abschätzungen gehen unter anderem von diesen weltweiten jährlichen Potentialen der Treibhausgasfestlegung in 2050 aus:⁵

▪ Pflanzenkohle	0,5-2,0 Mrd. t CO ₂
▪ Bioenergie mit Carbon Capture and Storage (BECCS)	0,5-5,0 Mrd. t CO ₂
▪ Humus in Böden	2,0-5,0 Mrd. t CO ₂
▪ Wiederaufforstung	0,5-3,6 Mrd. t CO ₂

Szenarien für Treibhausgasneutralität in der EU rechnen allein für CO₂-Festlegungen in Wäldern und Böden mit rund 0,3-0,5 Mrd. t CO₂ und für den CO₂-Entzug mittels BECCS nochmals 0,1-0,3 Mrd. t CO₂.⁶

Kostenschätzungen für die aus der Atmosphäre entzogene Tonne CO₂ gehen davon aus, dass sich diese 2050 im Bereich von 5-50 US-Dollar für Wiederaufforstung, 0-100 US-Dollar für Humusaufbau, 100-200 US-Dollar für BECCS und 30-120 US-Dollar für Pflanzenkohle bewegen könnten.⁷

Aufforstung, Humusaufbau und Pflanzenkohle sind sofort verfügbare Maßnahmen mit fortgeschrittenem technologischem Reifegrad, die bereits in großem Maßstab verwendet werden und bei vorausgesetztem politischen Willen zeitnah weiter hochskaliert werden können.

Treibhausgasenken entlang der Bioenergieproduktionskette

Alle Bioenergieformen basieren auf der CO₂-Bindung bei der Biomasseproduktion und anschließenden energetischen Nutzung. **Die Bioenergie ist damit als einzige erneuerbare Energieform in den natürlichen CO₂-Kreislauf eingebunden.** Dies bietet die Chance, entlang der Produktionskette – im Anbau, während der Energiebereitstellung und mit den dabei anfallenden Reststoffen und Koppelprodukten – CO₂ dem Kreislauf zu entziehen und zu speichern. Mit der erneuerbaren Energiebereitstellung wird somit zusätzlich eine Treibhausgasenke geschaffen. Die von Frühling bis Sommer stattfindende CO₂-Festlegung in der Biomasse zeigt sich in der jährlich saisonal schwankenden CO₂-Konzentration der Atmosphäre, was das „Senkenpotenzial“ verdeutlicht. Das Ziel muss sein, von dem in der Biomasse gebundenen Kohlenstoff einen möglichst großen Anteil der Atmosphäre langfristig zu entziehen. Für die Optimierung dieser Senkenleistung müssen entsprechende Anreizsysteme geschaffen werden.

⁴ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

⁵ Fuss et al. (2018) : Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects (<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f>)

⁶ COM(2018) 773 final, Tabelle 9: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

⁷ Stiftung Wissenschaft und Politik, Oliver Geden & Felix Schenuit (2020): Unkonventioneller Klimaschutz; Nach Fuss et al. (2018): Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects (<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f>)

Kreislauf von CO₂ in Kulturpflanzen (2016)

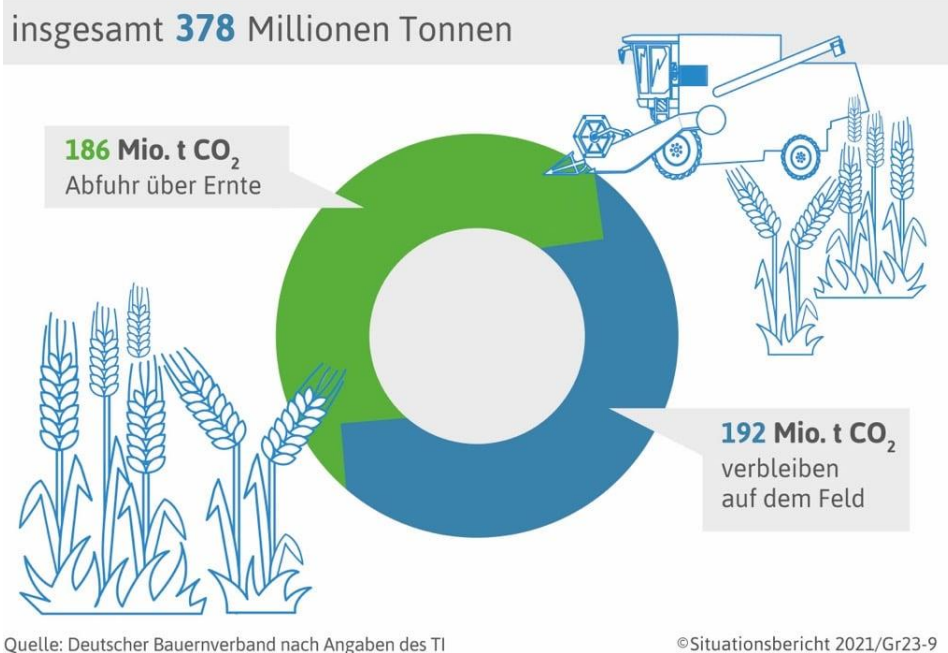


Abbildung 2: Pflanzen halten CO₂ im Kreislauf. Gelingt es, einen Teil davon langfristig der Atmosphäre zu entziehen, entsteht eine Treibhausgasenke.

1. Beim Bioenergieanbau

Je nachdem ob die Biomasse aus der Land- oder Forstwirtschaft stammt, ergeben sich im Anbau unterschiedliche Möglichkeiten, wie Bioenergie zu Treibhausgasenken beitragen kann:

In der **Landwirtschaft** kann durch auf den Aufbau von **Humus ausgerichteten Fruchtfolgesystemen** ein Teil des Kohlenstoffs in den standorttypischen Humusgehalt des Bodens eingelagert werden. Der Humusaufbau ist das Ergebnis eines Gleichgewichts, das durch humusaufbauende Pflanzen, Anbautechniken und Bodenbearbeitung optimiert werden kann. Traditionelle „Bioenergiekulturen“ wie Raps als Tiefwurzler haben positive Humuswirkung und dienen der Auflockerung und Diversifizierung von Fruchtfolgen. Bioenergiefruchtfolgen können z.B. durch Untersaaten im Mais für die Biogasproduktion und Zwischenfrüchte humusmehrend gestaltet werden. Standortabhängig bieten (Dauer-) Kulturen wie die durchwachsene Silphie oder die Nutzung von z.B. Klee gras als Biogassubstrat Möglichkeiten zur Humusmehrung in Böden. Kurzumtriebsplantagen, faserreiche Dauerkulturen wie Miscanthus, sowie Agroforstsysteme oder Hecken und Feldgehölze sind bestens dazu geeignet, Bioenergie für die Wärmewende bereitzustellen sowie zum Humusaufbau durch eine intensive Durchwurzelung bei gleichzeitig geringem Input beizutragen und durch Wind- und Erosionsschutz den Abtrag von Oberboden zu verhindern.

Im Wald dient eine **nachhaltige Forstwirtschaft** und Holzentnahme dazu, das CO₂-Bindungspotenzial des Waldes aufrecht zu erhalten. Die Holzentnahme für stoffliche Zwecke, bei der als Neben- und Restprodukt auch Holzmengen für die energetische Nutzung anfallen, sorgt dafür, dass kontinuierlich CO₂ im nachwachsenden

Wald gebunden werden kann.⁸ Damit sorgt die multifunktionale Waldbewirtschaftung dafür, dass Wälder nicht überaltern und der in den Bäumen gebundene Kohlenstoff ungenutzt durch natürlichen Zerfall und Verrottung wieder in die Atmosphäre entweicht. Stattdessen dient die nachhaltige Bewirtschaftung dazu, mit der stofflichen Holznutzung einen CO₂-Speicher neben dem Wald aufzubauen. Dabei ist die Bioenergie ein verlässlicher Partner der Forstwirtschaft: zum einen als langfristiger Abnehmer von Schadholz und qualitativ minderwertigen Holzpartien, die für eine stoffliche Nutzung nicht in Frage kommen und zum anderen als Abnehmer von Altholz am Ende der Nutzungskaskade. Dies verdeutlicht die wichtige Rolle der Bioenergie für den notwendigen Waldumbau.

Für den Wiederaufbau und Erhalt der CO₂-Bindungsleistung der Wälder ist es entscheidend, dass nach Windwurf, Kalamitäten oder Dürre die geschädigten Flächen schnellstmöglich wieder aufgeforstet werden. Die durch den Waldumbau, hin zu einem klimaresistenteren Wald, und durch Klimawandelschäden anfallenden stofflich nicht verwertbaren Energieholzmengen machen eine Bioenergienutzung nötig, um eine sinnvolle und gleichzeitig klimaschonende Verwertung zu ermöglichen.

2. Im Zuge der Energiebereitstellung

Verschiedene Verfahren der Bioenergieerzeugung ermöglichen es, aktiv Treibhausgase der Atmosphäre während der Energieerzeugung zu entziehen.

Bei „**Bioenergy with Carbon Capture and Storage**“ (BECCS) bzw. „**Bioenergy with Carbon Capture and Use**“ (BECCU) wird das in den Rauchgasen der Verbrennung von Bioenergie enthaltene oder bei der Verarbeitung der Biomasse freiwerdende CO₂ aufgefangen und gespeichert (BECCS) oder genutzt (BECCU).

Die Speicherung oder Nutzung des CO₂ kann vielfältig erfolgen, beispielsweise durch Speicherung in tiefen Gesteinsschichten (z.B. ehemalige Gas- oder Öllagerstätten) oder als **Grundstoff der chemischen Industrie** (z.B. PtX oder Biopolymere). Beispielsweise wird das bei der Fermentation der Bioethanolherstellung anfallende CO₂ aufgefangen und in der chemischen Industrie als Rohstoff weiterverwendet.

Ergänzend zum Auffangen von CO₂, das bei der Verbrennung von Biomasse frei wird, kann auch bereits das CO₂ aufgefangen werden, das bei der **Aufbereitung von Biogas** auf Erdgasqualität oder bei der **Dampfreformierung von Biogas** zur Wasserstoffgewinnung freigesetzt wird.

⁸ In Deutschland wachsen durch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung jede Sekunde fast 4 m³ Holz hinzu, von denen 1,5 m³ nicht genutzt werden. Damit wird ständig der Holzvorrat erhöht und die CO₂-Bilanz des Waldes ist damit jederzeit ausgeglichen. Quelle: FNR Faktencheck Holzenergie; <https://heizen.fnr.de/service/themendossier-holzenergie/faktencheck>

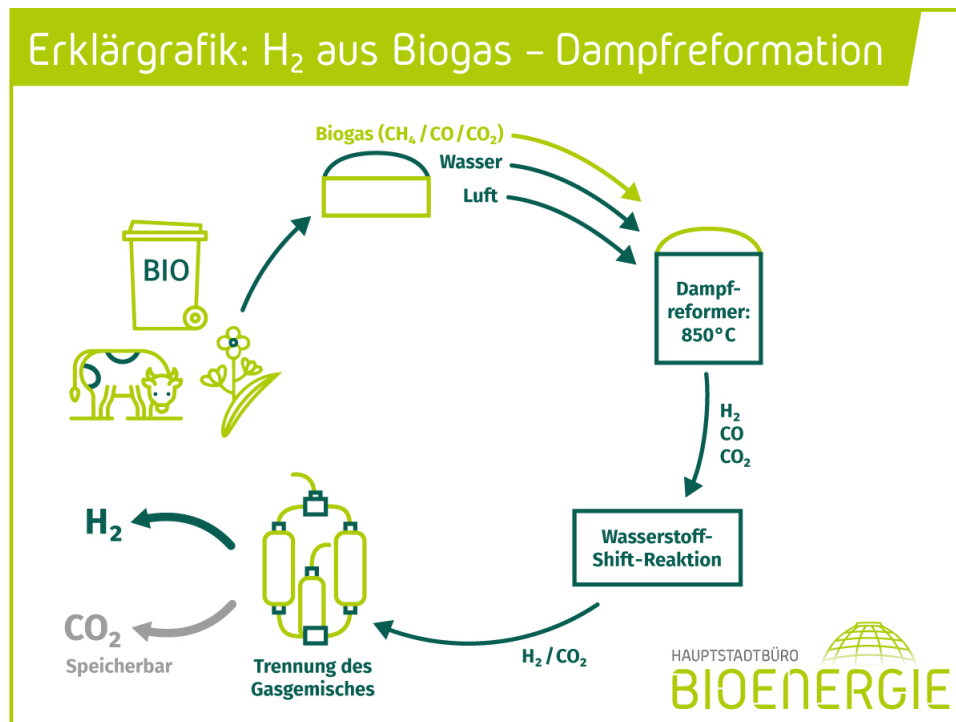


Abbildung 3: Produktion von Wasserstoff mittels der Dampfreformation

Ein weiteres Verfahren stellt die CO₂-Abscheidung und Speicherung bei der **Pyrolyse von Biomasse (PyCCS)** bzw. bei der **Herstellung von Pflanzenkohlen** dar, die mit Stromerzeugung, Wärmenutzungskonzepten oder der Bereitstellung erneuerbaren Wasserstoffs kombiniert werden kann. Wird Biomasse nicht komplett verbrannt oder vergast, sondern lediglich unter Luftabschluss und bei hohen Temperaturen verkohlt, entweichen die leichtflüchtigen und leicht verbrennbaren Bestandteile, die energetisch genutzt werden können, so dass das Kohlenstoffgerüst und mineralische Bestandteile erhalten bleiben. Je nach Ausgangsstoff für die Pyrolyse wird bei der Verbrennung der Pyrolysegase teilweise wesentlich mehr Wärme freigesetzt, als für den Pyrolyseprozess selbst benötigt wird. Die Kombination einer Biomasse-Verkohlungsanlage z.B. mit einer Stromerzeugungsanlage und einem Fernwärmenetz bietet damit die Möglichkeit, Energie bereitzustellen und Pflanzenkohlen als CO₂-Speicher herzustellen. Alternativ kann das Pyrolyse- bzw. Synthesegas weiter gereinigt werden, so dass erneuerbarer Wasserstoff z.B. für die Nutzung als Kraftstoff oder als industrieller Grundstoff gewonnen wird. Ebenso können kondensierte Pyrolyseöle als Grundstoffe für die chemische Industrie verwendet werden. Die mit modernen Pyrolyseverfahren erzeugte Pflanzenkohle hat dabei, je nach Ausgangsmaterial, in der Regel einen Kohlenstoffgehalt von 60 bis über 90 %.

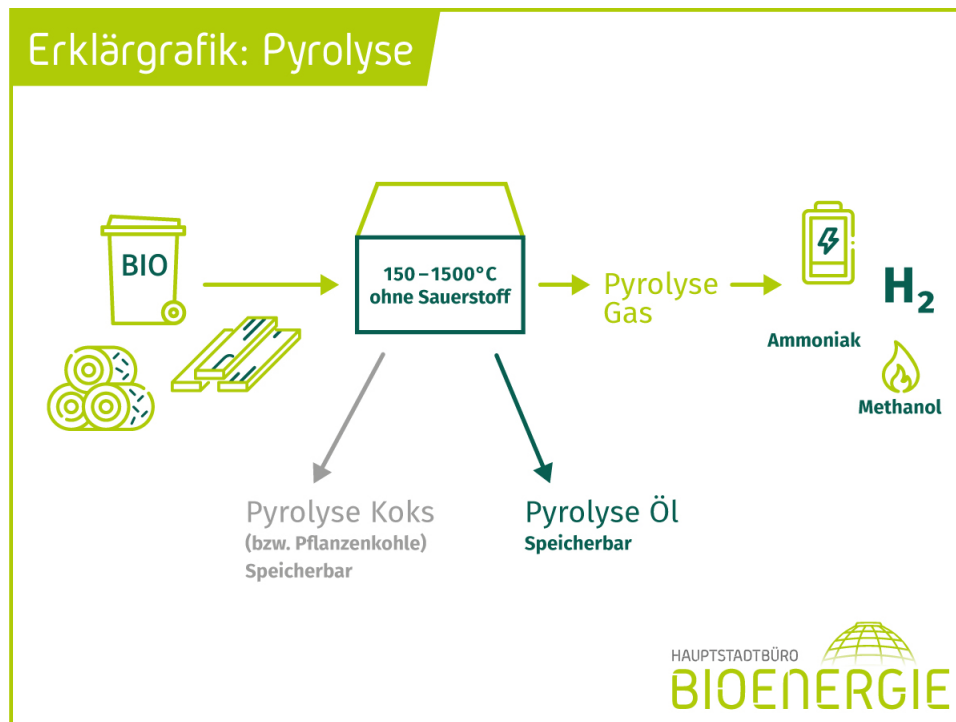


Abbildung 4: Der Pyrolyseprozess und seine Produkte

3. Nutzung der Nebenerzeugnisse der Bioenergie

Kernziel der Bioenergienutzung ist es, klimaschonend erneuerbare Energie bereitzustellen. Gerade nach der energetischen Nutzung der Biomasse können die Reststoffe der Bioenergie einen großen Beitrag für eine langfristige Treibhausgasenkung leisten.

Bei Biogasanlagen bleiben in den **Gärrückständen** vor allem die schwer abbaubaren Kohlenstoffverbindungen erhalten. Bei der Ausbringung der Gärrückstände, die mineralische Düngemittel ersetzen, werden diese auf das Feld zurückgeführt. Die Kohlenstoffzufuhr zu Böden ist damit vergleichbar bzw. besser als bei Gülle und dient damit auch dem Humuserhalt und -aufbau in Böden.⁹

Die bei der Verkohlung von Biomassen entstehende **Pflanzenkohle** ist in Böden nachweisbar über mehrere hundert Jahre stabil und baut sich in dieser Zeit nur minimal ab.¹⁰ Ausgrabungen auf der ganzen Welt zeigen, dass in verschiedenen Regionen und Klimazonen seit tausenden Jahren Pflanzenkohle vom Menschen verwendet wurde und diese alten Pflanzenkohlebestände nach wie vor im Boden vorhanden sind. Zudem weist Pflanzenkohle vielfältige positive Eigenschaften auf, wie z.B. Vorteile für die Speicherung von Wasser und Nährstoffen in Böden, einer verbesserten Bodendurchlüftung, Verringerung von Emissionen aus Böden, besseres Pflanzenwachstum und als Futterzusatz eine verbesserte Tiergesundheit.¹¹ Als Zusatz in Biogasanlagen kann Pflanzenkohle die Methanausbeute und zudem den Kohlenstoffgehalt der Gärreste steigern können. Der Einsatz

⁹ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2018): Schlussbericht zum Vorhaben Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen. <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22012813.pdf>

¹⁰ Schmidt, H.P., Hagemann N., Abächerli, F., Leifeld J., Bucheli T. (2021): Pflanzenkohle in der Landwirtschaft: Hintergründe zur Düngertilgung und Potentialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoff-Senken. *Agroscope Science*, 112, 1-71. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46567>

¹¹ ebenda

von Pflanzenkohle im Boden führt außerdem zu einem Zuwachs an Humus, sodass weiterer Kohlenstoff über die Pflanzenkohle hinaus gebunden werden kann.¹²

Nachweis und Bilanzierung langfristiger Kohlenstoffspeicherung

Die Klimaziele für Treibhausgasenken machen es erforderlich, dass das **Monitoring** und die **Überprüfung** der Kohlenstofffestlegung verbessert und die **Treibhausgasberichterstattung** in diesem Bereich weiterentwickelt werden.

So ist es beispielsweise nötig, wissenschaftlich anerkannte und international standardisierte Bilanzierungsmethoden für Maßnahmen zur Humusdynamik in Böden festzulegen und anzuwenden, damit Aktivitäten zur Steigerung des Humusgehalts vergleichbar, erfassbar und verifizierbar sind. Die aktuelle Treibhausgasberichterstattung im Bereich Böden mittels Standardwerten für Landnutzungsänderungen zu arbeiten, schließt eine kleinräumige und maßnahmenbezogene Erfassung der CO₂-Ströme noch aus. Zudem fehlen z.B. noch immer Berichtsstandards des IPCC für die Einbeziehung von Pflanzenkohle in Treibhausgasbilanzen. Ebenso ist es erforderlich, die Dauerhaftigkeit von Treibhausgasenken sicherzustellen bzw. bei Reversibilität entsprechende Bilanzierungsvorschriften zu etablieren. Vor dem Hintergrund der Ausweitung der CO₂-Bepreisung auf immer mehr Emissionsbereiche und einer daraus folgenden notwendigen finanziellen Honorierung von Treibhausgasenken gewinnt der Nachweis und die Verifizierbarkeit von Kohlenstofffestlegungen nochmals an Bedeutung. In diesem Zusammenhang gilt es auch, Fragen des Referenz- und Ausgangsniveaus bei der Kohlenstofffestlegung in Böden zu klären, um Fehlanreize zu vermeiden.

Die neue Rolle der Bioenergie in einer treibhausgasneutralen Welt

Für die Treibhausgasneutralität wird es nötig sein, alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten für negative Emissionen zu nutzen. Aus den Möglichkeiten der Bioenergienutzung nicht nur zur Substitution fossiler Energieträger, sondern insbesondere zur Kohlenstoffbindung und den von der Klimawissenschaft vorgegebenen Zielen für den Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre, leitet sich eine **grundlegend veränderte Bedeutung und Rolle der Bioenergienutzung** mit aktivem Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre ab.

Die im Bundes-Klimaschutzgesetz verankerten Ziele für Treibhausgasenken machen es erforderlich, dass eine **Nationale Treibhausgasenkenstrategie** erarbeitet wird. Darin sollten nicht nur Ziele und politische Ansätze für den sektorübergreifenden Aufbau von Technologien zur Entnahme von CO₂ aus der Luft und zur dauerhaften Speicherung formuliert, sondern auch ein **gesellschaftlicher Verständigungsprozess** zur Notwendigkeit von Treibhausgasenken angestoßen werden. Schließlich sollte eine nationale Senkenstrategie die Senkenziele des Klimaschutzgesetzes **mit Maßnahmen unterlegen**, um in den aktiven Aufbau von CO₂-Senken einzusteigen.

Langfristig ist eine **Inwertsetzung der Treibhausgasentzugsleistung** durch entsprechende Preisgestaltung nötig. Die Bepreisung von CO₂-Emissionen macht es erforderlich, dass im Gegenzug auch der Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre einen Preis bekommt und entsprechend honoriert wird. Dazu sind eine Weiterentwicklung des nationalen und europäischen Emissionshandels nötig, ebenso wie eine Umgestaltung des Energiesteuersystems hin zu Kohlenstoffemissionen und Negativemissionen. Die Bioenergie ist bereit, ihren Beitrag zu einer klimaneutralen Welt zu leisten und kann dies über vielfältige Maßnahmen entlang der kompletten Nutzungskette leisten. **Denn ohne die konsequente Nutzung aller nachhaltig verfügbaren Biomassepotenziale wird Klimaneutralität nicht zu erreichen sein.** Ein Nutzungsverzicht nachhaltig verfügbarer Optionen für Treibhausgasenken ist mit Blick auf die enorme jährlich zu leistende Treibhausgasbindung und den Zeitdruck der falsche Weg.

¹² ebenda

Neben dem technischen Potenzial der verschiedenen Verfahren zur Kohlenstofffestlegung kommt es auch darauf an, dass **Akzeptanz und Unterstützung von Politik und Gesellschaft** für die Verfahren vorhanden sind, um die Treibhausgasfestlegung im erforderlichen Umfang anwenden und vergüten zu können. Die Bioenergie kann nachhaltige Lösungen zur Treibhausgasentnahme aus der Atmosphäre und erneuerbaren Energieerzeugung liefern und damit dringend benötigte Beiträge zur Eindämmung des Klimawandels leisten. Entscheidend wird hierfür aber die Rückendeckung aus Politik und Gesellschaft für eine zügige und umfassende Treibhausgasenkenpolitik sein.

Empfehlungen an die Politik:

- 1) **Ziele fachlich richtig setzen:** Die für Klimaneutralität erforderlichen **Ziele von Treibhausgasenken** sollten so formuliert werden, dass **sämtliche negative Emissionen bilanziert und angerechnet** werden können.
- 2) **Nationale Senkenstrategie erarbeiten:** Die Bundesregierung sollte in einem **breiten gesellschaftlichen Prozess** von Wissenschaft, Experten und Gesellschaft eine **Nationale Treibhausgasenkenstrategie erarbeiten**, um Maßnahmen für das Treibhausgasenkenziel zu entwickeln und umzusetzen.
- 3) **Nutzung aller Potenziale sicherstellen:** Angesichts der Größe der Herausforderung muss eine konsequente **Nutzung aller sozial, wirtschaftlich und ökologisch nachhaltig verfügbaren Biomassepotenziale und damit einhergehender Senken** ermöglicht werden.

Kontakt

Hauptstadtbüro Bioenergie
Sandra Rostek
Leiterin
Email: sandra.rostek@biogas.org
Tel.: 030 / 27 58 179 11