Übersetzung
Es handelt sich bei dieser Version um eine ungeprüfte Übersetzung des englischen Originals des PDD für Projekt: „GCSP1126 Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH“ vom 28.04.2025.

Die Übersetzung dient der Verständlichkeit. Sollten Widersprüchen zwischen der englischen und übersetzten Version auftreten, gilt der Inhalt des Originaldokuments.

Translation
This version is an unverified translation of the English original PDD for projekt: „GCSP1126 Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH“ from 28.04.2025.

The translation is provided for ease of understanding. In the event of any inconsistencies between the English and translated versions, the content of the original document shall prevail.

Projektentwurf Dokument

Projekt-ID	GCSP1126
Name des Projekts:	Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH Name des
Qualitätsmanagers:	Andreas Ertel, Lukas Krögel
Datum der Einreichung:	28.04.2025
Version des PDD:	Version 3
Methodik:	Globale Pflanzenkohle-C-Senke 3.1

Standort des Projekts:	Breitenbrunner-Straße 10, 91238 Offenhausen, DE
Datum des Projektbeginns:	01.03.2023
Projektzeitraum:	Das Projekt hat kein Enddatum, wird aber jährlich überprüft
Projektzusammenfassung:	Der Betrieb umfasst eine Biogasanlage zur Verwertung von biogenen Abfälle aus umliegenden Betrieben und einer Klärschlammtrocknungsanlage in Offenhausen. Der Betrieb umfasst eine Pflanzenkohleanlage und eine Schlammtrocknungsanlage, die keine fossilen Brennstoffe benötigen. Das Projekt wird die Kohlenstoffbindung erhöhen, indem die erzeugte Biokohle in verschiedene bodenbezogenen Projekte eingearbeitet wird, um einen langfristigen Kohlenstoffspeicher mit einer Lebensdauer von bis zu 1000 Jahren zu schaffen, wie es der Global Biochar C-Sink Standard vorsieht. Ohne das Projekt würde keine C-Senke entstehen, da Holz keinen langfristigen Kohlenstoffspeicher darstellen. In den ersten 5 Jahren des Projekts erwarten wir eine Kohlenstoffbindung von etwa 7455 CO2eq, insgesamt 1491 CO2eq pro Jahr.

Inhaltsübersicht

Projektentwurfsdokument 1

1. Zweck und allgemeine Beschreibung des Projekts 4

1.1. Standort des Projekts 5

1.2. Beschreibung des Basisszenarios 6

1.3. Kohlenstoffsenken aus Pflanzenkohle 10

1.4. Grenzen des Projekts 11

1.5. Anspruchsberechtigung 11

1.6. Eigentümerschaft 11

1.7. Zusätzlichkeit 12

1.7.1. Bewertung der rechtlichen Anforderungen an die Herstellung von Pflanzenkohle und ihre Anwendung als Beseitigungstechnologie 12

1.7.2. Zusätzliche Kohlenstoffentfernung 12

1.7.3. Zusätzlichkeit von Biomasse-Rohstoffen 13

2. Ex-ante-Schätzung der Auswirkungen 13

3. Technologie und Business Cases 14

3.1. Produktionseinheit 14

3.2. Futtermittel 18

3.3. Leckage durch Aktivitätsverlagerungen außerhalb der Projektgrenzen 19

3.4. Vertriebswege von Pflanzenkohle 19

3.5. Geplante Geschäftsentwicklung 19

4. Bestimmung des C-Senken-Potenzials 20

4.1. Überwachungsplan 20

4.1.1. Allgemeine Daten 20

4.1.2. Emissionen aus fossilen Brennstoffen 21

4.1.3. Methanemissionen 26

4.1.4. Energieflüsse 27

4.2. Berechnung des C-Sink-Potenzials am Werkstor 28

4.2.1. Emissionen aus fossilen Brennstoffen 29

4.2.1.5. Leckage-Emissionen 32

4.2.2. Methanemissionen 32

4.2.3. Wert des C-Senken-Potenzials 34

4.2.4. Energie-Effizienz 34

4.2.5. Kohlenstoff-Effizienz 35
5. Bestimmung der C-Senke 36
5.1. Verarbeitung von Pflanzenkohle 36
5.1.1. Überwachung der Verarbeitungsparameter 37
5.1.2. Berechnung der Verarbeitungsemissionen 37
5.2. Registrierung der C-Senke 37
5.2.1. Überwachung der Transportparameter bis zum endgültigen Standort 38
5.2.2. Berechnung der C - Senke 38
5.2.3. Geologische C-Senke 39
5.2.4. Temporäre C-Senke 39
5.2.5. Vorübergehende Lagerung von Pflanzenkohle 40
6. Öffentliche Konsultation 41
7. Anhänge 41

1. Zweck und allgemeine Beschreibung des Projekts

Das Projekt Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH umfasst 2 Pyrolyseanlagen zur Herstellung von Pflanzenkohle aus Holzhackschnitzeln. Pflanzenkohle ist ein vielseitiges Material mit einer wachsenden Anzahl von Anwendungen in der Landwirtschaft, Umwelttechnik und Grundstoffindustrie. Pflanzenkohle stellt eine stabile Kohlenstoffsenke (C-Senke) dar, die durch den Global C-Sink Standard zugelassen ist. Ohne das Projekt würde keine C-Senke entstehen, da Holzschnitzel keinen langfristigen Kohlenstoffspeicher darstellen.

Zum Unternehmen gehören eine Biogasanlage zur Verwertung von biogenen Abfällen aus umliegenden Betrieben und eine Klärschlammtrocknungsanlage in Offenhausen.
Der Betrieb umfasst eine Pflanzenkohleanlage und eine Schlammtrocknungsanlage, die keine fossilen Brennstoffe benötigen.

Ein weiteres Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Bodenqualität in Europa durch die Vermarktung von Pflanzenkohle als Bodenverbesserer. Pflanzenkohle kann die Bodenqualität aufgrund ihrer Auswirkungen auf den pH-Wert des Bodens, ihres Wasserrückhaltevermögens und ihrer Fähigkeit, Nährstoffe zu speichern, erheblich verbessern.
Außerdem kann die Pflanzenkohle als vorübergehende C-Senke oder als Zusatzstoff in Baumaterialien oder Konsumgütern verwendet werden.

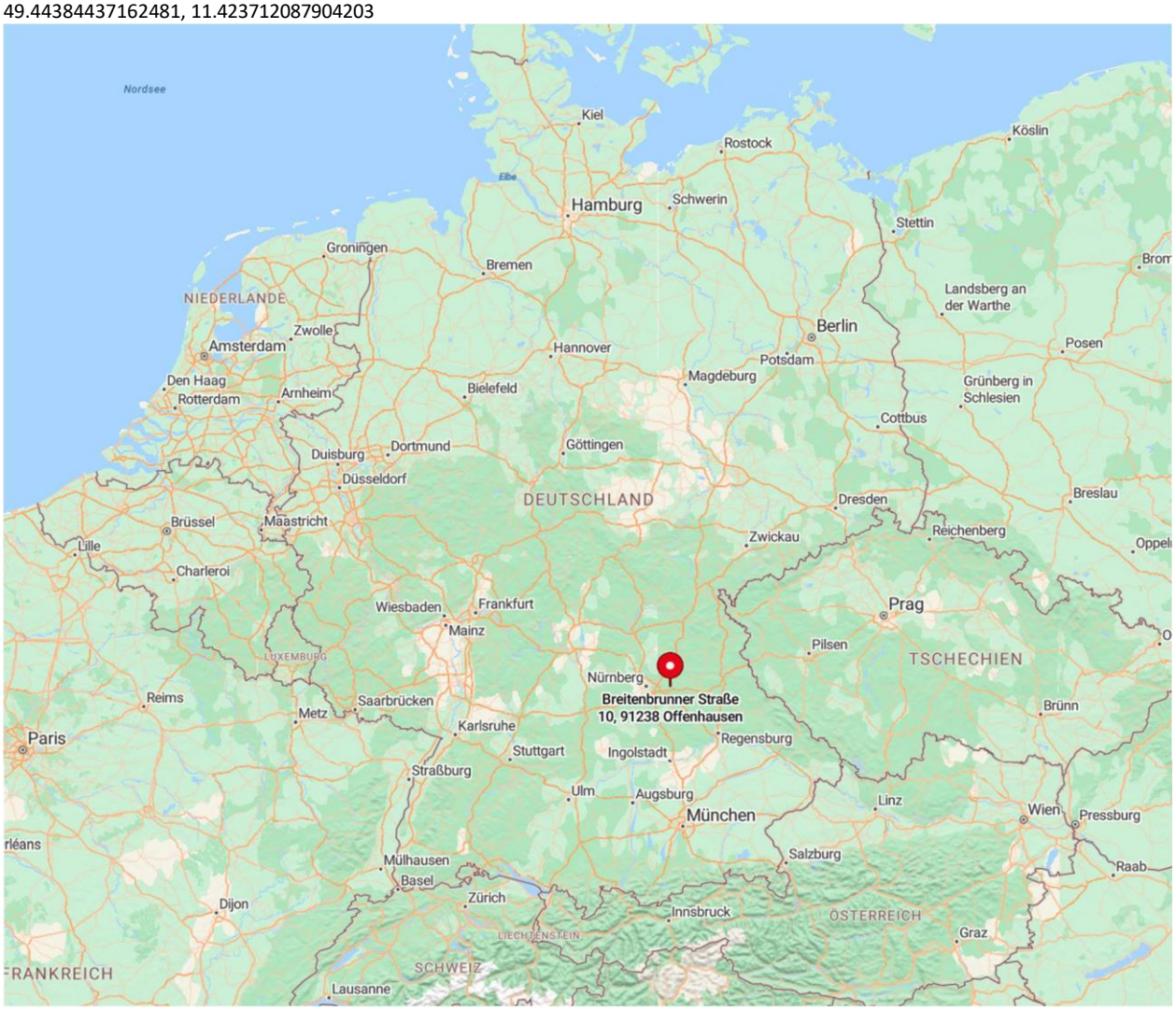
Die Pflanzenkohle wird an Händler in Deutschland verkauft und dem Boden in Deutschland und Schweden zugesetzt.

Ein Teil der Pflanzenkohle wird auch in der firmeneigenen Biogasanlage als Hilfsmittel für die anaerobe Vergärung verwendet, und das Substrat wird auf den firmeneigenen landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.

Die Bestandsaufnahme und Verfolgung von Pflanzenkohle erfolgten über die Cula-Plattform. (https://www.cula.tech)

1.1. Projekt Standort

Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH Breitenbrunner Straße 10, 91238 Offenhausen, DE
49.44384437162481, 11.423712087904203



Die geographischen Standorte der später installierten Anlagen werden im Biochar-Tool und in der Cula-Plattform dokumentiert.

1.2. Beschreibung des Basisszenarios

Basierend auf dem landwirtschaftlichen Betrieb wurde 2011 die erste Biogasanlage zur Verwertung von Landschaftspflegematerial, Gülle (Pferde/Rinder/Schafe) und Silomais gebaut. Durch die Erweiterung der Biogasanlage in den Jahren 2012 und 2018 kann derzeit eine Leistung von 900 kW (davon 500 kW elektrisch) über ein Blockheizkraftwerk (BHKW, siehe Abbildung 1).



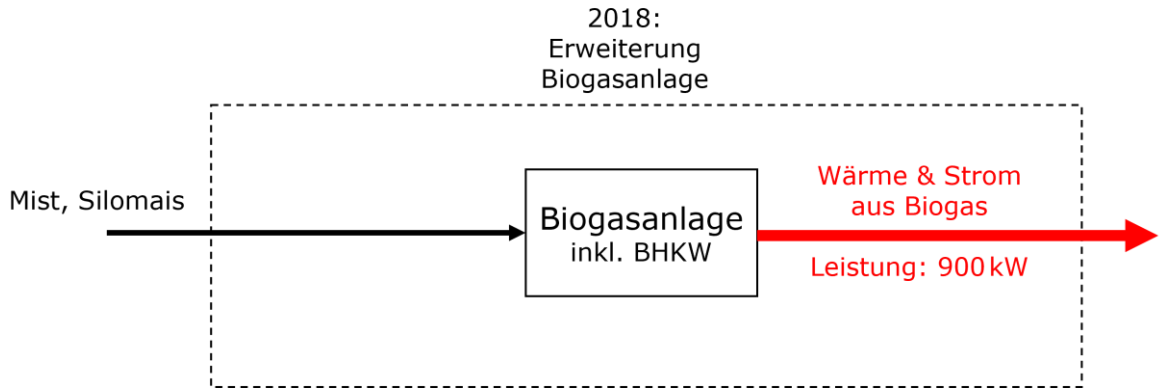


Abbildung 1: Flussdiagramm der gesamten Anlage 2018: Durch die Erweiterung der Biogasanlage können nun Wärme und Strom mit einer Leistung von 900 kW bereitgestellt werden.

Mit der Gründung der Ökologischen Klärschlammtrocknung Offenhausen (ÖKT) GmbH im Jahr 2019 hat sich das Unternehmen auf die Trocknung von kommunalem Klärschlamm (ca. 6'000 t entwässerter Klärschlamm pro Jahr mit 26 % TS) spezialisiert. Die benötigte Wärme bzw. Trocknungsluft für die Trocknungsanlage wird durch das Abgas des BHKWs bereitgestellt (siehe *Abbildung 2*).

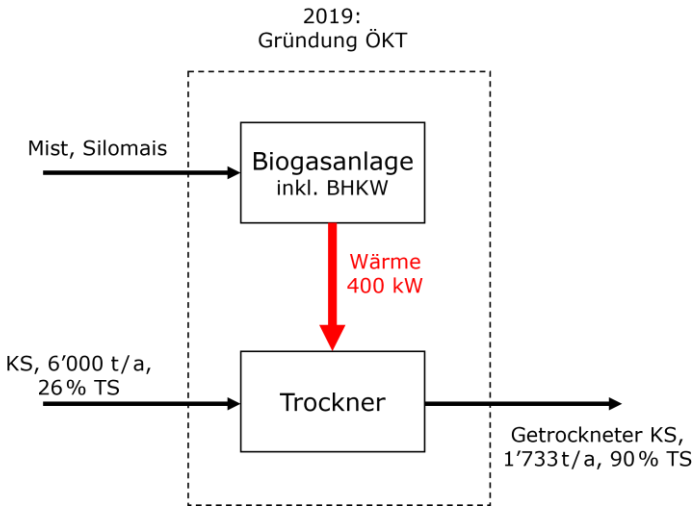


Abbildung 2: Fließschema der Gesamtanlage im Jahr 2019: Mit der Gründung des ÖKT wurde die Biogasanlage um einen Klärschlammtrockner erweitert. Die dafür benötigte Wärme wird vom Blockheizkraftwerk der Biogasanlage bereitgestellt.



Abbildung 3: Ökologische Klärschlammtrocknung Offenhausen GmbH

Im Jahr 2020 erfolgte ein Ausbau und eine Erweiterung des ÖKT. Durch die Installation von zwei zusätzlichen Trocknersystemen konnte die bisherige maximale Jahreskapazität von 18'000 t erreicht werden (siehe Abbildung 4). Neben der Nutzung der Abwärme aus dem BHKW musste nun auch Flüssiggas (LNG) als Wärmequelle eingesetzt werden. Die Verwendung von Flüssiggas war jedoch immer ein Problem. Unter ökologischen Gesichtspunkten musste eine Alternative gefunden werden.

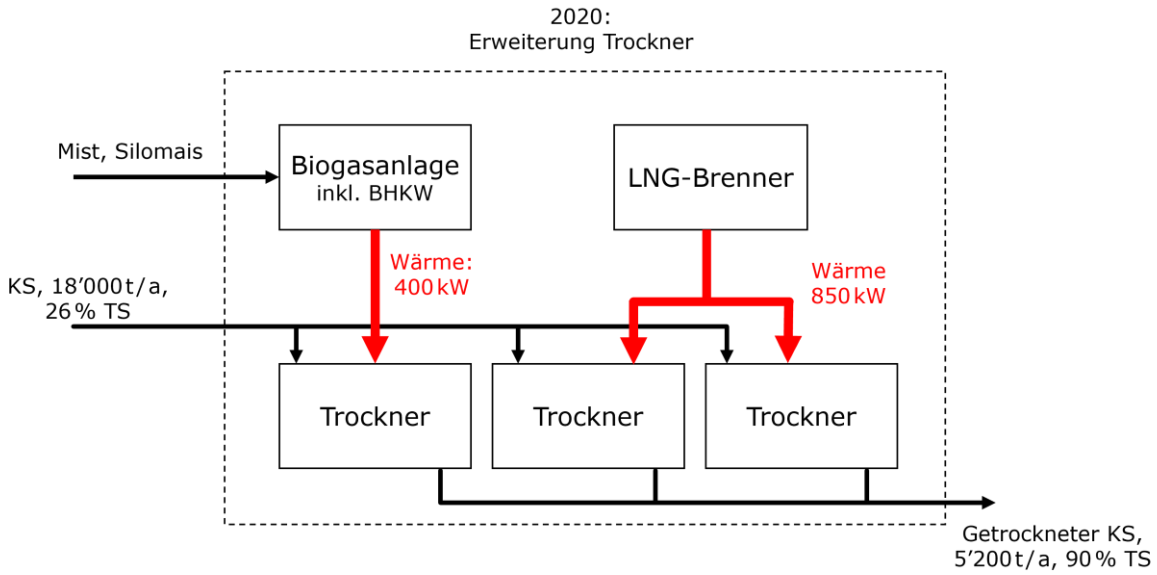


Abbildung 4: Flussdiagramm der gesamten Anlage 2020: Mit der Erweiterung der Trockneranlage musste nun zusätzliche Wärme mittels Flüssiggas bereitgestellt werden.

Neben der Integration der Biogasanlage in den ÖKT im Jahr 2022 wurde die Anlage auch um zwei Pyrolyseanlagen zur nachhaltigen Bereitstellung von Abwärme für die Trockner und die gleichzeitige Produktion von Pflanzenkohle aus Hackschnitzeln erweitert. Derzeit (Q4 2023) laufen zwei Pyrolyseanlagen mit einer Gesamtleistung von 850 kW zum vollständigen Ersatz von Erdgas im Trocknungsbetrieb (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6). Die Abwärme der KWK-Anlage wird zur Trocknung der Holzhackschnitzel vor der Pyrolyse genutzt.

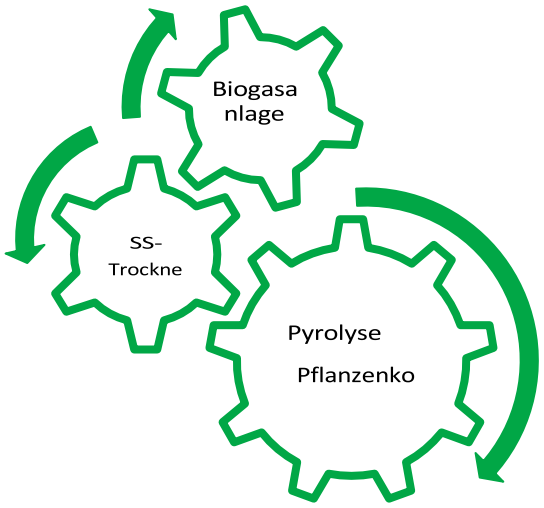


Abbildung 5: Verzahnung verschiedener Technologien zur Maximierung des CO2-Minderungspotenzials.

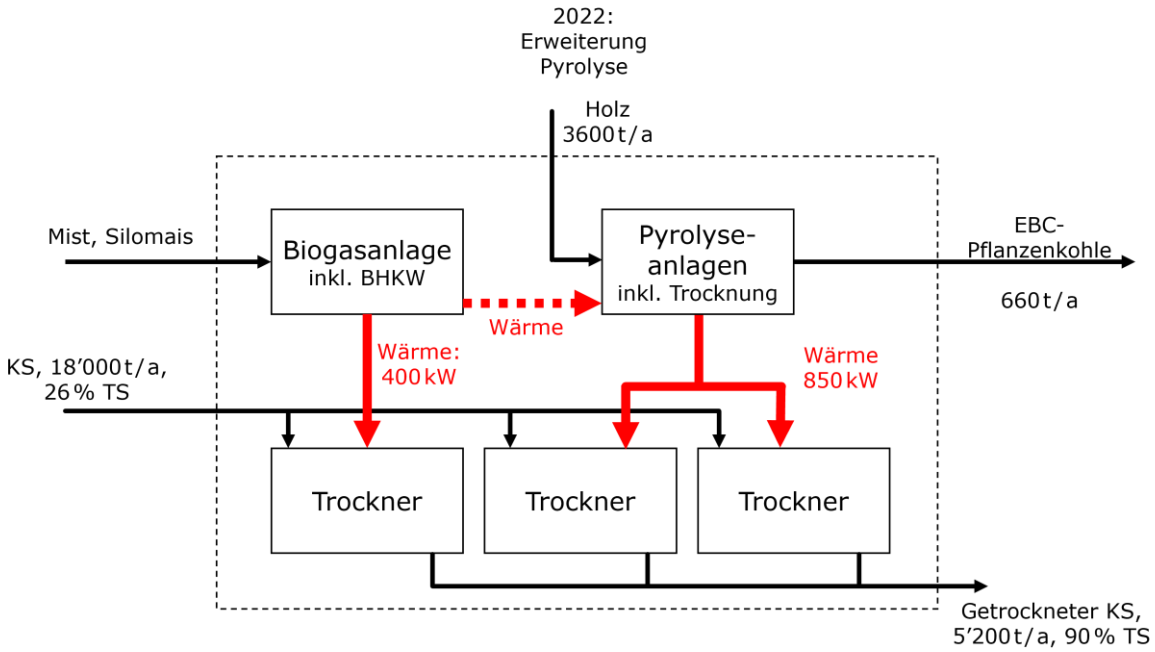


Abbildung 6: Flussdiagramm Gesamtanlage 2022: Erweiterung des ÖKT um 2 Pyrolyseanlagen. Die fossile Wärme aus der Verbrennung des Flüssiggases wird nun durch die erneuerbare Alternative der Pyrolyse ersetzt. Durch die Pyrolyse wird gleichzeitig Pflanzenkohle erzeugt und damit ein langfristiger Kohlenstoffspeicher geschaffen.

Das Basisszenario für die Bilanzierung des Kohlenstoffabbaus ist das "Business-as-usual"-Szenario, bei dem keine dauerhafte Kohlenstoffsenke auf der Grundlage von Pflanzenkohle geschaffen wird und das als Null betrachtet wird. Die Tatsache, dass die Biomasse im Basisszenario anders hätte genutzt werden können, hat keinen Einfluss auf die Betrachtung der Basislinie als Null. Dies wird durch die Einhaltung der Bestimmungen von Kapitel 5 des Globalen Pflanzenkohle-Kohlenstoffsenken-Standards sichergestellt.

$C\text{–}sink \quad (Baseline) = 0\ tCO2e$

1.3. Pflanzenkohle Kohlenstoff Senken

Wenn pflanzliche Biomasse verbrannt oder zersetzt wird, wird der gebundene Kohlenstoff in Form von CO2 freigesetzt. Wird die pflanzliche Biomasse jedoch pyrolysiert, wird etwa die Hälfte des pflanzlichen Kohlenstoffs in ein Gemisch aus überwiegend sehr langlebigen Kohlenstoffverbindungen umgewandelt, die ein als Pflanzenkohle bekanntes festes Material bilden. In der Umwelt unterliegt jede Kohlenstoffverbindung einem Abbau; bei den meisten Bestandteilen der Pflanzenkohle verläuft dieser Prozess extrem langsam, meist sogar so langsam, dass er über Tausende von Jahren hinweg kaum messbar ist. Solange die Pflanzenkohle nicht verbrannt wird, verbleibt der Pflanzenkohle-Kohlenstoff als C-Senke im terrestrischen System.

Wenn Pflanzenkohle mit einem Verhältnis von H zu Corg < 0,40 auf den Boden aufgebracht wird, gilt ein Großteil des Kohlenstoffs als persistenter aromatischer Kohlenstoff (PAC, der Anteil des Pflanzenkohle-Kohlenstoffs, der in Clustern von mehr als sieben aromatischen Ringen gebunden ist, wie mit der Hydro-Pyrolyse-Methode analysiert) und wird für mehrere Jahrtausende eine Kohlenstoffsenke darstellen. Ein kleinerer, wenn auch relevanter Teil des Pflanzenkohle-Kohlenstoffs ist weniger beständig (semi-persistenter Kohlenstoff, SPC) und wird wahrscheinlich innerhalb von Jahrzehnten bis Jahrhunderten mikrobiell abgebaut, mit einer mittleren Verweilzeit von 50 Jahren. Der Pflanzenkohle-Kohlenstoff, der innerhalb der ersten 1000 Jahre nach dem Aufbringen auf den Boden abgebaut werden kann, wird als semi-persistenter Kohlenstoff (SPC) bezeichnet und stellt eine vorübergehende C-Senke dar. Für Pflanzenkohle mit einem Verhältnis von H zu Corg< 0,4 wird der PAC-Anteil in der Norm konservativ auf 75% und der SPC-Anteil auf 25% festgelegt.

1.4. Projekt Grenze

Für die Ermittlung der für die C-Sink-Generierung relevanten Emissionsportfolios nach dem Global Biochar C-Sink Standard werden die Emissionen aus Scope 1 und 2 jeder beteiligten und registrierten Organisation (Produzenten und Verarbeiter) erfasst.

Alle Scope-1- und Scope-2-Emissionen des Pflanzenkohle produzierenden Unternehmens werden vollständig erfasst und der Pflanzenkohleproduktion zugeordnet. Alle Scope-1- und Scope-2-Emissionen des Pflanzenkohle produzierenden Unternehmens werden vollständig erfasst und der Pflanzenkohleproduktion zugeordnet.

Wenn von den Verarbeitern in ihren Anhängen zum PDD nicht anders angegeben, berücksichtigen sie alle Emissionen aus Scope 1 und 2. Verwendet ein Verarbeiter den Pro-Rata-Ansatz (Global Biochar C-Sink Standard, Kapitel 4.5), ist er verpflichtet, in seinen Anhängen zum PDD Einzelheiten anzugeben.
Bei den Scope 3-Emissionen der beteiligten Organisationen werden nur die Emissionen aus der Biomasseproduktion, dem Transport von Biomasse bzw. Pflanzenkohle und den Folgeprodukten direkt quantifiziert. Andere indirekte Emissionen aus Scope 3 werden aufgrund ihres vergleichsweise geringen Volumens nicht einzeln erfasst, sondern mit einer pauschalen Sicherheitsmarge in die Berechnung einbezogen, um die gesamte Wertschöpfungskette zu berücksichtigen.
Die Organisationen sind verpflichtet, die Emissionen, die der nächsten Organisation vorgelagert sind, in ihr Emissionsportfolio aufzunehmen. Die letzte Organisation in der Kette, bevor die C-Senke eingerichtet und registriert wird, ist auch für die Berichterstattung über Transportemissionen in ihrem Emissionsportfolio verantwortlich.

1.5. Anwendbarkeit des Standards

☒ Herstellung von Pflanzenkohle nach den EBC/WBC-Kriterien ist vorhanden.

☒ Der Produzent ist eine juristische Person und verfügt über eine Betriebsgenehmigung für die gesamte Projektregion.
☒ Soziale Auswirkungen: Das Projekt erfüllt die Anforderungen der Methodik, siehe Anhang 17-0- 3EN Selbsteinschätzung Soziale Verantwortung.

☒ Die im Rahmen dieses Projekts ausgegebenen C-Senken werden in keinem anderen Carbon Crediting System geltend gemacht.

1.6. Eigentümerschaft

Standardmäßig ist der Eigentümer einer potenziellen C-Senke der Eigentümer des Materials, das Kohlenstoff in einer stabilen Form enthält, also der Eigentümer der physischen Produkte wie Biomasse oder Pflanzenkohle oder Pflanzenkohlehaltige Produkte. Bei jedem Verkauf von Pflanzenkohle oder Pflanzenkohlehaltigen Produkten wird das Eigentum an dem Material, das schließlich eine C-Senke bildet, auf den neuen Eigentümer übertragen. Jede Verpackungseinheit, die mehr als 1 t CO_2e Pflanzenkohle enthält, muss mit einem einscannbaren Identifizierungscode gekennzeichnet werden, der den aktuellen Eigentümer des C-Senken-Materials angibt.

Wird das Produkt ohne seine durch den C-Sink-Wert dargestellte Klimawirkung gehandelt, muss es mit einem Hinweis versehen werden, der den Käufer darüber informiert, dass der C-Sink-Wert des Produkts bereits registriert ist und nicht für andere Emissionskompensationen geltend gemacht werden kann. Dieser Hinweis muss mindestens durch den Aufdruck des folgenden Carbon Standards Registrierungssiegels erfolgen: "Registrierte C-Senke" und einen QR-Code mit dem Weblink zu weiterführenden Informationen über die C-Senken-Registrierung und -Verwendung. Dies gilt insbesondere für diffuse C-Senken und auf den Boden aufgebrachte Pflanzenkohle.
Bei temporären C-Senken ist der Pflanzenkohle-Kohlenstoff Teil einer Materialmatrix, die Eigentum einer juristischen Person ist, und die C-Senke kann nicht von dem einbettenden Material wie Thermoplasten, Textilien, Kohlefaserverbundstoffen oder Asphalt getrennt werden.
Der Wert der C-Senke ist daher Eigentum des Eigentümers des Materials, es sei denn, auf den Quittungen ist eindeutig vermerkt, dass die C-Senke nicht mit dem Material verkauft wurde.

1.7. Zusätzlichkeit

Die vorgeschriebene Zusätzlichkeitsprüfung besteht aus 3 Schritten. Das Projekt gilt als zusätzlich, wenn es zu einer zusätzlichen Kohlenstoffentfernung führt.

1.7.1. Bewertung der rechtlichen Anforderungen an die Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle als Technologie zur Beseitigung von Schadstoffen

Das in Deutschland tätige Unternehmen stellt sicher, dass alle relevanten rechtlichen Anforderungen für die Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle als Abscheidetechnologie erfüllt werden. Die folgenden Maßnahmen wurden bereits umgesetzt:

1. Einhaltung der Umweltvorschriften: Wir verfügen über alle erforderlichen Genehmigungen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz und den entsprechenden Verordnungen. Dadurch wird sichergestellt, dass unsere Tätigkeiten den nationalen Umweltstandards entsprechen, insbesondere in Bezug auf Emissionen und Abfallmanagement.
2. Umfassende Dokumentation: Alle Genehmigungen und behördlichen Dokumente werden sorgfältig aufbewahrt und stehen zur Einsichtnahme bereit. Dazu gehören Umweltverträglichkeitsprüfungen und alle spezifischen Genehmigungen, die für die Verwendung von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft erforderlich sind.
3. Einhaltung des gesetzlichen Rahmens: Derzeit gibt es in Deutschland keine verbindlichen Vorschriften, die die Herstellung oder kohlenstoffschonende Anwendung von Pflanzenkohle vorschreiben. Dies unterstützt zusätzliche unser Projekt, da unsere Pflanzenkohle-Aktivitäten durch unser Engagement zur Kohlenstoffentfernung und nicht durch bestehende gesetzliche Verpflichtungen bestimmt werden.
4. Laufende Überwachung: Wir überwachen kontinuierlich die rechtlichen Rahmenbedingungen, um die Einhaltung neuer gesetzlicher Bestimmungen zu gewährleisten. Dieser proaktive Ansatz garantiert, dass unser Projekt in vollem Einklang mit den sich entwickelnden Vorschriften steht. Mindestens einmal im Jahr findet ein Treffen mit den örtlichen Behörden statt, um die neuesten Vorschriften zu besprechen. Das Unternehmen ist außerdem Mitglied im Fachverband Pflanzenkohle

Durch die Einhaltung dieser Standards und die Führung einer umfassenden Dokumentation stellt unser Unternehmen sicher, dass das Biokohleprojekt vollständig den deutschen Vorschriften entspricht und als zusätzliche Initiative zur zusätzlichen Entfernung von Kohlenstoff gut positioniert ist.

1.7.2. Zusätzliche Entfernung von Kohlenstoff

Die Effizienz der Kohlenstoffsenke unserer Pyrolyseanlage misst den Anteil des Biomassekohlenstoffs, der durch einen technischen Umwandlungsprozess als potenzielle Kohlenstoffsenke erhalten bleibt. Wie in Kapitel 4.2.5 des Projektplanungsdokuments dargelegt, hat sich unser Unternehmen verpflichtet, die Kohlenstoffsenken-Effizienz der Produktionsanlage jährlich zu veröffentlichen. Diese Verpflichtung unterstreicht unser klares Ziel, einen zunehmenden Anteil des Biomassekohlenstoffs in Kohlenstoffsenken umzuwandeln.

Durch den Einsatz effektiver und nachhaltiger Technologien in unserer Pyrolyseanlage stellen wir sicher, dass ein erheblicher Teil des Kohlenstoffs aus Biomasse langfristig gespeichert wird. Diese Maßnahmen tragen nicht nur zur Verringerung der Treibhausgasemissionen bei, sondern fördern auch die nachhaltige Nutzung von Biomasse als Ressource.

Unser Engagement, die Effizienz der Kohlenstoffsenken kontinuierlich zu verbessern und transparent zu dokumentieren, unterstreicht den zusätzlichen Kohlenstoffabbau, der durch unser Projekt erreicht wurde.

1.7.3. Biomasse-Einsatzstoffe Zusätzlichkeit

Um die Zusätzlichkeit von Biomasse-Rohstoffen in unserem Projekt sicherzustellen, führten wir eine umfassende Bewertung unseres Basisszenarios durch, wie in den Kapiteln 1.2 und 3.2 des Projektplanungsdokuments beschrieben. Wir haben untersucht, welche natürlichen Kohlenstoffsenken mit den vorhandenen Biomasse-Rohstoffen hätten realisiert werden können, wenn die Pflanzenkohle-Kohlenstoffsenken-Lösung nicht umgesetzt worden wäre.

Unsere Analyse zeigt, dass die Biomasse, die wir für die Pflanzenkohleproduktion verwenden, in einem alternativen Szenario keine langfristigen Kohlenstoffsenken geschaffen hätte. So würden die von uns verwendeten Holzspäne in der Regel zur Energiegewinnung verbrannt werden, wodurch das gespeicherte Kohlendioxid direkt in die Atmosphäre gelangen würde.

Darüber hinaus haben wir sichergestellt, dass unsere Beschaffung von Biomasse-Rohstoffen den Sicherheitsmaßnahmen entspricht, die in Kapitel 5.3 des Global Biochar C-Sink Standard beschrieben sind. Dazu gehört die Verwendung von nachhaltig beschafften Rohstoffen, die natürliche Kohlenstoffsenken nicht zerstören oder abbauen. Durch die Einhaltung dieser Standards können wir die zusätzliche Schaffung von Kohlenstoffsenken im Vergleich zum Basisszenario, bei dem keine langfristige Kohlenstoffbindung stattgefunden hätte, nachweisen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unser Projekt durch die sorgfältige Auswahl und Verarbeitung von Biomasse-Rohstoffen nicht nur eine zusätzliche Kohlenstoffbindung erreicht, sondern auch einen Beitrag zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse leistet.

2. Ex-ante-Schätzung der Auswirkungen

Die Schätzungen beruhen auf der Trockenmasse der Biomasse und der daraus resultierenden Pflanzenkohle. Das C-Senken-Potenzial wird berechnet als die erwarteten Mengen an Pflanzenkohle multipliziert mit dem erwarteten Kohlenstoffgehalt.

Die ermittelten temporären C-Senken werden auf der Grundlage der Summe des SPC-Anteils (25 %) der für die Bodenausbringung verwendeten Pflanzenkohle und der Menge der verwendeten Materialien (bzw. der Lebensdauer der Pflanzenkohle) geschätzt.

Produkte, auf die die Pflanzenkohle aufgebracht wird (z. B. Konsumgüter).

Die etablierten permanenten C-Senken werden auf der Grundlage des PAC-Anteils der Pflanzenkohle (75 %) geschätzt, wenn die Pflanzenkohle auf Böden mit einem H/C-Verhältnis unter 0,4 aufgebracht wird.

Die Ex-ante-Schätzung basiert auf den folgenden Werten:

Ausbeutefaktor (Ausgangsmaterial zu Pflanzenkohle) : 29 % t Pflanzenkohle (DM)/t Ausgangsmaterial

(DM) C-Gehalt der Pflanzenkohle: 91 % (basierend auf einer vorläufigen Analyse)

Jahr der Tätigkeit	Menge des Ausgangsmaterials (t DM)	Menge der Pflanzenkohle (t DM)	C-Senken-Potenzial ($_{tCO2eq}$)	Vorläufige C-Senken ($_{tCO2eq}$)	Niedergelassener ständiger C-Senken ($_{tCO2eq}$)
1	1800	545	1100	275	825
2	2800	830	2240	560	1680
3	3000	850	2200	550	1650
4	3000	850	2200	550	1650
5	3000	850	2200	550	1650
Summe	13600	3925	9940	2485	7455

3. Technologie und Wirtschaft Fälle

3.1. Produktion Einheit

Pflanzenkohle wird mit Hilfe der Pyrolyse-Technologie hergestellt. Unter Pyrolyse versteht man die thermo-chemische Zersetzung des Ausgangsmaterials unter Ausschluss von Sauerstoff.

Durch die Umwandlung von nachhaltiger Biomasse in Pflanzenkohle durch Pyrolyse wird ein langfristiger Kohlenstoffspeicher geschaffen. Am Werkstor der Produktionsanlage stellt die Pflanzenkohle ein C-Senken-Potenzial dar (C-Senken-Potenzial). Sie könnte noch verbrannt werden. Durch Sicherheitsmaßnahmen, wie die Vermarktung und Kennzeichnung der Pflanzenkohle mit dem Ziel, eine C-Senke zu werden, und die Überwachung aller Vertriebswege in einem digitalen Mess-, Berichts- und Verifizierungstool (dMRV), wird bestmöglich sichergestellt, dass die Pflanzenkohle zur Bildung einer C-Senke verwendet wird. C-Senken-Zertifikate werden nur für die Teile der PC ausgestellt, die nachweislich in eine Matrix eingebracht worden sind. Ohne das Projekt würde keine C-Senke entstehen, da nicht-pyrolytische Biomasse keine dauerhafte Kohlenstoffspeicherung gewährleistet.

Die produzierte Pflanzenkohle ist nach dem EBC Agro Bio zertifiziert, was garantiert, dass der Biomasse-Rohstoff nachhaltig beschafft und produziert wird, dass die Pflanzenkohle die analytischen Grenzwerte einhält, so dass die Umwelt nicht geschädigt wird, dass die Emissionsgrenzwerte der Pyrolyseanlage eingehalten werden und dass die Lagerung umweltgerecht erfolgt.

Die Herstellung von Pflanzenkohle erfolgt nach dem EBC-Standard, der dies gewährleistet:

- Einhaltung der Gesetze zur Luftreinhaltung
- Minimierung der Risiken für die menschliche Gesundheit sowie der sozialen und ökologischen Auswirkungen
- Energie- und Kohlenstoffeffizienz
- Nachhaltige Herkunft des Rohstoffs

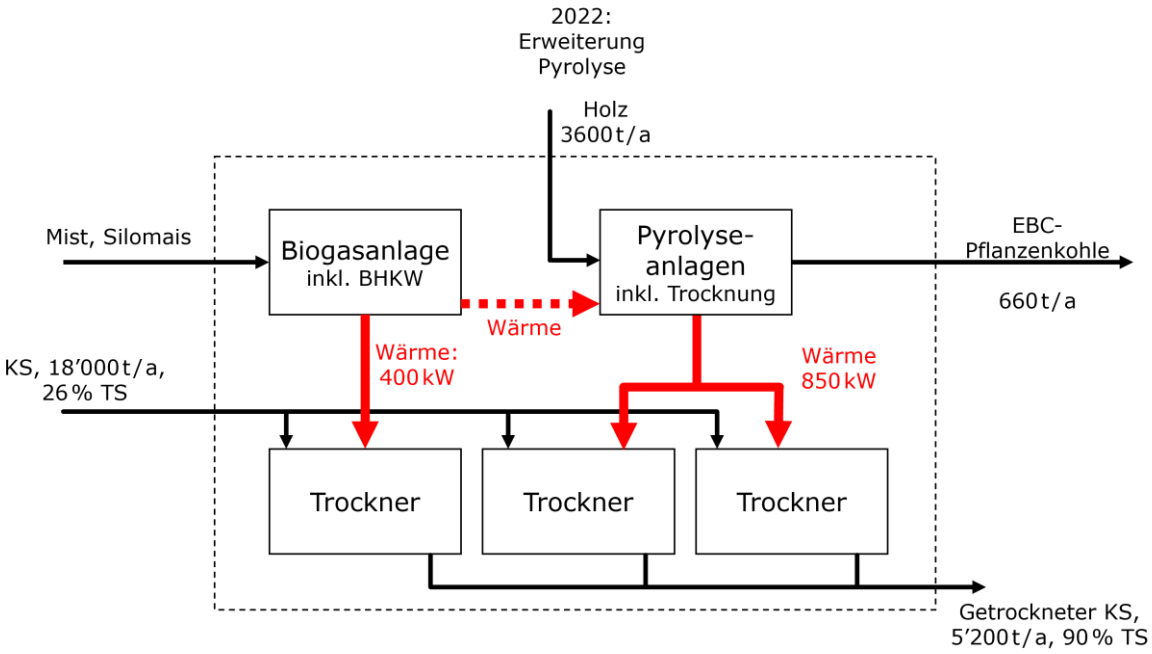
Typ der Pyrolyseeinheit T:CRACKER_DH

Geplante Betriebsstunden pro Jahr und Einheit: 8000 h Geplanter

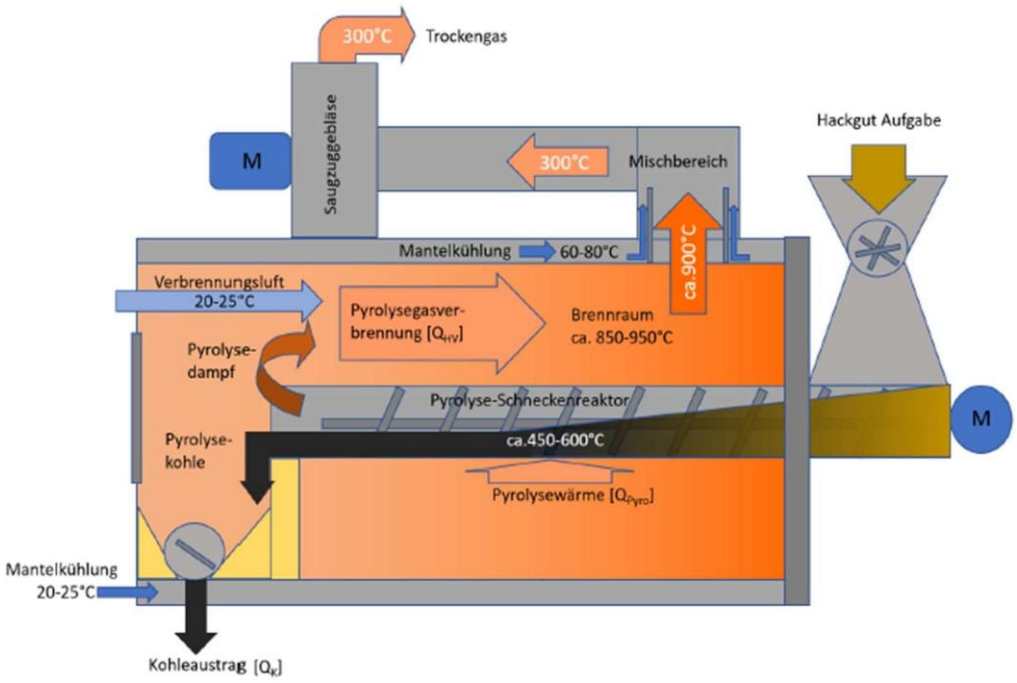
Einsatzstoffverbrauch beide Einheiten: 1600 t Nominale

Pflanzenkohleproduktion beide Einheiten: 550 t

Konzept für die energetische Verwertung von Abfällen:



Durch den Einsatz der beiden Pyrolyseanlagen ab Ende 2022 kann eine Leistung von 850 kW zur Trocknung des Klärschlamms bereitgestellt werden. Vor der Installation der Pyrolysereaktoren musste diese Wärme durch Flüssiggas und das BHKW der Biogasanlage gedeckt werden, um die gleiche Menge an Klärschlamm zu trocknen (siehe Abbildung 4).



Eine Alternative zur Trocknung des Klärschlamms ist die direkte Verwertung des Klärschlamms durch direkte Ausbringung oder Kompostierung. Diese Verwendung wird jedoch in Deutschland und Österreich bis zum Ende dieses Jahrzehnts verboten sein.

Neben der Problematik der Ausbringung von Schadstoffen wie Mikroplastik, Medikamentenrückständen etc. ist die stoffliche Klärschlammverwertung auch aufgrund der Methanemissionen als klimaschädlichere Alternative einzustufen. Würden jährlich 18'000 t Klärschlamm (26 % TM) auf den Acker aufgebracht, sind nach der Berechnungsmethode des österreichischen Umweltbundesamtes. Dieses enorme THG-Emissionspotenzial ist somit ein weiterer wichtiger Punkt, warum Klärschlämme einer sofortigen thermischen Verwertung zugeführt werden sollten.

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen aus der Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Flächen

Menge des Klärschlamms, 26% DM	18'000	t / a
Menge des Klärschlamms, umgerechnet auf 34% DM	13'765	t /a
Methanbildung aus Klärschlamm (34% TM) [3]	69.05	m^3/ t
Dichte Methan	0.717	kg / m^3
Methanemissionen nach der Einleitung von Klärschlamm	681	t $_{CH4}$ / a

Treibhausgasemissionen nach der Einleitung von Klärschlamm Erderwärmungspotenzial ($_{GWP100}$): 28 CO2e / $_{CH4}$	**19'081**	**t CO2e / a**

Ohne den Einsatz der Pyrolyseanlagen im ÖKT hätte die entsprechende Wärmeleistung zur Trocknung von 850 kW durch die Verbrennung von Flüssiggas erbracht werden müssen. Hier ist zu erwähnen, dass der Einsatz einer Biomasse-Verbrennungsanlage nicht in Frage kam, da keine weitere Wertschöpfung mehr erzielt werden konnte. Wie in diesem Papier erläutert, zeichnet sich die Pyrolyse hingegen durch die Nutzung lokaler Synergien mit Biogasanlagen und der Landwirtschaft aus. Die Pyrolyse trägt zu den Umweltzielen Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft bei.

Wird für den Emissionsfaktor für die Verbrennung von Flüssiggas der Wert aus dem IPCC-Bericht verwendet, errechnet sich eine Treibhausgasemission von **1'584 t CO2e pro Jahr**. Eine entsprechend hohe Treibhausgasreduktion wird also durch den Ersatz des Flüssiggases durch klimaneutrale Energie aus der Pyrolyseanlage erreicht. Die Annahmen, die der Berechnung zugrunde liegen, sind im Anhang aufgeführt.

Tabelle 2: THG-Emissionen aus der Bereitstellung von Wärme durch Flüssiggas

Wärmeleistung der Pyrolyseanlagen	850	kW
Jährliche Wärmeerzeugung durch Pyrolyse = Jährlich eingesparte fossile Wärme	26'806 GJ / a	
Treibhausgasemissionen bei der Deckung des Wärmebedarfs durch Flüssiggas [1].	**1'584**	**t CO2e / a**

Außerdem verringert sich durch die Trocknung das Gewicht des Klärschlamms, was wiederum die Emissionen beim Klärschlammtransport reduziert. Für das folgende Rechenbeispiel werden 50 km angenommen (Emissionen aus dem LKW-Transport: Emissionsdaten des Umweltbundesamtes). Zusammen mit den Eingangswerten des ÖKT ergibt sich eine Emissionsminderung von **75 t $_{CO2e}$ pro Jahr**. Obwohl diese Reduktion vernachlässigbar ist, sollte die Alternative mit den geringeren Transportemissionen bevorzugt werden.

Tabelle 3: Einsparung von Treibhausgasemissionen beim Klärschlammtransport durch Trocknung

Menge des anfallenden nicht entwässerten Klärschlamms	18'000	t / a
Transportemissionen von Klärschlamm	106	$_{tCO2e}$ / a
Getrockneter Klärschlamm aus der ÖKT-Anlage	5'200	T / a
Transportemissionen von getrocknetem Klärschlamm	31	$_{tCO2e}$ / a
Eingesparte Verkehrsemissionen	**75**	**t CO2e / a**

Nach den EBC-Richtlinien müssen 70 % des Pyrolysegases stofflich oder energetisch verwertet werden. Mit der Abwärmenutzung der recycelten Gase wird diese Forderung sichergestellt.

3.2 Ausgangsstoff

Alle verwendeten Ausgangsstoffe entsprechen der EBC-Positivliste.

Für die Herstellung von Pflanzenkohle als C-Senke sind nur C-neutrale Biomasse-Einsatzstoffe zugelassen. Pflanzenkohle aus Biomasse, deren Ernte zur Zerstörung oder Erschöpfung einer natürlichen C-Senke geführt hat (z.B. Kahlschlag eines Waldes) oder zum Verschwinden einer bestehenden Senke beigetragen hat (z.B. unsachgemäße landwirtschaftliche Praktiken auf Moorböden), erbringt keine positive Klimadienstleistung und darf nicht für die Zertifizierung des C-Senken-Potenzials verwendet werden.
Es muss jedoch sichergestellt werden, dass die Beseitigung von Ernterückständen nicht zu einer Verringerung der organischen Kohlenstoffvorräte im Boden führt.
Im Rahmen des Projekts werden die folgenden Rohstoffe verwendet, die die Nachhaltigkeitskriterien erfüllen:

Hackschnitzel

Herkunft der Ausgangsstoffe:

Der Rohstoff wird von Landwirten aus der Region geliefert. Er stammt von PEFC-zertifizierten Lieferanten. Damit wird sichergestellt, dass alle Lieferanten eine nachhaltige Forstwirtschaft betreiben.

Ein Teil des Rohmaterials wird auch von Sägewerken geliefert, die diese Sägereststoffe als Abfallprodukt erzeugen

Die oben genannten Ausgangsstoffe entsprechen den allgemeinen Rohstoffklassen:

☐ (1) Biomasse aus einjährigem Anbau
☐ (2) Biomasse aus mehrjährigem und mehrjährigem Anbau einschließlich Kurzumtriebsplantagen
☒ (3) Forstliche Biomasse
☒ (4) Holz aus Landschaftspflege, Agroforstwirtschaft, Waldgärten, Feldrändern und städtischen Gebieten
☒ (5) Holzverarbeitungsabfälle und Holzabfälle
☐ (6) Organische Rückstände aus der Biomasseverarbeitung
☐ (7) Siedlungsabfälle und Gärreste aus Siedlungsabfällen
☐ (8) Gülle und landwirtschaftliche Gärreste
☐ (9) Biofeststoffe und Gärrückstände aus biologischen Abfällen
☐ (10) Sonstige biogene Rückstände

Um Methanemissionen bei der Lagerung von Biomasse zu vermeiden, sollten die folgenden Grundsätze beachtet werden:

- Holz und andere Biomasse sollte nur wenige Tage und höchstens vier Wochen vor der Pyrolyse gehäckselt werden. Die Lagerung von Holzstämmen wird hinsichtlich der Methanemissionen als unproblematisch angesehen; grobes Holz (dünnere Stämme, Äste, Schnittgut usw.) sollte möglichst luftig gelagert und nicht mit Grünschnitt vermischt werden.
- Wenn eine zeitnahe Zerkleinerung nicht möglich ist, sollten die Hackschnitzel oder die Biomasse so schnell wie möglich getrocknet werden, z. B. mit der überschüssigen Wärme aus der Pyrolyse, und mit maximal 20 % trocken gelagert werden.
  Restfeuchte. Wenn die Biomasse ausreichend trocken ist, findet kein biologischer Abbau statt oder er wird erheblich verlangsamt.
- Alternativ können die Hackschnitzel oder die Biomassen in kleinen, gut belüfteten Behältern wie Gitterboxen (max. 2 m3) gelagert werden. Durch eine ausreichende Belüftung kann ein anaerober Abbau und damit Methanemissionen verhindert werden.

Kann die Einhaltung dieser Grundsätze nicht gewährleistet werden, werden die tatsächliche Praxis und die Parameter gemäß dem Überwachungsplan dokumentiert.

3.2. Leckagen durch Aktivitätsverlagerungen außerhalb der Projektgrenzen

Der Global C-Sink Standard verbietet den nicht nachhaltigen Anbau von Biomasse, Landnutzungsänderungen und die Verarmung des organischen Kohlenstoffs im Boden - so wird eine Verlagerung im Sinne eines Kohlenstoffverbrauchs außerhalb der Projektgrenzen weitestgehend vermieden. In bestimmten Konstellationen, z.B. wenn die Menge der pyrolysierten Biomasse signifikant ist, kann es

jedoch zu Aktivitätsverlagerungen oder Marktveränderungen kommen. Die Emissionen, die sich aus Tätigkeitsverlagerungen und Markttransformationen in der C-Senken-Tätigkeit ergeben, müssen in das Emissionsportfolio des Produzenten einbezogen werden.

Im Jahr 2023 betrug die jährliche Holzernte in Deutschland 70,6 Millionen Kubikmeter. Es wird geschätzt, dass ein erheblicher Teil dieser Ernte zu Holzhackschnitzeln verarbeitet wird, wobei die Produktion im ersten Quartal 2022 bei 1,30 Millionen Tonnen liegen wird.[3]Der nationale Verbrauch von Holzhackschnitzeln zur Wärmeerzeugung wird auf 5 bis 7 Millionen Tonnen pro Jahr geschätzt. Für den regionalen Hackschnitzelmarkt in Mittelfranken (Bayern) liegen weniger genaue Daten vor, eine Schätzung auf Basis des Waldflächenanteils könnte jedoch bei rund 68.000 Tonnen pro Jahr liegen. Die ÖKT Offenhausen GmbH verbraucht jährlich 3000 Tonnen Trockenmasse (DM) an Hackschnitzeln. Berechnungen zeigen, dass der Anteil dieses Verbrauchs am nationalen Markt sehr gering ist (0,043% bis 0,06%), während der Anteil am regionalen Markt in Mittelfranken auf etwa 4,4% geschätzt wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Hackschnitzelverbrauch der ÖKT Offenhausen GmbH auf nationaler Ebene unbedeutend ist.

3.3. Vertriebskanäle für Pflanzenkohle

Die folgenden Anwendungen sind für dieses Projekt möglich. Die produzierte Pflanzenkohle muss bis zu ihrem endgültigen Verbleib durch ein anerkanntes dMRV-System verfolgt werden.

- Geologische C-Senke (auf Boden oder Betonbaustoffe aufgebrachte Pflanzenkohle)
- Vorübergehende C-Senke (in Materialien verwendete Pflanzenkohle)
- Vorübergehende Lagerung von Pflanzenkohle

3.4. Geplante Geschäftsentwicklung

Derzeit sind keine größeren Änderungen bei der Verwendung von Rohstoffen, bei den Vertriebskanälen oder eine Vergrößerung geplant. Wir konzentrieren uns auf die Optimierung bestehender Prozesse und die Maximierung der Effizienz unserer derzeitigen Tätigkeiten. Unser Ziel ist es, die Nachhaltigkeit und Effektivität unserer Pflanzenkohleproduktion und -anwendung weiterhin zu gewährleisten, ohne dass wir langfristig wesentliche Erweiterungen oder Änderungen vornehmen müssen. Außerdem ist geplant, das Unternehmen um ein mit Pyrolyse betriebenes Heizkraftwerk zu erweitern, das ein Nahwärmenetz für die umliegenden Dörfer versorgen soll.

4. Bestimmung des C-Sink-Potenzials

4.1. Überwachung plan

Alle Daten, die zur Berechnung des C-Senkenpotenzials benötigt werden, werden in ein dMRV-System eingegeben. Das dMRV-System wird entweder von Carbon Standards oder von einem externen MRV-Systemanbieter bereitgestellt. Externe MRV-Systeme und -Tools müssen jährlich von Carbon Standards bestätigt werden. Die Daten werden wie unten beschrieben überwacht. Jede Verpackungseinheit, die mehr als 1 t CO2e Pflanzenkohle enthält, muss mit einem einscannbaren Identifizierungscode gekennzeichnet werden, der vom dMRV-System für Pflanzenkohle bereitgestellt wird und die folgenden Informationen enthält:

- Chargen-ID
- Pflanzenkohle-Analysen
- Datum der Herstellung
- Jahr der CO2-Entfernung
- Eigentümer von C-Senkenmaterial
- Abfahrtsort (GPS) für alle Arten von Transporten> 1 km.
- Pflanzenkohle C-Gehalt
- Link zum Emissionsportfolio

Verpackungseinheiten, die kleiner als 1 m^{3}Pflanzenkohle sind, können zu einer größeren Einheit zusammengefasst werden (z. B. 20 Säcke à 50 l, die auf einer Palette verpackt sind), wobei die größere Einheit mit dem einscannbaren Identifizierungscode gekennzeichnet wird, sofern alle kleineren Einheiten denselben Bestimmungsort haben.

4.1.1. Allgemeine Daten

Die folgenden allgemeinen Daten werden überwacht:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Startdatum der Charge	pro Charge	Interne Dokumentation
Enddatum der Charge	pro Charge	Interne Dokumentation
H/Corg-Verhältnis	pro Charge	Laborbericht (von Laboratorien, die von Carbon Standards anerkannt sind, siehe https://www.carbon-standards.com/de/standards/service-492~production-of-Pflanzenkohle.html?open=10796)
C-Gehalt der Pflanzenkohle	pro Charge	Laborbericht (von Laboratorien, die von Carbon Standards anerkannt sind, siehe https://www.carbon-standards.com/de/standards/service-492~production-of-Pflanzenkohle.html?open=10796)
M_Pflanzenkohle (DM)	Pro Charge	Protokolle zur Dokumentation der Probenahme.

(Gesamte Pflanzenkohleproduktion der Charge (erwartet) in t Trockenmasse)		Das Trockengewicht und der Gesamtkohlenstoffgehalt pro Big Bag werden durch Trocknen einer Pflanzenkohleprobe von 10 m^3nach den im Global Biochar C-Sink Standard beschriebenen Methoden ermittelt, Kapitel 9.2.
Pflanzenkohle-Produktion (DM)	kontinuierlich	Wiegen der produzierten Big Bags und aufgezeichnet in der Cula-Plattform
Plan zur Verringerung der fossilen Treibhausgasemissionen der Pflanzenkohleproduktion auf weniger als 100 g $_{CO2eq}$ pro Tonne Pflanzenkohle bis 2030 und auf weniger als 20 g CO2eq pro Tonne Pflanzenkohle bis 2035	Der Plan zur Verringerung der fossilen Emissionen muss jährlich aktualisiert werden und einen kurzen Fortschrittsbericht enthalten.	Interne Dokumentation

Die folgenden allgemeinen Umrechnungskurse werden im Voraus festgelegt:

Parameter	Ex-ante-Definition; Wert	Quelle der Daten
CO2-Emissionen von Diesel	2,7 kg CO2eq / l Diesel	Methodik, Juhrich, 2016
CO2-Emissionen von Schweröl	65 t CO2eq / TJ	Methodik, Juhrich, 2016

4.1.2. Emissionen aus fossilen Brennstoffen

4.1.2.1. Ausgangsstoff

Für das Ausgangsmaterial werden die folgenden Parameter überwacht:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Art des Rohstoffs (mit ID von EBC-Positivliste)	kontinuierlich	Kaufbelege und EBC Positivliste
Durchschnittlicher Wassergehalt von Ausgangsmaterial bei Lieferung	pro Charge	Dokumentation über Cula-Plattform
Menge des Ausgangsmaterials (DM) für die letzte Charge verarbeitet	pro Charge	Cula-Plattform
Gesamtmenge des Ausgangsmaterials (trocken Stoff) für die Charge verwendet	pro Charge	Cula-Plattform
Jahr des Umzugs, bestimmt als gemäß der folgenden Tabelle	für jede Futtermittellieferung	NICHT RELEVANT
Menge der verwendeten Düngemittel als gemäß der folgenden Tabelle in kg N	für jede Futtermittellieferung	NICHT RELEVANT
Die Fläche, auf der Pestizide eingesetzt wurden, ist in der folgenden Tabelle aufgeführt in ha	für jede Futtermittellieferung	NICHT RELEVANT

Menge des Einsatzes von Brennstoffen für Anbau und Ernte	pro Charge	NICHT RELEVANT
Menge an Diesel, die für Aufbereitung von Rohstoffen	kontinuierlich	Kaufbelege
Strommenge, die für Aufbereitung von Rohstoffen	kontinuierlich	Stromzähler
CO_2eq des für die Pyrolyseanlage verwendeten Stroms in g CO_2eq/kWh		0,0 kg CO2eq durch die Versorgung mit eigenem Ökostrom aus die Biogasanlage
Wie trocknet man den Rohstoff?	Kontinuierlich	Erklärung
Menge des zur Trocknung eingesetzten Brennstoffäquivalents pro Tonne (DM) von Ausgangsmaterial?	kontinuierlich	NICHT RELEVANT
Menge der zur Trocknung eingesetzten elektrischen Energie pro Tonne (DM) Ausgangsmaterial	kontinuierlich	NICHT RELEVANT
Menge der zur Trocknung eingesetzten Wärmeenergie pro Tonne (DM) Ausgangsmaterial	kontinuierlich	Betriebsaufzeichnungen

Für die Bestimmung des Jahres der CO2-Entfernung und der Menge an Düngemitteln und Pestiziden gelten die folgenden Anforderungen:

	Bestimmung des Jahres der CO2-Entfernung	Bestimmung der Düngemittelmenge und Pestizide
(1) Biomasse aus einjährigem Anbau	Der Zeitpunkt der CO2-Entnahme, der an das Global C-Sink Registry gemeldet werden muss, ist das Jahr der Ernte.	Wurde die Biomasse absichtlich zur Herstellung von Pflanzenkohle angebaut, d. h. war sie die einzige oder wichtigste Produkt dieses Feldes müssen die Kohlenstoffausgaben für Düngung und Pestizide berücksichtigt werden.
(2) Biomasse aus mehrjährig und mehrjähriger Anbau einschließlich kurzer Rotationsplantagen	Wenn mehrjährige oder Dauerkulturen werden jährlich geerntet, um die Ausgangsmaterial für die Herstellung von Pflanzenkohle, gibt es keinen Unterschied im Vergleich zu die Bilanzierung von Biomasse aus einjährige Kulturen (d.h. N-Dünger sind jährlich bilanziert, die Zeit der CO_2 Entfernung ist das Jahr der Ernte).	Bei mehrjährigen oder Dauerkulturen sind jährlich geerntet werden, um die Ausgangsmaterial für die Herstellung von Pflanzenkohle, Es gibt keinen Unterschied zu den Berücksichtigung der Biomasse aus jährlichen Kulturen (d.h. N-Dünger wird angerechnet) jährlich, die Zeit der CO2-Entfernung ist das Jahr der Ernte).

	Wenn die Biomasse nur jedes zweite, fünfte oder zwanzigste Jahr geerntet wird, ist der Zeitpunkt der $_{CO2}$ Die Abwanderung muss für jedes einzelne Jahr des Wachstums verfolgt und entsprechend in das globale C-Sink-Register eingetragen werden.	Wenn die Biomasse nur jedes zweite, fünfte oder zwanzigste Jahr geerntet wird, sind die Kohlenstoffausgaben für Düngemittel und Brennstoffe müssen für die gesamte Wachstumsperiode berücksichtigt werden.
(3) Forstliche Biomasse	Wird der Aufwuchs des letzten Jahres geerntet und pyrolysiert, wird der Entnahmezeitpunkt auf das Jahr der Ernte gesetzt. Wird der Aufwuchs mehrerer Jahre geerntet, muss der Entnahmezeitpunkt anteilig auf die Aufwuchsjahre verteilt und entsprechend in das Global C-Sink Registry eingetragen werden, wie im Global Baum C-Senke Standard.	Es wird davon ausgegangen, dass im Wald keine Düngung stattfindet.
(4) Holz aus Landschaft, Naturschutz, Agroforstwirtschaft, Wald, Gärten, Feldränder und städtischen Bereich	Für Schnitt- und Landschaftsbaumaterial wird als Zeitpunkt der CO_2 – Entfernung das Jahr des Schnittes angenommen.	Wenn Bäume oder Hecken auf landwirtschaftlichen Flächen beschnitten oder gestutzt, aber nicht gefällt werden und somit aus ihren Wurzeln wieder nachwachsen, gilt die Biomasse als C-neutral. Biomasse aus dem Naturschutz, der Landschaftspflege, einschließlich der Beseitigung von Katastrophenschäden und Straßenbegleitgrün, sowie aus städtischen Gebieten gilt ebenfalls als C-neutral. Bäume aus Waldgärten, Obstgärten, Baumreihen und Hecken für den Ackerbau oft Jahrzehnte alt. Sie müssen so bewirtschaftet werden, dass die Menge an Holz, die pro Flächeneinheit entfernt wird, nicht die Menge des durchschnittlichen jährlichen Nachwachsens
(5) Holzverarbeitungsabfälle und Abfälle Holzwerkstoffe	Der Zeitpunkt der CO2-Entfernung wird auf das Jahr der Pyrolyse festgelegt.	als C-neutral betrachtet
(6) Organische Reststoffe aus Biomasse Verarbeitung	Der Zeitpunkt der CO2-Entfernung wird auf das Jahr der Pyrolyse festgelegt.	als C-neutral betrachtet
(7) Siedlungsabfälle und Siedlungsabfälle Gärreste	Der Zeitpunkt der CO2-Entfernung wird auf das Jahr der Pyrolyse festgelegt.	Organische Abfälle werden als C-neutral betrachtet, für andere Abfälle wird eine Radiokohlenstoffanalyse durchgeführt. einer repräsentativen Stichprobe erforderlich ist.
(8) Gülle und landwirtschaftliche Gärreste	Der Zeitpunkt der CO2-Entfernung wird auf das Jahr der Pyrolyse festgelegt.	als C-neutral betrachtet

(9) Klärschlämme und Biofeststoff-Gärrückstände	Der Zeitpunkt der CO2-Entfernung wird auf das Jahr der Pyrolyse festgelegt.	als C-neutral betrachtet
(10) Sonstige biogene Rückstände	Der Zeitpunkt der Entnahme ist in der Regel das Jahr der Pyrolyse, was jedoch bei der Zertifizierung überprüft wird. Verfahren.	als C-neutral betrachtet

Bei der Nutzung von Waldbiomasse gelten ebenfalls die folgenden Kriterien:
Wenn die Klimaneutralität eines Waldes nicht durch die offiziellen LULUCF-Berichte des jeweiligen Landes oder durch regionale Gesetzgebung gewährleistet ist, kann der Nachweis auch durch die Zertifizierungen *des Program for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC) oder des *Forest Stewardship Council* (FSC) und die Global Tree C-Sink-Zertifizierung erbracht werden (vgl. Kap. 5.4). Alternativ könnte die Kohlenstoffbilanz des Waldes durch eine ISO16064-akkreditierte Bewertung der CO2-Flüsse der letzten 20 Jahre überprüft werden.

Die Lieferanten, die den ÖKT beliefern, sind alle PEFC-zertifiziert.

Die folgenden allgemeinen Umrechnungskurse werden im Voraus festgelegt:

Parameter	**Ex-ante-Definition; Wert**	**Quelle der Daten**
CO2-Emissionen aus Stickstoffdünger	1 t CO2eq / 100 kg N	Methodik, Zhang et al., 2013
CO2-Emissionen aus Pestiziden	94 kg CO2eq pro Hektar	Methodik, Audsley et al, 2009

4.1.2.2. Pyrolyse

Bei der Pyrolyse werden die folgenden Parameter überwacht:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
Elektrizitätsverbrauch des Pyrolyseurs für die gesamte Charge (in kWh)	pro Charge	Analytik in der Cula-Plattform
Quelle von elektrischer Energie für das Pyrolyseanlage	pro Charge	Eigene Produktion aus Biogas-Anlage

CO_2eq-Fußabdruck des für die Pyrolyseanlage verwendeten Stroms in g CO_2eq/kWh	pro Charge	NICHT RELEVANT
Energiequelle zum Vorheizen der Pyrolyse-Reaktor	pro Charge	LPG-Gas
Menge des Kraftstoffs, der verwendet wird, um Vorheizen des Pyrolysereaktors in t pro Charge	pro Charge	Interne Dokumentation
CO_2eq des Kraftstoffs, der für die Pyrolyseanlage pro t	pro Charge	Rechnungen für den Einkauf von Fossilien Brennstoffe

Wird entsprechend der in 1.4 definierten Projektgrenzen der Pro-Rata-Ansatz angewandt, werden die folgenden Parameter zusätzlich überwacht:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
Niedrigerer Heizwert (LHV) von Rohstoffen und Produkten (Pflanzenkohle, _nicht-Pflanzenkohle_fest, Flüssigkeit, Gas)	pro Charge	EBC/WBC-Zertifizierungsmuster
Trockenmassen von Rohstoffen und Produkten (Pflanzenkohle, _non-biochar_fest, flüssig, gasförmig)	pro Charge	Cula-Plattform und internes Excel-Tabellenblatt
Erzeugte Strommenge pro Charge	pro Charge	NICHT RELEVANT

4.1.2.3. Nach der Behandlung

Bei der Nachbehandlung der Pflanzenkohle werden die folgenden Parameter überwacht:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
Menge des für die Nachbehandlung der Pflanzenkohle verbrauchten Diesels	pro Charge	Keine nachträgliche Behandlung
Für die Nachbehandlung von Pflanzenkohle verbrauchte Strommenge	pro Charge	Keine nachträgliche Behandlung

4.1.2.4. Kompensation von fossilen Emissionen

Alle fossilen CO2-Emissionen sowie die N2O-Emissionen aus der Biomassedüngung müssen durch langfristige Kohlenstoffsenken ausgeglichen werden, bevor die Registrierung einer Pflanzenkohle-C-Senke im Globalen C-Senken-Register verifiziert werden kann. Der CO2-Ausgleich darf nur mit geologischen C-Senken erfolgen, wie z. B. dem persistenten aromatischen Kohlenstoff (PAC) aus im Boden ausgebrachter Pflanzenkohle, die im globalen C-Senken-Register registriert sind.

Die Emissionskompensationen können mit der registrierten permanenten Pflanzenkohle-C-Senke, deren Produktion die Emissionen verursacht hat, realisiert werden.

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Nachweis der Entschädigung	jährlich	Emissionsportfolio

4.1.3. Methan Emissionen

4.1.3.1. Lagerung von Biomasse

Bei der Lagerung von Biomasse können Methanemissionen entstehen, die in die Berechnung des C-Senkenpotenzials einbezogen werden müssen. Aus diesem Grund muss die Lagerdauer überwacht werden. Dabei wird nicht nur die Lagerung auf dem Gelände der Pyrolyseanlage berücksichtigt, sondern die gesamte Lagerdauer der Biomasse, sei es am Ernteort oder am Standort eines Biomasseverarbeiters oder -händlers.

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
$\#months\ of\ storage$	kontinuierlich	Betriebsaufzeichnungen
A) Ist die Speicherdauer geringer als im Monat?	kontinuierlich	Betriebsaufzeichnungen
B) Ist die Biomasse gut gelagert belüftet?	Wenn die Antwort auf A) lautet keine	Betriebsaufzeichnungen
C) Liegt der Feuchtigkeitsgehalt unter 20%?	Wann immer die Antwort auf A) und B) ist keine	Betriebsaufzeichnungen
Kerntemperatur der Biomasse für alle Standorte, an denen die Biomasse länger als ein Monat	jährlich	Messung während der Inspektion vor Ort

Auswirkungen der überwachten Parameter:

Wenn mindestens einer der Punkte A) bis C) mit Ja beantwortet wird: Die Methanemissionen sind vernachlässigbar.

Wenn alle Punkte A) bis C) mit nein beantwortet werden oder bei der Inspektion vor Ort Temperaturen von mehr als 5°C über der Umgebungstemperatur gemessen werden: Die Methanemissionen werden in die Berechnung des C-Senkenpotenzials einbezogen.

4.1.3.2. Pyrolyse

Während der Pyrolyse werden die Pyrolysegase in der Regel in einer entsprechend ausgelegten Brennkammer oxidiert. Die gasförmigen Verbrennungsprodukte durchlaufen in der Regel eine Filterstufe und werden dann hauptsächlich als CO_2 emittiert. Wenn der Pyrolyseprozess gut eingestellt und die Verbrennungskammer richtig ausgelegt ist, können die Nicht-CO2-THG und andere Schadstoffe im Abgas auf einem sehr niedrigen Niveau gehalten werden. Allerdings sind CH_4, NOx, CO und Feinstaub (PM) wie bei allen Verbrennungsprozessen nie ganz auszuschließen und müssen kontrolliert werden. Im Hinblick auf die Nettoauswirkungen auf das Klima ist es besonders wichtig, die Methanemissionen zu messen. CO, NOx, SOx und Feinstaub sind ebenfalls schädlich für die Umwelt, haben aber laut IPCC keinen eindeutigen Treibhauseffekt (IPCC, 2013) und werden daher nicht im Emissionsportfolio berücksichtigt, während CH4 einbezogen wird.
Die Messung von Methanemissionen unter 5 ppm ist technisch komplex. Eine kontinuierliche Messung über ein ganzes Produktionsjahr ist mit der derzeit verfügbaren Technologie nicht möglich. Daher sind entweder mindestens zwei CH4-Emissionsprüfungen pro Pyrolyseeinheit mit demselben Ausgangsmaterial erforderlich, die den typischen Betrieb der Einheit repräsentieren, oder die Pyrolyseeinheit muss über eine Systemzertifizierung nach EBC oder WBC verfügen.

Die durchschnittliche Methanemission eines Anlagentyps wird dann als Mittelwert plus eine Standardabweichung festgelegt. Liegt eine Emissionsmessung für Methan oder CxHx unterhalb der Messgenauigkeit der Geräte, wird die Bestimmungsgrenze (LOQ) verwendet. Die bewerteten Methanemissionen sind somit höher als der berechnete Mittelwert und bieten eine ausreichend hohe Sicherheitsmarge, um mögliche Emissionsspitzen, z. B. beim An- und Abfahren des Betriebs, abzudecken.

☐	Standard: Die im Projekt verwendete Pyrolyseeinheit hat eine Systemzertifizierung, siehe Systemzertifizierung.

Dementsprechend ist die Ex-ante-Definition des folgenden Parameters :

Parameter	**Ex-ante-Definition; Wert**	**Quelle der Daten**
$[CH4_Emissionen_Pyrolyse]$	0,0 kg CH4/t TM Rohmaterial	Systemzertifizierung

☒	Die im Projekt eingesetzte Pyrolyseeinheit hat keine Systemzertifizierung. Eine detaillierte Messstrategie mit genauen Angaben zur Messtechnik, zu den Messintervallen und zur Messung der CH4-Emissionen wird bei Carbon Standards eingereicht und genehmigt. Der Methanemissionsfaktor der Pyrolyseanlage wird als Mittelwert der beiden Messungen plus eine Standardabweichung als Sicherheitsmarge berechnet. Die Messstrategie wird derzeit entwickelt und mit Carbon Standard International umgesetzt.

Dementsprechend wird der folgende Parameter einmal im ersten Überwachungszeitraum überwacht:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
$[CH4_Emissionen_Pyrolyse]$ in kg $_{CH4/t}$ TM Rohmaterial	Mindestens 2 Messungen während erster Überwachungszeitraum	Messungen

4.1.3.3. Kompensation von CH4-Emissionen

Die Methankompensation ist definiert als die Schaffung einer Kohlenstoffsenke für 20 Jahre, die eine klimakühlende Wirkung hat, die der klimawärmenden Wirkung einer Methanemission über 100 Jahre nach deren Auftreten entspricht. Somit muss die gesamte Klimaerwärmung einer Methanemission innerhalb von 20 Jahren nach der ursprünglichen Emission kompensiert werden.

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
Nachweis der Entschädigung	pro Charge	Emissionsportfolio

4.1.4. Energie fließt

Um die Energieeffizienz der Pyrolyseeinheit zu bestimmen, müssen die folgenden Parameter überwacht werden:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
LHV_Futtermittel	pro Charge	E-Mail von CSI

M_Futtermittel (DM) (Gesamtmenge des Futtermittels (trocken Stoff) für die Charge verwendet)	pro Charge	Cula-Plattform aka interne Aufzeichnungen
LHV_Pflanzenkohle	pro Charge	Der LHV von Pflanzenkohle und Holzkohle wird anhand der EBC/WBC-Zertifizierungsmuster
M_Pflanzenkohle (DM)	pro Charge	Cula-Plattform aka intern Aufnahmen
Lieferung von $E_{\text{elektrisch}}$ (Produziert Strommenge pro Charge)	pro Charge	Kein Strom produziert
E_Aufwand (Energieaufwand für die Produktion)	pro Charge	Cula-Analytik
Lieferung von E_thermal (Produzierte Wärmemenge pro Charge)	pro Charge	Cula-Plattform-Analytik
Wenn die Wärmeenergie des Reaktors für die Trocknung des Ausgangsmaterials verwendet wird:		
Wassergehalt der Biomasse bei Lieferung	pro Charge	Cula-Plattform Analytik
Masse der Biomasse bei Anlieferung	pro Charge	Cula Plattform- und Fahrzeugwaage
Wassergehalt der Biomasse nach Trocknen	pro Charge	Interne Aufzeichnungen
Masse der Biomasse nach der Trocknung	pro Charge	Interne Aufzeichnungen
Falls zutreffend:		
LHV_Pyroöl		NICHT RELEVANT
M_pyrooil (Masse des Pyroöls)	pro Charge	NICHT RELEVANT
E_Kraftstofferzeugnisse (Energie die in allen Kraftstoffprodukten enthalten sind)	pro Charge	NICHT RELEVANT
Masse des abgetrennten $_{CO2}$	pro Charge	NICHT RELEVANT

Ex-ante-Definition der folgenden Parameter:

Parameter	**Ex-ante-Definition; Wert**	**Quelle der Daten**
Energie zum Verdampfen von Wasser	810 kWh pro Tonne verdunstetes Wasser (2,44 kJ pro Gramm Wasser+ 20% Marge)	Methodik
Energie pro abgeschiedenem $_{CO2}$	1000 kWh t^{-1}_{CO2}	Methodik

4.2. Berechnung des C-Sink-Potenzials im Werk gate

Das C-Senkenpotenzial am Werkstor spiegelt den verbleibenden C-Gehalt der Pflanzenkohle am Werkstor wider, für den alle fossilen Emissionen auf eine dauerhafte Senke angerechnet wurden. Vorzugsweise sollte das

permanenter Anteil der Pflanzenkohle selbst. Die Emissionen werden dem Emissionsportfolio des Herstellers zugerechnet.

4.2.1. Emissionen aus fossilen Brennstoffen

Die Emissionen aus fossilen Brennstoffen werden anhand der folgenden Formeln berechnet:

$$[TotalGHG\ emissions\ in\ CO2eqper\ batch]$$
$$= [Totalbiomass\ related\ GHG\ emissions\ without\ CH4per\ batch]$$
$$+ [Totalpyrolysis\ related\ GHG\ emissions\ without\ CH4per\ batch]$$
$$+ [Emissionsfor\ post\ treatment\ of\ feedstock\ per\ batch]$$
$$+ [safetymargin\ for\ leakage] + [leakageemissions]$$

$$[Total\ GHGemissions\ in\ C\ per\ ton\ of\ biochar\ (dry\ matter)]$$
$$= [Total\ GHGemissions\ in\ CO2eqper\ batch] * 12/44$$
$$* [Amountof\ biochar\ (dry\ matter)\ producedper\ batch]$$

4.2.1.1. Ausgangsstoff

Die Produktion von Biomasse verursacht in der Regel Emissionen, die als Kohlenstoffaufwand der C-Senke angerechnet werden müssen. Die Emissionen werden in t $_{CO2eq}$ berechnet.

- Wenn die Biomasse mit mineralischem Stickstoff gedüngt wurde, muss ihr Kohlenstoff-Fußabdruck, einschließlich der N2O-Emissionen aus dem Boden, nach der Formel 100 kg N = 1 t $_{CO2eq}$ (Zhang et al., 2013) berücksichtigt werden. Dies stellt eine Berücksichtigung des GWP100 für $_{N2O}$ und der Produktionsemissionen für Stickstoffdünger dar.

$$[Emissions\ due\ to\ fertilization\ per\ batch] = \frac{Amount\ of\ fertilizers\ used}{100\ kg\ N}$$

- Wurden Pestizide eingesetzt, wird für deren produktionsbedingte Emissionen ein Pauschalwert von 94 kg CO2eq pro Hektar (Audsley et al., 2009) angesetzt.

$$[Emissionsdue\ to\ pesticides\ per\ batch] = [Areaon\ that\ pesticideswere\ used] * 0{,}094\ tCO_2eq$$

- Der Einsatz von Kraftstoffen für Anbau und Ernte bzw. Aufbereitung von Rohstoffen muss ebenfalls mit einem Umrechnungsfaktor von 2,7 kg CO2eq pro Liter Diesel in das Emissionsportfolio eingerechnet werden (Juhrich, 2016).

$$[Emissionsfor\ Preparation\ of\ feedstock\ per\ batch]$$
$$= [dieselused\ for\ feedstock\ preparation] * 2.7\ kgCO2eq/l$$
$$+electricityforprepartion * \ CO2eq_elec$$

- Der Kraftstoff für Lastwagen, die die Biomasse von der Quelle zur Pflanzenkohleproduktionsanlage transportieren, muss mit dem Umrechnungsfaktor von 2,7 kg $_{CO2eq}$ pro Liter Diesel und der Straßenentfernung gemäß Google Maps berechnet werden. Wenn der Lkw leer zurückfährt, wird die Entfernung mit 2 multipliziert.

$$[\,Emissionsdue\ to\ transportation\ of\ biomass\ to\ pyrolysis\ site\ per\ batch\,]\ [\,Amountof\ feedstock\,(DM)\,] = \frac{}{15t} * [distance] * 0.2l\ diesel/km * 2.7kg\ CO2eq/l$$

- Die Emissionen für die Trocknung von Rohstoffen werden berechnet, Brennstoff und Strom werden berücksichtigt. Der Kraftstoff für die Trocknung von Rohstoffen wird mit einem Umrechnungsfaktor von 2,7 kg CO2eq pro Liter Diesel berechnet.

$$[\,Emissionsfor\ drying\ of\ feedstock\ per\ batch\,] = [\ fuelusedfordrying\ ] * CO2eq_elec + [diesel\ usedfor\ drying] * 2.7\ kgCO2eq/l$$

Die gesamten biomassebezogenen THG-Emissionen ohne Methan pro Charge werden nach der folgenden Formel berechnet

$$[\,Totalbiomass\ related\ GHG\ emissions\ without\ CH4per\ batch\,] = [\,Emissionsdue\ to\ fertilization\ per\ batch\,] + [\,Emissionsdue\ to\ pesticides\ per\ batch\,] + [\,Emissionsdue\ to\ transportation\ of\ biomass\ to\ pyrolysis\ site\ per\ batch\,] + [\,Emissionsfor\ Preparation\ of\ feedstock\ per\ batch\,] + [\,Emissionsfor\ drying\ of\ feedstock\ per\ batch\,]$$

4.2.1.2. Pyrolyse

Die Emissionen, die während des Pyrolyseprozesses entstehen, umfassen den Stromverbrauch und den Brennstoff zum Vorheizen des Pyrolysereaktors. Die Emissionen werden in $_{tCO2eq}$ berechnet**.**

$$[\,Emissionsdue\ to\ electricity\ consumption\,] = [\,Electricityconsumption\ (kWh)\,] * [CO2eq\ ofelectricity\ (gCO_{(2)\,e/}kWh] * 1000000$$

Hinweis: Wird erneuerbare Energie verwendet, wird ein CO2eq-Fußabdruck von Null angenommen. Wenn die Pyrolyseanlage selbst im Jahresdurchschnitt mindestens so viel Strom erzeugt, wie in der Produktionsanlage verbraucht wird, wird für den Stromverbrauch ein CO2eq-Wert von Null angenommen.

$$[\,Emissionsdue\ to\ fuel\ for\ preheating\,] = [\,Fuelconsumption\,] * [CO2eq\ of\ fuel\,]$$

Die Gesamtemissionen der Produktion werden nach folgender Formel berechnet:

$$[\,Productionemissions\,] = [\,Emissionsdue\ to\ electricity\ consumption\,] + [\,Emissionsdue\ to\ fuel\ for\ preheating\,]$$

Entsprechend den in 1.4 definierten Projektgrenzen wird der Pro-rata-Ansatz angewandt

X	Nein
	$[\,Totalpyrolysis\ related\ GHG\ emissions\ without\ CH4per\ batch\,] = [Production\ emissions]$

□	Ja
	(1) $E_{input} = LHV_{Futtermittel} * m_{Futtermittel}(DM)$ (2) $E_{nonBCoutput} = LHV_{nonBCsolid} * m_{nonBCsolid}(DM) + LHV_{liquid} * m_{liquid} + LHV_{gas} * m_{gas} + E_{elektric} + E_{thermic}$ (3) $E_{biochar} = LHV_{biochar} * m_{biochar}(DM)$ Zur Berechnung der THG-Zuordnung des Pflanzenkohleprodukts werden die Gesamtemissionen, die für den gesamten Prozess von der Biomasseerzeugung bis zum Pflanzenkohleausstoß bewertet wurden, mit dem Verhältnis zwischen $_{Pflanzenkohle}$ und $_{Gesamtausstoß}$ multipliziert ($_{=EnonBC-Ausstoß} + _{Pflanzenkohle}$). (4) [$Totalpyrolysis\ related\ GHG\ emissions\ without\ CH4 per\ batch$]= *[Produktionsemission]* $* E_{biochar}/(E_{nonBCoutput} + E_{biochar})$

4.2.1.3. Nach der Behandlung

Wird die Pflanzenkohle nachbehandelt, werden die Emissionen nach der folgenden Formel berechnet:

$$[\ Emissions for\ post\ treatment\ of\ feedstock\ per\ batch]$$

$$= [\ diesel used\ for\ biochar\ post treatment\ ] * 2.7 \quad \frac{kgCO2eq}{l}$$

$$+ [electricity for\ biochar post\ treatment] * CO2eq_elec$$

4.2.1.4. Sicherheitsspanne

Für die Ermittlung der für die C-Sink-Generierung relevanten Emissionsportfolios nach dem Global Biochar C-Sink Standard werden die Emissionen aus Scope 1 und 2 jeder beteiligten und registrierten Organisation (Produzenten und Verarbeiter) erfasst.
Bei den Scope 3-Emissionen der beteiligten Organisationen werden nur die Emissionen aus der Biomasseproduktion, dem Transport von Biomasse bzw. Pflanzenkohle und den Folgeprodukten direkt quantifiziert. Andere indirekte Emissionen aus Scope 3 werden aufgrund ihres vergleichsweise geringen Volumens nicht einzeln erfasst, sondern mit einer pauschalen Sicherheitsmarge in die Berechnung einbezogen, um die gesamte Wertschöpfungskette zu berücksichtigen

Dazu gehören zum Beispiel die Emissionen, die durch:

- Herstellung und Entsorgung von Polypropylensäcken,
- Elektrizität für den Betrieb und die Kühlung der externen Computerserver des Unternehmens,
- Mögliche Methanemissionen während des ersten Monats der Lagerung der Biomasse,
- Kraftstoffverbrauch von Arbeitnehmern für den Weg zur Arbeit und für Geschäftsreisen,
- Marketing- und Managementaktivitäten, einschließlich der Teilnahme an Fachmessen und Konferenzen,
- Bedienung von Kettensägen oder Harvestern zum Fällen und Schälen von Bäumen und zum Ausgraben von Wurzeln,
- Emissionen aus Maschinenkraftstoffen bei der Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen und Pflanzenschutzmaßnahmen,
- Herstellung, Wartung, Reparatur und Entsorgung von Pyrolyseanlagen, Transportfahrzeugen, Lagern und anderen Maschinen.
- Die Marge enthält darüber hinaus unvermeidbare Ungenauigkeiten der C-Senken-Bilanzierung wie Probenahme, Verpackung, Volumen- und Trockenmasseanalyse usw.

- Unwahrscheinlicher Verlust von C-Senkenmaterial, z. B. durch Verbrennung kleiner Teile diffuser C-Senken in Müllverbrennungsanlagen

Die Sicherheitsmarge beträgt in der Regel 20 kg CO2eq pro Tonne Pflanzenkohle, was in etwa 0,7 % des Kohlenstoffs der Pflanzenkohle. Die Sicherheitsmarge wird pro Tonne Pflanzenkohle am Werkstor des Herstellers angesetzt und ist somit von der anteiligen Anrechnung nicht betroffen.

$$[\,safetymargin\,] = 0{,}020 \qquad \frac{tCO2}{t} * [m_biochar(DM)]$$

4.2.1.5. Leckage Emissionen

Die Leckageemissionen werden auf der Grundlage der Ergebnisse der Bewertung in Kapitel 3.2 berechnet.

$$[\,Leakageemissions\,] = 0\ tCO2e * [\,amountof\ biomass\,dry\,matter\,(batch)]$$

4.2.2. Methan Emissionen

Bei der Lagerung und Pyrolyse von Biomasse entstehen Methanemissionen. Sie werden nach der folgenden Formel berechnet:

$$[Total\ methane\,]emissions = [\,Feedstockstorage\ emissions\ per\ batch] + [CH4\ emissionsfrom\ pyrolysis\ of\ entire\ batch]$$

4.2.2.1. Emissionen aus der Lagerung der Biomasse

Wenn die Methanemissionen gemäß Abschnitt 4.1.3.1. vernachlässigbar sind: 0 $_{tCH4}$

Wenn die Methanemissionen in die Berechnung des C-Senkenpotenzials einbezogen werden: Die Emissionen werden in $_{tCH4}$ berechnet:

$$[\,Feedstockstorage\,emissions\,per\,batch] = (\,[\#months\,ofstorage\,] - 1)\,[* amount\ of\ biomass\ dry\ matter\ (batch)] * [Ccontent\ of\ biomass] * [methane\ emissions\ per\ month] * 16/12$$

Es werden die in der Methodik angegebenen Standardwerte verwendet:

$[methane\ emissionsper\ month]$	0,13% des C-Gehalts für holzige Biomasse 0,25% des C-Gehalts für nicht holzige Biomasse
$[Ccontentof\ biomass]$	48% für holzige Biomasse 50 % für nicht holzige Biomasse

4.2.2.2. CH4-Emissionen aus dem Pyrolyse-Reaktor

Die Emissionen werden in $_{tCH4}$ berechnet.

$$[CH4\ emissions from\ pyrolysis\ of\ entire\ batch] = \frac{[CH4\text{Emissionen}_{Pyrolyse}]}{1000} * [\ amount of\ biomass\ dry\ matter\ (batch)]$$

4.2.2.3. Kompensation von CH4-Emissionen

Das absolute globale Erwärmungspotenzial des Methans muss durch ein gleich großes absolutes globales Abkühlungspotenzial (AGCP) über einen Zeitraum von maximal 20 Jahren kompensiert werden. Die kompensierende globale Abkühlung beginnt im selben Jahr, in dem die CH4-Emission stattfand, sorgt in jedem folgenden Jahr für eine jährliche globale Abkühlung und schließt die Kompensation spätestens 20 Jahre nach der Methanemission ab.

Um geltend machen zu können, dass die Methanemissionen kompensiert wurden, muss nachgewiesen werden, dass

$AGCP(20) \geq AGWP_CH4(100)$.

Absolutes Erderwärmungspotenzial von Methanemissionen
Das absolute Treibhauspotenzial der Methanemissionen wird auf der Grundlage folgender Faktoren berechnet:

$$AGWP_CH4(100) = \Sigma_{y=0}^{100}(IRF(CO2, (ay)) * [CO_2eofCH_4emissionsperload\ ])$$

Zur Berechnung des *absoluten globalen Erwärmungspotenzials (AGWP)* über 100 Jahre verwenden wir Jeltsch-Thömmes & Joos (2019)[1], um den Zerfall des CO_2 zu berücksichtigen. Treibhausgase zerfallen in der Atmosphäre. Die Mengen an CO_2, die jedes Jahr noch in der Atmosphäre vorhanden sind, werden über die 100 Jahre addiert und ergeben das absolute globale Erwärmungspotenzial (AGWP) über 100 Jahre.

Der Zerfall wird durch die Gleichung beschrieben:

$$[IRF(_{CO(2,a)}(t))] = a_0 + \Sigma_{i=1}^{5} a_i * \exp\left(\frac{-t}{\tau_i}\right) for\ t \geq 0$$

Mit den Werten

i	ai	ti
0	0.008	
1	0.044	68521
2	0.112	5312
3	0.224	362
4	0.31	47
5	0.297	6

Die resultierenden Methanemissionen der hergestellten Pflanzenkohle werden wie folgt berechnet, wobei der GWP100-Wert ($_{CH4}$) 25 $_{CO2e}$ beträgt.

[1]Jeltsch-Thömmes, A., Joos, F., 2019. Die Reaktion auf pulsartige Störungen des atmosphärischen Kohlenstoffs und der Kohlenstoff-Isotope 1-36.

$$[CO_2e\ of\ CH_4\ emissions\ per\ load]\ = [Total\ methane\ ewmissions] * [GWP100_{CH4}]$$

Absolutes globales Kühlungspotenzial der im Boden aufgebrachten SPC – Fraktion
Das absolute globale Kühlungspotenzial (Absolut Global Cooling Potential AGCP) der SPC Fraktion der auf den Boden aufgebrachten Pflanzenkohle wird für die ersten 20 Jahre wie folgt berechnet:

$$[AGCP(20)] = \sum_{t=0}^{20} (C_{remain}(t, SPC) * IRF(CO_{2,a}(t)) * M_{biochar} * C_{content})$$

Mit:
C_{remain}(t,SPC) als angepasste Gleichung 2 des Global Artisan C-Sink Standard für den SPC – Anteil der Pflanzenkohle (25%)

$$[C_{remain}(t, SPC)] = \left(\frac{M_{BC} * C_{content}}{1000} - 0{,}75\right) * (750 + 45 * e^{-05232*t} + 205 * e^{-0{,}009966*t})$$

4.2.3. Wert der C-Senke Potenzial

Das C-Senkenpotenzial am Werkstor spiegelt den verbleibenden C-Gehalt der Pflanzenkohle am Werkstor wider, für den alle fossilen Emissionen mit einer permanenten Senke verrechnet wurden. Vorzugsweise der permanente Anteil (PAC) der Pflanzenkohle selbst. Für Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis ≥ 0,4 kann kein Höchstwert für den SPC-Anteil angegeben werden. Daher kann die betreffende Pflanzenkohle nicht zur Schaffung einer permanenten C-Senke verwendet werden, sondern wird so behandelt, als bestünde sie zu 100 % aus SPC und kann nur als vorübergehende C-Senke dienen. Dies wiederum führt dazu, dass die THG-Emissionen nicht mit dem potenziellen Wert der Pflanzenkohle als dauerhafte C-Senke verrechnet werden können.

$[\ CSinkPotential\ ]= [CContent]$

$[\ CSinkPotential\ per\ batch]= [\ CSinkPotential\ ] * m_biochar(DM)$

Hinweis: Es ist obligatorisch, Pflanzenkohle mit ihrem H/Corg-Verhältnis zu kennzeichnen.

4.2.4. Energie Effizienz

Die Energienutzungseffizienz gibt an, wie viel der im Biomasse-Rohstoff enthaltenen Energie in nutzbare Energie und andere nützliche Produkte mit Marktwert umgewandelt wurde. Wenn die Nicht-Pflanzenkohlefraktion der Pyrolyseprodukte für die Energieerzeugung oder als Rohstoff für die chemische oder andere Industrien verwendet wird, gilt der Biomassekohlenstoff als sinnvoll genutzt.

Für jede Charge einer zertifizierten Pyrolyseanlage müssen mindestens 60 % der Summe aus der in der Biomasse enthaltenen Energie und allen Energieaufwendungen des Prozesses genutzt werden.

Die Gesamtmenge der verbrauchten elektrischen und thermischen Energie und der Heizwert der vermarkteten Pyrolyseprodukte wird durch die Summe des Energiegehalts des Biomasse-Rohstoffs und der zur Herstellung der gesamten Charge eingesetzten externen Energie geteilt. Der Wert wird als Prozentsatz angegeben.

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{fest}} + E_{\text{pyroöl}} + E_{\text{brennstoffprodukte}} + E_{\text{thermisch}} + E_{\text{trocknung}} + E_{\text{elektrisch}} + E_{\text{co2pur}}}{E_{\text{Ausgangsmaterial}} + E_{\text{Ausgaben}}}$$

In den meisten Fällen der heutigen Pyrolyseanlagen sind einige Summanden Null, die Formel vereinfacht sich dann zu:

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{fest}} + E_{\text{thermisch}} + E_{\text{trocknend}} + E_{\text{elektrisch}}}{E_{\text{Ausgangsmaterial}} + E_{\text{Ausgaben}}}$$

Mit:

Die im Ausgangsmaterial enthaltene Energie:

$E_{\text{Futtermittel}} = LHV_{\text{Futtermittel}} * M_{\text{Futtermittel}} (DM)$

Energieaufwand für die gesamte Pyrolyseanlage:

E_{Ausgaben}

Energiegehalt der Pflanzenkohle:

$E_{\text{fest}} = LHV_{\text{biochar}} * M_{\text{bi}} \quad (DM)$

Energieaufwand für die Trocknung von Rohstoffen:

$$E_{\text{Trocknung}} = 810 \ \frac{\text{kWh}}{\text{t}} * M_{\text{Wasser}}$$

$$M_{\text{Wasser}} = [\, Watercontent\ of\ biomass\ at\ delivery \,] * [\, Massof\ biomass\ at\ delivery \,] - [\, Watercontent\ of\ biomass\ after\ drying \,] * [\, Massof\ biomass\ after\ drying \,]$$

Erzeugte Wärmeenergie:

E_{therm}

Produzierte elektrische Energie:

$E_{\text{elektrisch}}$

Und, falls zutreffend:

Energiegehalt des Pyrolyseöls

$E_{\text{Pyroöl}} = LHV_{\text{Pyroöl}} * M_{\text{Pyroöl}}$

Energiegehalt des abgeschiedenen CO2 aus dem Rauchgas

$$E_{\text{C02pu}} = 1000 \ \frac{\text{kWh}}{t_{\text{C02}}} * M_{\text{C02}}$$

Energiegehalt der durch das Pyrolyseverfahren hergestellten Brennstoffe

$E_{\text{Kraftstoffprodukte}}$

4.2.5. Kohlenstoff Effizienz

Die Kohlenstoffeffizienz bezieht sich auf das Verhältnis des in eine speicherbare Form umgewandelten Kohlenstoffs (d. h. die Menge an Kohlenstoff in einer Charge Pflanzenkohle) zum Kohlenstoffinput (d. h. die Menge an Kohlenstoff in der zur Herstellung der Pflanzenkohle verwendeten Biomasse).

Die Kohlenstoffeffizienz wird am Werkstor bewertet und berücksichtigt nicht die Nutzung der Kohlenstoffprodukte oder die Dauerhaftigkeit der Speicherung. Solange der Kohlenstoff für mindestens ein Jahr gespeichert wird, kann dies in die Berechnung der Kohlenstoffeffizienz einbezogen werden.

Das Benchmarking der aktuellen Kohlenstoffeffizienz einer Pflanzenkohleproduktionsanlage wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$[Carbon efficiency] = \frac{\sum([\text{Menge der Produkttrockenmasse (bat)}] * [\text{C-Gehalt des Produkts}])}{[\text{Gesamtmenge des für die Partie verwendeten Ausgangsmaterials (Trockenmasse)}] * [\text{C-Gehalt der Biomasse}]}$$

Ein Produkt ist jedes Ergebnis des Prozesses, das mindestens ein Jahr lang gelagert werden soll, z.B. Pflanzenkohle, Bioöl, CO2.

Der Hersteller veröffentlicht jährlich die Kohlenstoffeffizienz der Produktionsanlage. Es werden die in der

Methodik angegebenen Standardwerte verwendet:

$[Ccontent of\ biomass]$	48% für holzige Biomasse 50% für nicht holzige Biomasse

5. Bestimmung der C- Senke

Ist das C-Senken-Potenzial der Pflanzenkohle ermittelt und das Etikett gemäß den Anforderungen in Kapitel 4.1 auf den Verpackungseinheiten angebracht, wird der weitere Verbleib der Pflanzenkohle nur noch indirekt durch den Hersteller beeinflusst. In der weiteren Kette bis zur endgültigen C-Senke gibt es Verarbeiter und Nutzer. Ihnen allen obliegt es, ihren Teil zur Qualitätssicherung und Überwachung beizutragen und über ihre Emissionen zu berichten. Die endgültige C-Senke wird vom Besitzer der ersten C-Senke registriert.

5.1. Verarbeitung von Pflanzenkohle

Wird die Pflanzenkohle an ein Verarbeitungsunternehmen geliefert, das aus der Pflanzenkohle neue Produkte auf Pflanzenkohlebasis herstellt, muss das empfangende Unternehmen als Verarbeitungsunternehmen und/oder Händler EBC- oder WBC-zertifiziert sein. Erfolgt die Herstellung und Verarbeitung durch dasselbe Unternehmen, muss dieses als Hersteller und Verarbeiter zertifiziert sein. Dies ermöglicht die Überprüfung der klimarelevanten Prozesse im Rahmen der jährlichen Vor-Ort-Kontrolle. Alle Verarbeitungsschritte müssen mit ihrem CO2eq-Emissionsfaktor erfasst werden. Die Emissionen werden im Emissionsportfolio des Verarbeiters ausgewiesen und alle fossilen Treibhausgasemissionen aus der Verarbeitung müssen durch langfristige Kohlenstoffsenken ausgeglichen werden.

Sobald die Produkte umgepackt sind, müssen sie im dMRV-System als neues Produkt und C-Senke mit den folgenden Angaben registriert werden:

- Produkt-Prozessor
- Chargen-ID der Pflanzenkohleproduktion und/oder QR-Code für den Zugang zur EBC/WBC-Pflanzenkohleanalyse.
- Datum der Pflanzenkohleherstellung
- Jahr der CO2-Entfernung
- Eigentümer von C-Senkenmaterial
- Neuer Abfahrtsort (GPS)
- Pflanzenkohle C-Gehalt des Produkts
- C-Sink-Matrix, wenn zu einer gemischt
- Emission, die bei der Verarbeitung entstanden ist

- Verknüpfung mit dem Emissionsportfolio der C-Senken-Einheit und/oder des Unternehmens

5.1.1. Überwachung der Verarbeitungsparameter

Verarbeiter sind verpflichtet, alle mit der Verarbeitung verbundenen Emissionen zu überwachen. Zu diesem Zweck werden Emissionsfaktoren für einzelne Verarbeitungsschritte ermittelt, die einem Verarbeitungsprodukt zugeordnet werden. Die Emissionsfaktoren werden auf die überwachten Mengen von Produkten auf Pflanzenkohlebasis angewandt. Die Verarbeiter sind verpflichtet, die entsprechenden Prozesse, Produkte, Überwachungshäufigkeiten und Datenquellen in den Anhängen zu dieser Richtlinie festzulegen.

Parameter
Emissionsfaktoren pro Produkt basierend auf definierten Prozessen
Input-Pflanzenkohle und Output-Produkt auf Pflanzenkohlebasis Dokumentation
Jedes andere THG-emittierende Verfahren

5.1.2. Berechnung der Emissionen bei der Verarbeitung

Die Berechnung der Verarbeitungsemissionen erfolgt nach der folgenden Formel:

$$[\,Emissions for\ processing\,] = ([\,product processing\ emission\ factor\,] * [\,amount of\ product\,]) + [additional\ emissions]$$

5.2. Registrierung von C- sink

Pflanzenkohle-Kohlenstoffsenken müssen in dem geografischen Gebiet registriert werden, in dem die Pflanzenkohle oder ihre Folgeprodukte verwendet wurden. Dies umfasst Szenarien, in denen Pflanzenkohle als Bodenverbesserungsmittel dient oder in verschiedenen Kontexten Anwendung findet, z. B. beim Bau von Wohngebäuden, Infrastrukturen oder im Straßenbau.
In bestimmten Fällen, in denen geringe Mengen von Pflanzenkohle aufgebracht oder in Produkten verwendet werden, ist die Registrierung von so genannten diffusen Kohlenstoffsenken (d. h. nicht geografisch lokalisiert) zulässig.

Die folgenden Informationen werden für die Kohlenstoffsenke Pflanzenkohle registriert:

1. Eigentümer der C-Senke (Eigentümer des Materials, das die Pflanzenkohle enthält, oder Hersteller von Pflanzenkohlehaltigen Produkten).
2. Ein GPS-Punkt des Landes oder Gebiets, in dem die C-Senke eingerichtet wurde.
3. Für die Bodenausbringung: Zustimmung des Landbesitzers oder Pächters zur Ausbringung der Pflanzenkohle auf seinem Boden (in der Regel Teil des Kaufvertrags).
4. Datum der Einrichtung der C-Senke.
5. Jahr der CO2-Entfernung (Datum der Kohlenstoffaufnahme der pyrolysierten Biomasse).
6. EBC/WBC-Chargennummer.
7. Pflanzenkohle-Analyse - kann mit dem Carbon Standard Biochar Tool verknüpft werden
8. Art der C-Senke (geolokalisiert oder diffus).
9. C-Senken-Matrix.
10. Menge der Pflanzenkohle in Trockentonnen.

11. Menge an Kohlenstoff in CO2e.
12. Persistenzkurve der C-Senke (abhängig von der C-Senken-Matrix).
13. Controlling-Zeitraum (abhängig von der C-Sink-Matrix).
14. Dokumentation des C-Sink-Projekts
15. Bericht der Prüf- und Validierungsstelle
16. Bestätigung der Kompensation des Emissionsportfolios der Pflanzenkohle

5.2.1. Überwachung der Transportparameter bis zum endgültigen Standort

Die Eigentümer der ersten C-Senke sind verpflichtet, die folgenden Daten zu überwachen. Sie sind verpflichtet, geeignete Überwachungshäufigkeiten und Datenquellen in Anhängen zu diesem PDD festzulegen.

Parameter
Transportentfernung
Emissionsfaktor Verkehr
Jedes andere THG-emittierende Verfahren
Emissionsberichte vom Hersteller und Prozessoren

Den Teil der Produktion, der in den Einflussbereich des Produzenten fällt, zeichnen wir auf:

Parameter	**Häufigkeit der Überwachung**	**Quelle der Daten**
Transportentfernung für den Transport vom letzten Prozessor zum Einsatzort	kontinuierlich	Cula-Plattform
Emissionsfaktor Verkehr	jährlich	Cula-Plattform
Alle anderen Treibhausgasemittenten Prozess	kontinuierlich	Keine
Emissionsberichte von Erzeuger und Verarbeiter	pro C-Senke	Erzeuger und Verarbeiter

5.2.2. Berechnung der C - Senke

Die C-Senke ist im globalen C-Senken-Register registriert.

Unter der Voraussetzung, dass die THG-Emissionen aus der Verarbeitung und Anwendung mit dauerhaften Kohlenstoffsenken verrechnet werden, kann das C-Senken-Potenzial wie folgt berechnet werden:

$$[\,C\text{–}sink\ (year{=}\,0)] = [\,CSinkPotential\,] * [drymass\ of\ biochar\ applied]$$

Hinweis: Es ist obligatorisch, Pflanzenkohle mit ihrem H/Corg-Verhältnis zu kennzeichnen.

Jede Pflanzenkohle-C-Senke unterliegt jedoch einer zeitabhängigen Entwicklung, und die C-Senke ist ein Maß für die Masse an Kohlenstoff, die zu einem bestimmten Zeitpunkt seit der Einrichtung der C-Senke in der C-Senken-Matrix vorhanden ist. Die Größe einer Pflanzenkohle-C-Senke ist somit eine Funktion der Art der Pflanzenkohle

seine spezifische Persistenz in einer bestimmten C-Sink-Matrix und die Zeit seit der Anwendung auf die C-Sink-Matrix zu bestimmen.

$C\text{–}sink\ (year) = C - sink\ (year = 0) * specific\ persistence\ (year)$

5.2.2.1. Geologische C-Senke für im Boden ausgebrachte Pflanzenkohle

Pflanzenkohle, die auf den Boden aufgebracht wird, kann als geologische C-Senke registriert werden. EBC- und WBC-zertifizierte Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis< 0,4, die auf den Boden aufgebracht wurde, wird daher mit einem PAC-Anteil von 75 % und einem SPC-Anteil von 25 % in das globale C-Senken-Register eingetragen. Auf den Boden aufgebrachte Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis ≥ 0,4 wird mit einem SPC-Anteil von 100 % registriert, und es kann kein PAC-Anteil registriert werden.

Der verbleibende Kohlenstoff für im Boden ausgebrachte Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis< wird mit der folgenden konservativen Näherung berechnet:

$[remainingC\ (year)] = [\ drymass\ of\ biochar\ applied\ ] / 1000 * CInhalt * (750 + 45 * e^{-0.5232 * Jahr} + 205$
$(*)\ (e)^{-0,009966\ *\ Jahr})$

Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis ≥ 0,4, die auf den Boden aufgebracht wurde, wird mit einem SPC-Anteil von 100 % registriert, und es kann kein PAC-Anteil registriert werden.

Wenn C-Senken zum Ausgleich von CO2-Emissionen verkauft werden, darf nur der PAC-Anteil verwendet werden.
Der SPC-Anteil der Pflanzenkohle kann für den Ausgleich von Methanemissionen verwendet werden (siehe Abschnitt 4.1.3.3).

5.2.3. Temporäre C-Senke

Pflanzenkohle, die in Materialien verwendet wird, kann als vorübergehende C-Senke registriert werden. Sie erfordern einen speziellen Überwachungsplan.

5.2.3.1. Überwachungsplan für Materialien

Für Verbraucherprodukte:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Lebensdauer	einmalig	Durchschnittliche Lebensdauer aus Statistiken für spezifische Produkte können eine durchschnittliche Lebensdauer bestimmen

Für stationäre Infrastruktur:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Lebensdauer	Frequenz, die vom ersten C-Sink-Eigentümer vorgeschlagen wird und von CS akzeptiert	Nachweis der Existenz der dauerhaften Infrastruktur, z. B. durch Satellitenbilder

5.2.3.2. Berechnung der temporären C-Senke für Materialien

$C\text{–}sink\ (\ )year = C\ - sink\ (\ year = 0)$ if year< [lifetime];= 0 $if\ year >$ [$lifetime$]

Temporäre stoffliche C-Senken werden mit ihrer statistisch abgesicherten Lebensdauer oder ihrem Kontrollzeitraum erfasst. Bestätigt die Kontrolle am Ende des festgelegten Kontrollzeitraums das weitere Vorhandensein von

die C-Senke, wird der Registereintrag der temporären C-Senke bis zum Ende des nächsten Kontrollzeitraums verlängert. Die Dauer des neuen Kontrollzeitraums wird am Ende eines jeden Kontrollzeitraums aktualisiert.

5.2.4. Vorübergehende Lagerung von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle kann gelagert werden, um sie für spätere Jahre aufzubewahren, wenn z. B. die Nachfrage und die Preise steigen. Solange die Pflanzenkohle unter kontrollierten Bedingungen und mit regelmäßiger Überprüfung gelagert wird, z. B. in Containern, unter der Erde, geschützt vor Wasser und biologisch aktiven Matrices, und in alten Salz- oder Kohlebergwerken, kann sie während der kontrollierten Lagerzeit als vorübergehende C-Senke betrachtet werden.

5.2.4.1. Überwachungsplan für die vorübergehende Lagerung:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
C Verlust	kontinuierlich	Fernsteuerung der Temperatur und/oder CO2-Konzentration
Menge an Kohlenstoff in Zwischenlagerung	jährlich	berechnet

5.2.4.2. Berechnung der temporären C-Senke für die vorübergehende Lagerung

$$C\text{–}sink\ ()year = C\ – sink(year = 0) – \Sigma\ Closs\ (year)$$

5.2.5. Geologische C-Senke für Pflanzenkohle in Betonbaustoffen

Pflanzenkohle als Bestandteil von Baumaterialien auf Zement-, Kalk-, Ton- oder Geopolymerbasis
wird als Kohlenstoffsenke betrachtet. Wenn die Verfolgung zur Baustelle verifiziert und das Gebäude selbst als Kohlenstoffsenke registriert ist, kann die Pflanzenkohle-Kohlenstoffsenke registriert werden. Hier wird der PAC-Anteil für > 1000 Jahre als beständig registriert, während der SPC-Anteil ohne Abklingen für die erwartete durchschnittliche Lebensdauer des Gebäudes und möglicherweise länger registriert wird, wenn die Materialverwendung in neuen Gebäuden verfolgt wird, gefolgt von der SPC-Abklingfunktion, beginnend mit dem Jahr des Abrisses des Gebäudes.

5.2.5.1. Überwachungsplan für Betonbaustoffe

C-Senken, die während der Übergangszeit bis zum 31. Dezember 2026 eingerichtet werden:

Parameter	Ex-ante-Definition; Wert	Quelle der Daten
Lebensdauer	60	Methodik

C-Senken, die nach dem 31. Dezember 2026 eingerichtet werden:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten
Lebenszeit für Gebäude und städtische Infrastrukturen	60	Methodik
Lebenszeit für Logistik und Produktionserleichterung	20	Methodik

Oder:

Parameter	Häufigkeit der Überwachung	Quelle der Daten

Lebensdauer	Frequenz, die vom ersten C-Sink-Eigentümer vorgeschlagen wird und von CS akzeptiert	Nachweis der Existenz der dauerhaften Infrastruktur, z. B. durch Satellitenbilder

5.2.5.2. Berechnung von C-Sink für Betonbaustoffe

EBC- und WBC-zertifizierte Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis < 0,4, die auf Beton aufgebracht wurde, wird daher mit einem PAC-Anteil von 75 % und einem SPC-Anteil von 25 % im globalen C-Sink-Register registriert. Auf Beton aufgebrachte Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis ≥ 0,4 wird mit einem SPC-Anteil von 100 % registriert, und es kann kein PAC-Anteil registriert werden.

$C-sink\ (\ )year=C\ -sink\ (\ year=0)$ if year< [lifetime]; If year > lifetime:

Der verbleibende Kohlenstoff für Beton-Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis< von 0,4 wird mit der folgenden konservativen Näherung berechnet:

$[remainingC\ (year+lifetime)]=[\ drymass\ of\ biochar applied\ ]/1000 * CInhalt * (\ 750+45 * e^{-0.5232\ * Jahr}+205*e^{-0,009966\ * Jahr})$

Pflanzenkohle mit einem H/Corg-Verhältnis ≥ 0,4, die auf Beton aufgebracht wurde, wird mit einem SPC-Anteil von 100% registriert, und es kann kein PAC-Anteil registriert werden.

Wenn C-Senken zum Ausgleich von CO2-Emissionen verkauft werden, darf nur der PAC-Anteil verwendet werden.
Der SPC-Anteil der Pflanzenkohle kann für den Ausgleich von Methanemissionen verwendet werden (siehe Abschnitt 4.1.3.3).

6. Öffentliche Konsultation

Im Rahmen der öffentlichen Konsultation wurden die folgenden Anmerkungen gemacht:

Kommentar	**Wurde der Kommentar berücksichtigt (Ja/ Nein)? Wo?**	**Erläuterung/Begründung (Warum? Wie?)**
xx	xx	xx
xx	xx	xx

7. Anhänge

1. Soziale Verantwortung
2. Energieverbrauch DE/ENG

3. Forschung Auswirkungen ÖKT auf Holzmarkt DE/ENG
4. Positionspapier ÖKT DE