



Stadt  
Offenburg

## Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Beschluss	
Nr.	vom
wird von StSt OB-Büro ausgefüllt	

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

1. **Betreff:** Sachstandsbericht Pflanzenkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie
- 

2. <b>Beratungsfolge:</b>	Sitzungstermin	Öffentlichkeitsstatus
1. Technischer Ausschuss	28.06.2023	öffentlich

### **Beschlussantrag (Vorschlag der Verwaltung):**

Der Technische Ausschuss nimmt den Bericht zur Kenntnis und stimmt dem vorgeschlagenen Vorgehen zu.

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

---

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

---

## Sachverhalt/Begründung:

### 1. Einleitung

Die Herstellung von Pflanzkohle ist ein sogenanntes **Carbon Capture and Storage**-Verfahren (CCS). Das bedeutet, dass CO<sub>2</sub> dauerhaft der Umwelt entzogen und gespeichert wird. Deutschland hat im Bundesklimaschutzgesetz das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Die Abscheidung von unvermeidbaren bzw. schwer vermeidbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen bietet sich vor allem bei der Industrie und in der Abfallwirtschaft an. Diese Vorgabe setzt die Herstellung von Pflanzkohle durch die energetische Biomasse-Nutzung mit Speicherung (BECCS) des CO<sub>2</sub> in der Pflanzkohle effektiv und nachhaltig um.

In der Sitzung des Technischen Ausschusses am 05.10.2022 wurden das Produkt „Pflanzkohle“ sowie die Grundlagen und Ziele der Potenzialstudie vorgestellt. Dabei wurde der Projektplan „Biopotenzialanalyse“ sowie das Arbeitspaket 1 (Bestandsaufnahme) und das Arbeitspaket 2 (Potenzialstudie) erläutert. Noch in Bearbeitung war im Herbst 2022 das Arbeitspaket 3 (Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung).

Auf Basis der im Arbeitspaket 2 ermittelten Stoffströme wurden drei Szenarien untersucht, in denen jeweils unterschiedliche Teilmengen der dargestellten biogenen Abfallströme in einer Karbonisierungsanlage verwertet werden könnten.

Die Untersuchung berücksichtigt auch eine vorgeschaltete mechanische Aufbereitung und Trocknung zur Vorbereitung der Abfallströme für die Karbonisierung. Ziele der Materialaufbereitung sind die Störstoffentfrachtung, die Einstellung eines Korngrößenbereichs zwischen 10 und 40 mm sowie die Erhöhung des Trockensubstanzgehalts auf mindestens 80 %.

Die Aufbereitungsschritte bestehen in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Ausgangsmaterials aus der Zerkleinerung, der Abscheidung von Steinen und Metallen, der Siebung, gegebenenfalls aus einer Pelletierung und einer Vortrocknung<sup>1</sup>.

Dieses Arbeitspaket 3 sowie das mögliche weitere Vorgehen werden im Folgenden vorgestellt.

---

<sup>1</sup> Die detaillierte Beschreibung der Aufbereitungstechnik ist den Anlagebeispielen der jeweiligen Szenarien (A – C) zu entnehmen bzw. weitere Details ab Seite 40ff

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzenkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

## 2. Ergebnisse des Arbeitspakets 3

### 2.1 Optimierungspotenziale

Nachdem im Arbeitspaket 2 sowohl die Potenziale der biogenen Reststoffströme<sup>2</sup>, das Potenzial der zusätzlich verfügbaren organischen Reststoffe<sup>3</sup> sowie die Potenziale weiterer Reststoffströme<sup>4</sup> ermittelt, wurden die Optimierungspotenziale der bestehenden Systeme beleuchtet. Dabei wurden die Potenziale durch die Nutzung der Pyrolyse (Herstellung von Pflanzenkohle) eingehend untersucht.

### 2.2 Modellierung / Szenarien

Dazu wurden neben dem Status quo drei verschiedene Szenarien entwickelt, die sich durch die Verwertung der unterschiedlichen Teilmengen der biogenen Abfallströme in einer Karbonisierungsanlage unterscheiden. Die drei Szenarien wurden entwickelt, da sich der Aufbereitungsaufwand (z. B. für Laubpellets) erhöht und die erzielbare Qualität und dadurch der Marktpreis für die produzierte Pflanzenkohle stark variieren (z. B. beim Einsatz von Altholz). Nichtsdestotrotz sollten diese Stoffströme im Sinne der Kreislaufwirtschaft und der CO<sub>2</sub>-Sequestrierung analysiert werden, um ein möglichst umfassendes Bild der verfügbaren Möglichkeiten aufzuzeigen.

Im Szenario A wird das Biomassepotenzial aus Grünabfall, Wurzelstöcken und Schnittgut genutzt. Im Szenario B werden neben Grünabfall, Wurzelstöcken und Schnittgut zusätzlich noch Laubpellets genutzt. Im Szenario C werden neben Grünabfall, Wurzelstöcken und Schnittgut auch das separat erfasste Altholz der Kategorien A I bis A III genutzt. Das bedeutet, dass neben der Pyrolyse-Anlage zusätzliche Anlagen zur Zerkleinerung, Klassierung, Pelletierung und Trocknung benötigt werden (siehe Anlage 3). Die Szenarien wurden so gewählt, dass die aktuell vorkommenden „Rohstoffströme“ verarbeitet werden könnten. Unterschiedliche Rohmaterialien benötigen spezialisierte Aufbereitungsverfahren und führen ggf. auch zu unterschiedlichen Pflanzenkohlequalitäten.

Um die Aussagekraft der Studie zu verbessern, wurden in der Betrachtung auch die Anlagentechnologien verglichen. Dabei wurden die Karbonisierungsanlagen von drei Herstellern vorgestellt und bewertet. Insbesondere im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergeben sich aufgrund der Anlagenauslegung Unterschiede. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Anlagen kontinuierlich weiterentwickelt werden und die Hersteller über einen unterschiedlichen „Erfahrungsschatz“ verfügen. Es wurden Anlagen der Firma Carbo-FORCE GmbH aus 24221 Preetz, der Firma CTS GmbH aus 89561 Dischingen sowie der Firma PYREG GmbH aus 56281 Dörth in die Betrachtungen der Studie einbezogen. Ein belastbares Ergebnis des Anlagenver-

<sup>2</sup> Siehe Seiten 13 - 16 der Potenzialstudie

<sup>3</sup> Siehe Seiten 17 - 18

<sup>4</sup> Siehe Seiten 18 - 22

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich: Technische Betriebe Offenburg	Bearbeitet von: Müller, Alex Lehmann, Raphael	Tel. Nr.: 9276-233	Datum: 01.06.2023
---	---	-----------------------	----------------------

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzenkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

gleichs kann erst nach den Technikumsversuchen gezogen werden, da die Brennstoffeigenschaften auf den Anlagenbetrieb Auswirkungen haben und die Anlagen kontinuierlich weiterentwickelt werden.

## 2.3 Mögliche Standorte

Einer der wesentlichen Faktoren für den Betrieb einer solchen Anlage ist das Finden eines geeigneten Standorts. Dabei sind neben der genehmigungsrechtlichen Voraussetzung und der Verfügbarkeit einer entsprechend großen Fläche weitere Faktoren zu berücksichtigen<sup>5</sup>. Am Beispiel von drei noch näher zu untersuchenden Standorten wurden diese Standortfaktoren bewertet. Die Standortfrage ist eine der Schlüsselaufgaben, wenn eine Karbonisierungsanlage umgesetzt werden soll. Die drei potenziellen Standorte werden aktuell einer vertieften Standortbetrachtung unterzogen. Für den Standort „Grünablageplatz der TBO“ sprechen derzeit die Flächengröße, die Verfügbarkeit sowie die verkehrsgünstige Lage. Die Entfernung zum derzeitigen Wärmenetz ist jedoch groß. Für den Standort „aktuelles E-Center“ spricht die Nähe zur Heizzentrale. Hierbei liegen die Problemstellungen im Bereich der genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen. Für den Standort „Gewerbepark Schutterwald“ spricht die gute Infrastruktur sowie das Flächenangebot. Auch hier ist die Entfernung zum Fernwärmenetz groß. Als günstige Option könnte auch die Aufbereitung und die Pyrolyseanlage getrennt werden, um die genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen zu erfüllen. Belastbare Aussagen hierzu können erst nach der Standortanalyse und ggf. nach den Technikumsversuchen<sup>6</sup> getroffen werden. Ein kurzer Standortvergleich ist Anlage 2 zu entnehmen.

## 2.4 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanzierung<sup>7</sup> ist eine komplexe Materie. Wesentliche Einflussfaktoren dabei sind neben den Einsatzstoffen die Systemgrenzen, der Betrachtungszeitraum sowie diverse weitere Parameter. Dem Betrachtungszeitraum kommt deshalb besondere Bedeutung zu, da über den gewählten Zeitraum von 100 Jahren rd. 26 Prozent des in der Pflanzenkohle gebundenen CO<sub>2</sub> abgebaut und wieder freigesetzt werden. Je nach Anlagentyp und Berechnungsmodell (mit bzw. ohne Sequestrierung<sup>8</sup>) lassen sich rd. 1.500 bis 3.500 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>9</sup> pro Jahr dauerhaft binden.

<sup>5</sup> Siehe Seite 50ff

<sup>6</sup> Die Inhaltsstoffe der Stoffströme haben auch Einfluss auf die genehmigungsrechtliche Einordnung der Anlage

<sup>7</sup> Siehe Seite 52ff

<sup>8</sup> Die Aufnahme und Speicherung atmosphärischen Kohlenstoffs durch Pflanzen (CO<sub>2</sub>-Bindung)

<sup>9</sup> 1 Tonne CO<sub>2</sub> entspricht dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Mittelklasse-PKW's bei einer Jahresfahrleistung zwischen 7.000 bis 11.000 km

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

## 2.5 Wirtschaftlichkeitsvergleich<sup>10</sup>

Die wesentlichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind wie folgt definiert: Fremdfinanzierungsanteil 60 Prozent - Rückzahlung innerhalb von 10 Jahren. Es wurde eine Inflationsrate von 3,0 Prozent über den Abschreibungszeitraum angenommen. **Förderungen und Subventionen wurden keine berücksichtigt.** Weitere Details und Annahmen zur Finanzierung siehe Anlage A-3. Eine Zusammenfassung der Szenarien sowie eine Kurzbewertung siehe Anlage 3 dieser Drucksache.

### 2.5.1 Ergebnisse Szenario A<sup>11</sup>

Auf Basis der oben aufgeführten Szenarien A bis C und den Anlagen der drei Herstellern von Karbonisierungsanlagen ergeben sich unterschiedliche Konstellationen. Die Investitionskosten betragen für das Szenario A zwischen 3.114 TEUR und 5.130 TEUR. Die Anlagenleistung beträgt rd. 2.700 t Trockenmasse pro Jahr. Der Auslastungsgrad der Anlagen beträgt rd. 98 Prozent bei Betriebskosten zwischen 340 TEUR und 500 TEUR pro Jahr. Die prognostizierten Einnahmen bewegen sich zwischen 840 TEUR und 1.155 TEUR pro Jahr. Die Amortisationszeiten der Varianten liegen zwischen 5,7 und 9,9 Jahren.

### 2.5.2 Ergebnisse Szenario B<sup>12</sup>

Im Szenario B werden zusätzlich zu den Grünabfällen, Wurzelstöcken und Schnittgut noch Laubpellets verarbeitet. Der Gesamtinput steigt somit von 9.600 Jahrestonnen (aus Szenario A) Frischmasse (FM) auf 11.300 Jahrestonnen (FM). Der Auslastungsgrad der Anlagen sinkt bei dieser Variante auf 50 - 63 Prozent, bei Betriebskosten zwischen 490 TEUR und 693 TEUR pro Jahr. Die prognostizierten Einnahmen bewegen sich zwischen 1.028 TEUR und 1.345 TEUR pro Jahr. Die Investitionskosten betragen für das Szenario B zwischen 4.624 TEUR und 9.656 TEUR. Die Amortisationszeiten der einzelnen Varianten liegen zwischen 9,6 und 14,5 Jahren.

### 2.5.3 Ergebnisse Szenario C<sup>13</sup>

Im Szenario C wird zusätzlich zu den Grünabfällen, Wurzelstöcken und Schnittgut noch Altholz der Klassen A I bis A III verarbeitet. Der Gesamtinput steigt somit von 9.600 Jahrestonnen Frischmasse (FM) aus dem Szenario A auf 12.100 Jahrestonnen (FM). Der Auslastungsgrad der Anlagen schwankt je nach Anlagentyp im Bereich zwischen 63 - 78 Prozent. Die Betriebskosten betragen zwischen 441 TEUR und 667 TEUR pro Jahr. Die prognostizierten Einnahmen bewegen sich zwischen 1.218 TEUR und 1.621 TEUR pro Jahr. Die Investitionskosten betragen für das Szenario C zwischen 4.151 TEUR und 8.182 TEUR. Die Amortisationszeiten der Varianten liegen zwischen 4,5 und 9,1 Jahren.

<sup>10</sup> Siehe Seite 58ff

<sup>11</sup> Siehe Seite 60ff

<sup>12</sup> Siehe Seite 64ff

<sup>13</sup> Siehe Seite 67ff

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich: Technische Betriebe Offenburg	Bearbeitet von: Müller, Alex Lehmann, Raphael	Tel. Nr.: 9276-233	Datum: 01.06.2023
---	---	-----------------------	----------------------

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

## 2.5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Über alle Szenarien hinweg ergeben sich Amortisationszeiten zwischen 4,5 und 14,5 Jahren. Das heißt, alle Anlagenvarianten lassen sich nach derzeitiger Einschätzung ohne Förderung wirtschaftlich betreiben. Das Szenario B mit zusätzlicher Pyrolyse von Laub verursacht - aufgrund zusätzlicher Anlagen - die höchsten Investitionskosten und die längsten Amortisationszeiten. Die Karbonisierungsanlagen der Firma Carbo-FORCE haben über alle Szenarien die kürzesten Amortisationszeiten. Mit der Option der Pyrolyse von Altholz (Szenario C) verkürzt sich diese auf 4,5 Jahre (siehe Anlage 3).

## 3. Weiteres Vorgehen

Zusammenfassend ergeben alle betrachteten Szenarien und Varianten ohne Förderung ein wirtschaftlich tragbares Konzept. Aktuell werden solche energetischen Biomassennutzungen mit CCS auch mit erheblichen Fördermitteln unterstützt, um die Klimaziele zu erreichen. Mittlerweile sind auch private Wirtschaftsunternehmen in diesem Bereich tätig. Es gibt bereits Interessensbekundungen für ein Projekt in Offenburg oder der näheren Umgebung.

Aufgrund der umfangreichen Vorarbeiten und langen Realisierungszeiträumen haben die TBO das Ingenieurbüro Björnsen Beratende Ingenieure GmbH aus Leonberg mit der weiteren Unterstützung für das Projekt beauftragt. Die Arbeiten umfassen die Unterstützung bei der Antragsstellung im Rahmen der Förderrichtlinie Nationale Klimaschutzinitiative („Investive, kommunale Klimaschutz-Modellprojekte“) sowie die Begleitung und Auswertung der Technikumsversuche zur Materialaufbereitung und Karbonisierung. Die Kosten für diese Leistungen liegen laut Angebot bei rund 20 TEUR. Da die Offenburger Wärmeversorgung (WVO) ebenfalls ein großes Interesse an diesem Projekt hat, wurde vereinbart, sich diese Kosten zu teilen.

Bereits am 30.04.2023 war die Abgabefrist für die Projektskizze. Anhand dieser Projektskizze wird durch den Fördergeber eine Vorauswahl für die Konkretisierung des Förderantrags getroffen. Die TBO haben diese Projektskizze rechtzeitig eingereicht.

Bis zur Sommerpause 2023 wird durch den Fördermittelgeber (Projekträger Jülich / Forschungszentrum Jülich GmbH mit Sitz in Berlin) geprüft, welche Projekte förderwürdig sind. Sollte die eingereichte Projektskizze den Anforderungen des Fördermittelgebers entsprechen, muss diese Projektskizze weiter konkretisiert werden. Bis dahin kann der Antrag bzw. die Projektskizze ohne weitere Begründung zurückgezogen werden. Um eine solche Entscheidung fällen zu können, sind folgende wesentliche Fragestellungen zu klären:

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzenkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

1. Welche Standorte kommen für eine Pyrolyseanlage bzw. Aufbereitung in Frage (Schlüsselfrage!)?
2. Zur genauen Bestimmung der in den Berechnungen angesetzten Biomasse-nutzungen sind verschiedene Technikumsversuche<sup>14</sup> notwendig.
3. Klärung des Betreibermodells bzw. Suche nach geeigneten Kooperationspartnern.<sup>15</sup>

### 3.1 Standort

Der Standortauswahl kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Dabei sind neben planungsrechtlichen Grundlagen auch Verfügbarkeit, Größe und Lage sowie die Anbindung an das Fernwärmenetz bzw. die Nutzung der Abwärme wesentliche Standortfaktoren, die es zu prüfen gilt. Aktuell sind drei potenzielle Standorte<sup>16</sup> in der Diskussion. Die wesentlichen Standortfaktoren sind die Einhaltung genehmigungsrechtlicher Vorgaben, ausreichende Fläche, ganzjährige Wärmeabnahme, kurze Entfernung zur Brennstoffaufbereitung sowie das Vorhandensein der notwendigen Infrastruktur (Strom, Wasser, Abwasser, verkehrliche Erschließung etc.).

### 3.2 Technikumsversuche

Die Technikumsversuche bilden die Grundlage für die Masseberechnung der Stoffströme (Quantität) sowie für die Ausgangsstoffe (Qualität). Diese beiden Einflussfaktoren bestimmen sowohl die Aufbereitungskosten als auch die Erlöse und sind deshalb die fundierte Basis einer belastbareren Wirtschaftlichkeits- bzw. Amortisationsrechnung. Soweit möglich, sollen diese Versuche in Kooperation mit der Hochschule in Offenburg durchgeführt werden.

### 3.3 Betreibermodell

Wie in der Potentialstudie ausgeführt, sind verschiedenste Betreibermodelle denkbar. Neben den Bestimmungen für eine Förderung spielen rechtliche und politische Fragestellungen eine wichtige Rolle. Nicht zu vernachlässigen ist auch die notwendige Agilität eines solchen Betriebes. Wie die jüngste Vergangenheit gezeigt hat, können sich die Marktbedingungen sehr dynamisch verändern. Deshalb ist es notwendig, sehr schnell reagieren zu können. Aktuell liegen mehrere Interessensbekundungen - auch aus der Privatwirtschaft - zur Beteiligung an diesem Projekt vor. Dabei sollten die lokalen „Player“ - wie die Wärmeversorgung Offenburg und der Ortenaukreis - in die Auswahl mit einbezogen werden.

<sup>14</sup> Siehe Seite 63 (Mitte) u. a. wg. der zu erreichenden Qualität der Pflanzenkohle

<sup>15</sup> Siehe Seite 75ff

<sup>16</sup> Siehe Seite 50ff

# Beschlussvorlage

Drucksache - Nr.

099/23

Dezernat/Fachbereich:  
Technische Betriebe  
Offenburg

Bearbeitet von:  
Müller, Alex  
Lehmann, Raphael

Tel. Nr.:  
9276-233

Datum:  
01.06.2023

---

Betreff: Sachstandsbericht Pflanzenkohle - Ergebnisse der Potenzialstudie

---

## 4. Fazit

Die vorliegende Studie prognostiziert sowohl ökologisch als auch ökonomisch ein positives Entwicklungspotenzial. Die energetische Biomassenutzung mit einer langfristigen CO<sub>2</sub>-Speicherung ist derzeit eine der wenigen technisch erprobten Möglichkeiten, CO<sub>2</sub> dauerhaft zu binden.

Wie bereits ausgeführt, sind die drei wesentlichen Fragestellungen in der Tiefe noch zu klären und dann im Anschluss zu entscheiden. Es darf nicht verkannt werden, dass diese Aufgaben einer externen fachlichen Beratung bedürfen und sehr zeitintensiv sind und bleiben.

Die Einschätzung des Fördermittelgebers soll noch vor der Sommerpause 2023 kommuniziert werden. Die Zeit bis dahin sollte genutzt werden, um in der Bearbeitung der Fragestellungen weitere Erkenntnisse zu gewinnen. Sollte die Projektskizze positiv bewertet werden, darf das Projekt beim Projektträger Jülich (Forschungszentrum Jülich GmbH in Berlin) vorgestellt werden. Ab Herbst 2023 soll dann der politische Abstimmungsprozess angegangen werden. Die derzeitigen Förderrichtlinien gehen von einer Förderquote von bis zu 70 Prozent aus. Konkret gefördert werden Vorhaben mit einer Fördersumme ab 200 TEUR bis max. 10 Mio. EUR.

Im günstigsten Fall liegt im Sommer 2024 ein Zuwendungsbescheid für die Realisierung einer solchen Karbonisierungsanlage vor. Auf Basis der aktuellen Planungs-, Genehmigungs- und Bauzeiten ist von einer rd. vierjährigen Umsetzungsphase auszugehen.

Anlagen:

Anlage 1 - Potenzialstudie Abfallentsorgung

Anlage 2 - Standortvergleich

Anlage 3 - Kurzbewertung der Szenarien A - C

Anlage 4 - Zeitplan