

Faktenblatt

Biomethan, strombasiertes Methan & biogener Wasserstoff im Zusammenspiel der Erneuerbaren Energien

Stand: 15.04.21

Das Hauptstadtbüro Bioenergie bündelt die politische Arbeit der Branche und wird getragen von:
Bundesverband Bioenergie e. V. (BBE), Deutscher Bauernverband e. V. (DBV), Fachverband Biogas e. V. (FvB)
und Fachverband Holzenergie (FVH)

Inhalt

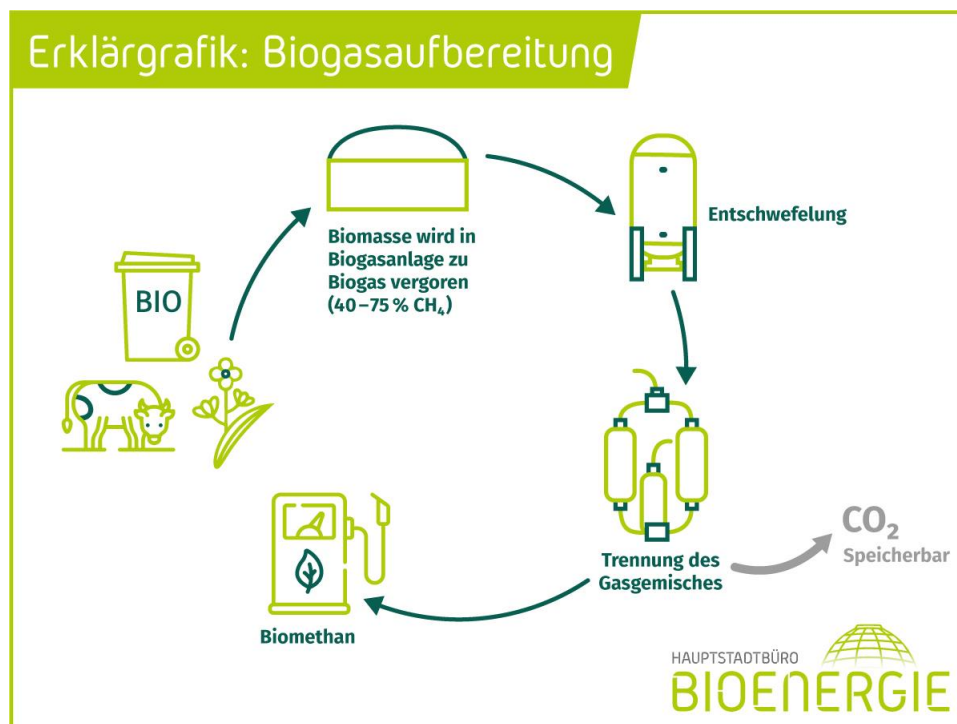
1. Vorwort.....	3
2. Biomethan aus Biogas (Biogasaufbereitung)	3
Bonus Güllevergärung.....	3
Bonus CO ₂ -Nutzung/Speicherung	4
3. Strombasierte Kraftstoffe mit biogenem CO ₂ (Wasserstoffmethanisierung)	4
3.1. Ausgangsbasis: Grüner Wasserstoff aus Strom (Elektrolyse)	4
3.2. Variante #1: Biologische Methanisierung von strombasiertem Wasserstoff.....	5
3.3. Variante #2: Direktmethanisierung von strombasiertem Wasserstoff mithilfe von Rohbiogas	5
3.4. Kostenvergleich: CO ₂ aus Biomasse vs. CO ₂ aus der Industrie.....	6
4. Grüner Wasserstoff aus Biomasse	6
4.1. Variante #1: Biogener Wasserstoff aus Biogas (Biogas-Dampfreformierung)....	6
Bonus CO ₂ -Nutzung/Speicherung	7
4.2. Variante #2: Biogener Wasserstoff aus Biomasse (Biomasse-Pyrolyse)	7
Bonus CO ₂ -Nutzung/Speicherung	8

1. Vorwort

Auch in Zukunft werden in vielen Sektoren weiterhin speicher-, verteil- und brennbare Energieträger mit großer Energiedichte notwendig sein, um energetische Prozesse auf hohem Energiepotenzial durchzuführen. Beispielsweise wird der Antrieb von Schiffen, Flugzeugen, Bussen oder LKW voraussichtlich nicht vollständig batteriebetrieben ablaufen, so dass fossile Kraftstoffe mehr und mehr erneuerbare Kraftstoffe ersetzt werden müssen. Aktuell stellen flüssige Biokraftstoffe den weitüberwiegenden Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe. Jedoch gibt es innovative Kraftstoffe, die ganz oder teilweise aus Biomasse gewonnen werden, und zukünftig biogene Flüssigkraftstoffe ergänzen müssen. Im Folgenden werden die wichtigsten dieser Verfahren skizziert.

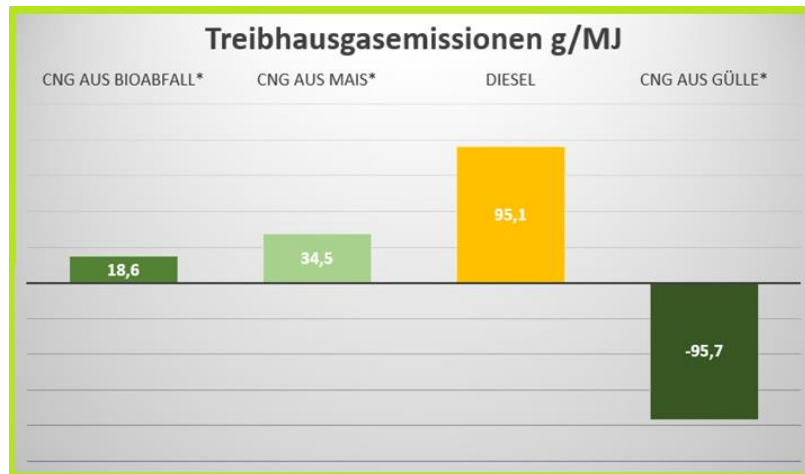
2. Biomethan aus Biogas (Biogasaufbereitung)

Da das Rohbiogas je nach eingesetztem Substrat bereits zu 45-70% aus Methan besteht, kann dieses in einer Biogasaufbereitungsanlage veredelt werden, wonach der Methangehalt auf 97% ansteigt. Hierzu muss Rohbiogas in einem ersten Schritt entschwefelt werden. Im Anschluss wird das CO₂ entfernt und abgeschieden oder zwischengespeichert. Das so veredelte Biomethan kann zu BioCNG und BioLNG (Flüssiggas) weiterverarbeitet werden.



Bonus Güllevergärung

In der nachfolgenden Grafik sind die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), welche innerhalb der kompletten Herstellungskette von Biomethan aus unterschiedlichen Substraten entstehen, abgebildet:



Dabei hat Biomethan aus Gülle sogar einen negativen THG Wert von $-95,7\text{g/MJ}$. Der Grund dafür ist, dass bei der Vergärung von Gülle in Biogasanlagen die Methanemissionen vermieden werden, die bei einer offenen Lagerung der Gülle entstünden. Insbesondere bei der Verwendung von Gülle ist die THG-Einsparung von Bio-CNG und Bio-LNG deshalb besonders hoch.

Bonus CO₂-Nutzung/Speicherung

Im Verlauf der Energiewende werden zunehmend klimaneutrale Kohlenstoffquellen benötigt, u.a. auch zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe. Das bei der Biogasaufbereitung gewonnene CO₂ kann dafür genutzt werden.

Darüber hinaus ist es für die angestrebte Klimaneutralität perspektivisch notwendig, der Atmosphäre CO₂ zu entziehen und in so genannten „CO₂-Senken“ dauerhaft zu speichern. Die Biogasaufbereitung ist eine Technologie zur Erstellung solcher Senken: Die Biomasse bindet bei ihrem Wachstum CO₂, das nach der Vergärung zu Biogas beim Aufbereitungsprozess wieder abgeschieden und dann gespeichert werden kann.

3. Strombasierte Kraftstoffe mit biogenem CO₂ (Wasserstoffmethanisierung)

3.1. Ausgangsbasis: Grüner Wasserstoff aus Strom (Elektrolyse)

Eine Möglichkeit, Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien zu gewinnen (sog. „grüner Wasserstoff“) ist die Elektrolyse. Hierbei wird Wasser mithilfe von Erneuerbarem Strom in Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H₂) zerlegt. Dieser Wasserstoff ist dann CO₂ -neutral.

Aus dem aus der Elektrolyse gewonnenen strombasierten Wasserstoff können in weiteren Produktionsschritten auch flüssige oder gasförmige Kraftstoffe wie synthetisches Methan, Kerosin oder Diesel gewonnen werden. Hierfür braucht es CO₂. Damit diese strombasierten Kraftstoffe sich auch langfristig positiv auf den Klimaschutz auswirken, muss das für ihre Herstellung notwendige CO₂ aus klimaneutralen Quellen wie Biomasse stammen.

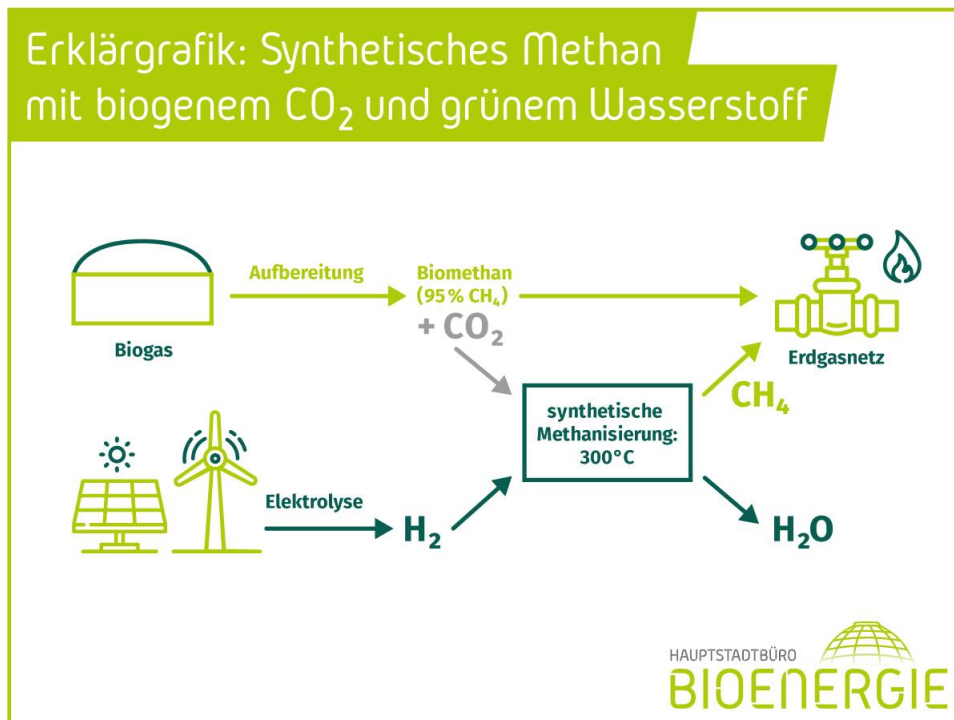
Bei der oben beschriebenen Aufbereitung von Rohbiogas zu Biomethan fällt als Nebenprodukt klimaneutrales CO₂ an. Eine Möglichkeit zur Herstellung von strombasierten Kraftstoffen ist deshalb die Errichtung von Elektrolyseanlagen am Standort von Biogasanlagen. So kann das CO₂ des Rohgases genutzt werden, um aus dem strombasierten Wasserstoff andere strombasierte Energieträger herzustellen. Da Biogasaufbereitungsanlagen ohnehin über einen Gasnetzanschluss verfügen, bietet

sich die Erzeugung von synthetischem Methan an, das zusammen mit dem Biomethan ins Gasnetz eingespeist wird.

3.2. Variante #1: Biologische Methanisierung von strombasiertem Wasserstoff

Während mithilfe der Elektrolyse Wasserstoff erzeugt und gespeichert wird, kann dieser später zusammen mit dem CO₂ aus der Biogasanlage zu Methan und Wasserdampf umgesetzt werden: $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Das so erzeugte Methan hat zwar aufgrund der notwendigen exothermen Reaktion einen 14 % geringeren Brennwert als der eingesetzte Wasserstoff, kann aber problemlos ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Wasserstoff könnte auch pur in das Erdgasnetz eingespeist werden, doch lediglich in kleinem Umfang, da dieser über eine geringere Dichte als Methan verfügt. Durch Nutzung der Abwärme des Methanisierungsprozesses kann die Energiebilanz verbessert werden. Darüber hinaus bietet die Kombination von Biogasanlage und Elektrolyseur die Chance, sehr viele Biogasanlagen auf die Gaseinspeisung umzurüsten, die ansonsten die dafür notwendige Mindestgröße nicht erreichen würden.



3.3. Variante #2: Direktmethanisierung von strombasiertem Wasserstoff mithilfe von Rohbiogas

Die Direktmethanisierung ist eine besondere Variante der Wasserstoffmethanisierung. Hier wird Rohbiogas innerhalb eines Reaktors direkt mit Wasserstoff versetzt. Da sich im Rohbiogas neben CH₄ eine größere Menge CO₂ befindet, kann somit der Methangehalt des Biogases erheblich angehoben werden – unter Umständen auf mehr als 95 %. Im Vergleich zur biologischen Methanisierung von Wasserstoff bietet die Direktmethanisierung eine Reihe von Vorteilen:

- Kosteneinsparung durch Wegfall des apparativen Aufbaus zur Abscheidung und Speicherung von CO₂
- Reduktion von Wirkungsverlusten

- geeignet auch für kleinere Biogasanlagen.

3.4. Kostenvergleich: CO₂ aus Biomasse vs. CO₂ aus der Industrie

Je nach Anlagenkonzept und Technologieentwicklung können große Elektrolyseure, welche sich in der Nähe von Industrieanlagen befinden und das dort anfallende fossile CO₂ nutzen, in 2030 für etwa 22 ct/kWh synthetisches Methan produzieren. Bei kleineren Biogasanlagen liegen die Kosten mit knapp unter 40 ct/kWh deutlich darüber. Wenn nun jedoch große Biogasanlagen oder ein Anlagenzusammenschluss mehrerer Biogasanlagen mit einem großen Elektrolyseur verbunden werden, reduzieren sich die Kosten deutlich. Dies liegt daran, dass Biogasanlagen so, neben vergleichsweise teurem synthetischem Methan, weiterhin auch das deutlich günstigere Biomethan herstellen können. Stellt man eine entsprechende Mischkalkulation an, dann erreicht der Zusammenschluss von Biogasanlagen und einem 5 MW Elektrolyseur niedrigere Methan-Gestehungskosten als ein Industriebetrieb mit einem 100 MW Elektrolyseur.

Folgende Zahlen bieten eine Orientierung für das Jahr 2030:¹

Methanproduktionsanlage (Elektrolyseur + CO ₂ -Quelle)	Biomethan (ct/kWh)	Synth. Methan (ct/kWh)	Methan Mittelwert (ct/kWh)
Biogasanlagenzusammenschluss (zuvor 2,5 MW el) mit 5 MW Elektrolyseur	8	28	18
Industriebetrieb mit 100 MW Elektrolyseur	-	22	22

*Für die Berechnung des Mittelwerts wurde ein Anteil von 52 Prozent Biomethan und 48 Prozent synthetischem Methan zugrunde gelegt.

4. Grüner Wasserstoff aus Biomasse

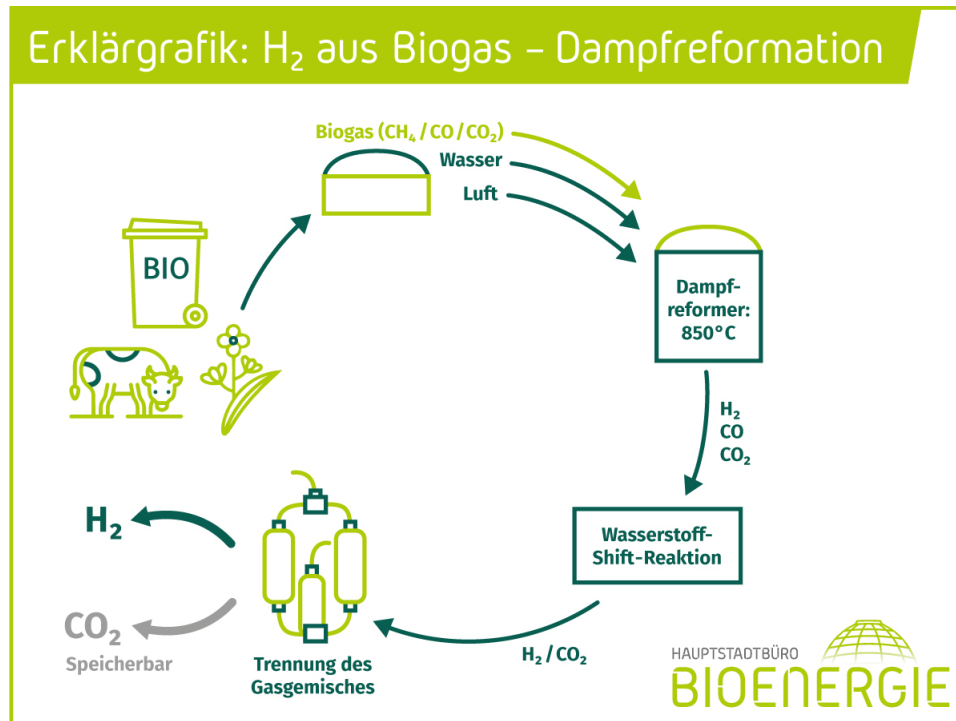
Neben der oben beschriebenen Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbarem Strom mittels Elektrolyse, kann Wasserstoff auch aus Biomasse gewonnen werden. Hier sind zwei Verfahren besonders interessant, da für diese bereits heute technisch ausgereifte sowie kosteneffiziente Lösungen gefunden wurden, um auch kleine, dezentrale Anlagen zu betreiben und dort Wasserstoff herzustellen, wo er aktuell noch fehlt. Der aus Biomasse gewonnene Wasserstoff kann z.B. als erneuerbarer Kraftstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzt werden oder als Grundstoff zur Dekarbonisierung von Raffinerieprozessen.

4.1. Variante #1: Biogener Wasserstoff aus Biogas (Biogas-Dampfreformierung)

Der Energiegehalt von Methan (CH₄), also dem Hauptbestandteil von Rohbiogas oder Biomethan, stammt aus dem darin enthaltenen Wasserstoff. Das heute übliche konventionelle Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff in der Industrie ist die so genannte „Dampfreformierung“ von Methan (üblicherweise Erdgas), bei dem der Wasserstoff vom Kohlenstoff getrennt wird. In diesem konventionellen Verfahren kann anstatt Erdgas Biomethan eingesetzt werden, aber auch Rohbiogas. Aus Rohbiogas, Wasser und Luft wird bei sehr hohen Temperaturen Wasserstoff gewonnen. Mittels einer anschließenden Wassergas-Shift-Reaktion können das entstandene Kohlenmonoxid zusammen mit Wasserdampf zu weiterem Wasserstoff reduziert werden. Für die notwendigen, hohen

¹ Quelle: DVGW (2018), Technisch-ökonomische Modellierung eines sektorengekoppelten Gesamtenergiesystems aus Gas und Strom unter Fortschreibung des regulatorischen Rahmens (Smaragd-Studie).

Temperaturen sorgt die Verbrennung eines Teils des Rohbiogases sowie sogenannter Tailgase, welche beim Reinigungsprozess anfallen.



Die Wasserstoffherstellung mithilfe der Dampfreformation an kleineren Biogasanlagen ist insbesondere dann lukrativ, wenn die Abwärme aus reiner Biogasverstromung nicht vor Ort abgesetzt werden kann und dezentrale Möglichkeiten der Wasserstoffgewinnung aus Elektrolyse eingeschränkt sind.

Eine Biogasanlage mit beispielsweise 400 kW elektrischer Leistung könnte etwa 430 kg H₂/Tag herstellen. Ein mit Wasserstoff betriebener Bus verbraucht in etwa 25 kg H₂/Tag. Eine solche Biogasanlagen könnte also eine Busflotte mit 17 Fahrzeugen ganzjährig mit Kraftstoff versorgen. Eine entsprechende Umrüstung von nur 10% der heutigen Bestandsanlagen würden bereits ausreichen, um alle ÖPSV-Busse in Deutschland mit Wasserstoff zu betanken.

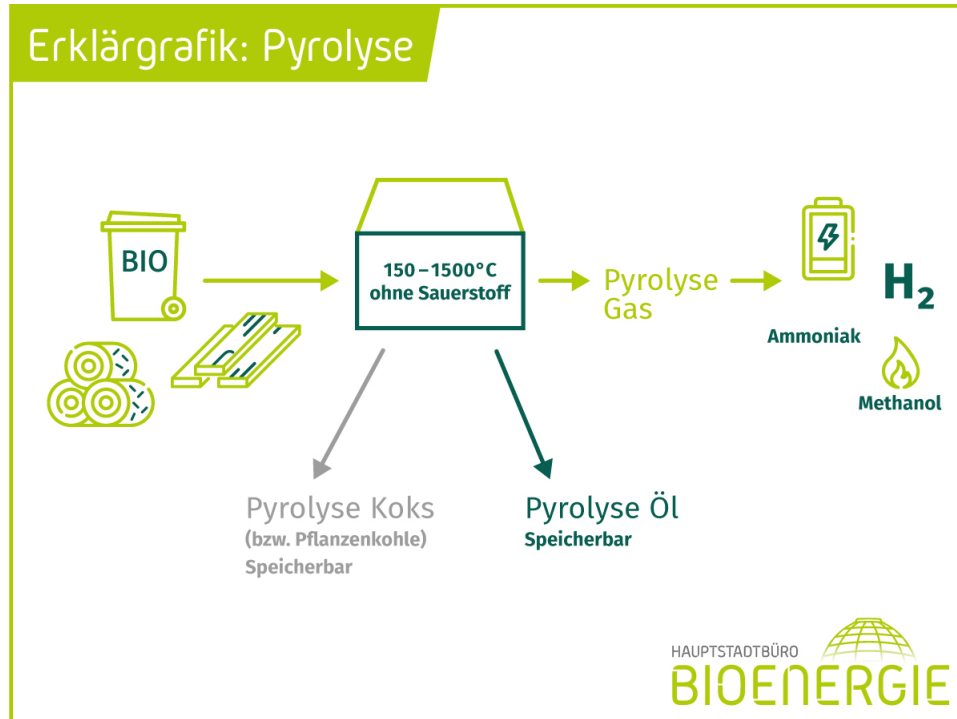
Bonus CO₂-Nutzung/Speicherung

Bei der Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse kann sogar noch mehr klimaneutraler Kohlenstoff gewonnen werden als bei der Biogasaufbereitung, da auch der Kohlenstoffanteil des Methans freigesetzt wird und für die Weiterverarbeitung oder dauerhafte Speicherung genutzt werden kann.

4.2. Variante #2: Biogener Wasserstoff aus Biomasse (Biomasse-Pyrolyse)

Sämtliche biologische Ausgangsstoffe wie Gülle, Klärschlamm, Biomüll, Waldrestholz oder landwirtschaftliche Reststoffe können in thermo-chemischen Umwandlungsprozesse unter Abwesenheit von Sauerstoff in unterschiedliche Endprodukte gespalten werden. Dabei werden je nach Verfahren und gewünschten Endprodukten unterschiedliche Temperaturniveaus benötigt. Grundsätzlich fallen in der Pyrolyse Kohle, Öl und Gase an. Während die Kohle sowie das Öl speicherbar sind, kann aus dem Pyrolysegas eine große Bandbreite an unterschiedlichen Endprodukten entstehen. Beispielsweise kann mithilfe einer Wasserstoff-Shift Reaktion Wasserstoff gewonnen werden. Die Pflanzenkohle kann hingegen auf Äckern ausgebracht und eingearbeitet

werden, um dort beispielsweise die Bodenfruchtbarkeit zu steigern, ohne sich mittelfristig zu zersetzen. Dadurch ist die Herstellung von Pyrolysekohle auch ein effektiver Weg zur CO₂-Fixierung.



Bonus CO₂-Nutzung/Speicherung

Für die CO₂-Speicherung ist das Verfahren der Biomasse-Pyrolyse besonders geeignet, da der Kohlenstoff als Pflanzenkohle und damit bereits in festem Zustand anfällt.

Kontakt

Hauptstadtbüro Bioenergie
Jörg Schäfer
Referent politische Kommunikation
E-Mail: joerg.schaefer@biogas.org
Tel.: 030 / 27 58 179 15