



# **Energetisches Verwertungskonzept für anfallendes Mahd- und Schnittgut im Bereich der Stadt Hameln**

**Ausschuss für Umwelt, Nachhaltigkeit und Klimaschutz  
10.04.2024**

Dipl. Ing. Udo Meyer  
M.Eng. Sina Gothe

---

**ATUS GmbH ♦ Berater ♦ Gutachter ♦ Ingenieure**  
**Steindamm 39**  
**20099 Hamburg**  
**[www.atus.de](http://www.atus.de)**



# Ausgangssituation

---

- Ende 2008 trat die Stadt Hameln dem Europäischen Klima-Bündnis e.V. bei
- Ziele der Klima-Bündnis-Städte und - Gemeinden:
  - kontinuierliche Verminderung ihrer Treibhausgasemissionen auf ein nachhaltiges Niveau von 2,5 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Einwohner und Jahr
  - durch Energieeinsparung, Steigerung der Energieeffizienz und durch Ausbau der erneuerbaren Energien
- Ziel der Studie:
  - Ermittlung der Biomassepotenziale, die im Rahmen der Grünflächen- und Straßenunterhaltung sowie der Straßenreinigung im Stadtgebiet beim Fachbereich V „Umwelt und technische Dienste“ anfallen
  - Ermittlung von geeigneten Verwertungsverfahren
  - Überlegungen zur Umsetzung einer Verwertungsanlage einschl. Wirtschaftlichkeitsprüfung
  - Ermittlung der möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale

# Übersicht Biomassepotenziale

| Nutzung  | Katasterfläche/<br>Länge | Potenzial<br>theoretisch<br>gerundet | Potenzial<br>tatsächlich<br>gerundet | Empfänger /<br>Ansätze   |
|--|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Siedlungsflächen</b>  |                          |                                      |                                      |  |
| Wohnbebauung   | 964 ha                   | 8.600 t/a                            | 4.200 t/a                            | Landkreis  |
| Industrie und Gewerbe  | 380 ha                   | 610 t/a                              |                                      | Landkreis oder andere  |
| Sport-, Freizeit- und<br>Erholungsflächen  | 326 ha                   | 4.700 t/a                            |                                      | Abt. 53 Stadtgrün:<br>2/3 Rasenschnitt x 50 %; 1/3 Gehölz  |
| Öffentliche Einrichtungen  | 116 ha                   | 370 t/a                              |                                      | Abt. 55 Betriebshof und Friedhöfe:<br>2/3 Rasenschnitt; 1/3 Gehölz                                       |
| Friedhöfe  | 38 ha                    | 840 t/a                              |                                      | Abt. 55 Betriebshof und Friedhöfe:<br>Abzgl. fremdstoffhaltigen Grabschmuck                              |
| <b>Verkehrsflächen</b>   |                          |                                      |                                      |  |
| <b>Straßenverkehr</b>  | 383 ha/ 464 km           | 2.750 t/a                            | 550 t/a                              | Abt. 55 Betriebshof und Friedhöfe:<br>In BiomasseV bzw. BioAbfV und EEG<br>ausgenommen                   |
| <b>Bahnverkehr</b>   | 76 ha/ 26 km             | 90 t/a                               |                                      | Ansatz 0 % wg. Zugänglichkeit  |
| <b>Vegetationsflächen</b>  |                          |                                      |                                      |  |
| Wald   | 2.895 ha                 | 5.200 t/a                            | 440 t/a                              | Ansatz 0 %   |
| Landschafts- und<br>Naturschutzgebiete (ohne Wald)                                   | 182 ha                   | 1.100 t/a                            |                                      | Pächter Landwirte, Forstbetriebe,<br>Landschaftspflegeverbände, NABU, BUND;<br>Hier 40 % für Betriebshof |
| <b>Gewässerflächen</b>   |                          |                                      |                                      |  |
| Fließgewässer  | 150 ha / 87 km           | 300 t/a                              | 150 t/a                              | Abt. 55 Betriebshof und Friedhöfe, 50%   |
| stehende Gewässer  | 176 ha / 27 km           | 90 t/a                               | 50 t/a                               |  |
| <b>Summe Potenziale<br/>ohne Wohnbebauung, Industrie/ Gewerbe, Bahn und Waldholz</b> |                          |                                      | <b>5.390 t/a</b>                     |  |

**Entsorgungsmenge Betriebshof (2019-2021): ca. 300 t/a holzige und 1.900 t/a krautige Biomasse**

# Mögliche Verwertungsverfahren

---

## **Stoffliche und energetische Nutzung:**

- **Vergärungsverfahren:**
  - Im Landkreis Hameln-Pyrmont gibt es 24 privat betriebene Biogasanlagen (Stand 2018); ausschließlich NawaRo-Anlagen, Inputmaterial etwa 2/3 Energiepflanzen und 1/3 Wirtschaftsdünger
  - für die hier angedachten krautigen Biomassen kommt vorrangig die Trockenfermentation in Frage
- **Kompostierung:**
  - Nachkompostierung von Gärresten zusammen mit holziger Biomasse als Strukturmaterial zur Herstellung von Fertigkompost
  - Vermarktung des Kompostes an Landwirtschaft, Garten- und Landschaftsbau, private Haushaltungen

# Mögliche Verwertungsverfahren

---

## **Energetische Nutzung durch Verbrennung:**

- Im Landkreis Hameln-Pyrmont wurden bereits im Jahr 2016 über 75 % des Stromverbrauchs und 16 % des Wärmeverbrauchs durch regenerative Energien gedeckt
  - Anteil Nutzung von Biomasse für Strom und Wärme = etwa 72 % (Holz-Kleinöfen, Biogasanlagen, Altholz-Heizkraftwerk der Fa. Enertec Hameln GmbH)
- **Holzheiz(kraft)werk:**
  - Erzeugung von Wärme und ggf. Strom
  - Abgabe von Biomasse an Enertec zur thermischen Verwertung möglich?
    - zwar werden die hier relevanten AVV im Positiv-Annahmekatalog gelistet, nicht jedoch in den Allgemeinen Annahmebedingungen
      - hier ausschließlich Altholz wie Späne, Spanplatten, Korkabfälle
      - Genehmigungsrechtlich Annahme zulässig, es müssten die Allgemeinen Annahmebedingungen angepasst werden

# Mögliche Verwertungsverfahren

---

- **Holzhackschnitzelanlagen:**
  - Verwertung des holzartigen Grünschnitts, Landschaftspflegehölzer oder Kurzumtriebshölzer
  - Verbrennung der Hackschnitzel in Heizkessel, kontinuierliche und automatisierte Beschickung z. B. durch Schubboden
- **Pelletherstellung für Holzpellettheizung:**
  - Holzpellets werden in Deutschland zu etwa 90 % aus Sägespänen und Resthölzern hergestellt; zu 10 % wird nicht-sägefähiges Rundholz genutzt
  - Holzreste werden zunächst getrocknet, zerkleinert, konditioniert und schließlich durch eine Matrize gepresst
  - Unterschiedliche Holzarten, Größen, Härten und Feuchtigkeitsgrade stellen eine Herausforderung für die Verarbeitung dar
  - Verbrennung der Pellets im Kessel oder Ofen, kontinuierliche und automatische Beschickung z.B. über Förderschnecke

## Mögliche Verwertungsverfahren

---

- **Pyrolyseanlage - Herstellung von Pflanzenkohle:**
  - Pflanzenkohle aus Biomasse entsteht durch eine thermochemische Umwandlung (Vergasung, Pyrolyse, Verkohlung). Die Biomasse wird unter Mangel oder gar in Abwesenheit von Luftsauerstoff mithilfe von Wärme umgesetzt (unvollständige Verbrennung).
  - bei energetischer Verwertung weist die erzeugte Pflanzenkohle ähnliche Eigenschaften wie Braunkohle auf; bei stofflicher Verwertung kann sie als CO<sub>2</sub>-Senke dienen
  - Anwendungsmöglichkeiten: als Düngemittel/Bodenhilfsstoff, in Zementwerken und Industrie, in Baustoffen oder als Futtermittel und Einstreumaterial
  - Aus heutiger interessante Alternative, allerdings höheres Umsetzungsrisiko
    - Hohe Herstellungskosten
    - Regionale Absatzmöglichkeiten derzeit noch nicht ausreichend gegeben
  - KreisAbfallWirtschaft LK Hameln-Pyrmont: Machbarkeitsstudie zur Herstellung von Terra Preta (Gemisch aus Pflanzenkohle und Kompost (ggf. weitere Bodensubstrate))

# Mehrkostenabschätzung – Biomasseerfassung

---

- Um das Mahdgut einer Verwertung zuzuführen, ist zunächst unabhängig vom nachfolgenden Entsorgungsweg eine Umstellung der Mahdtechnik vorzusehen
  - die Stadt hat hierzu bereits neue Mahdgeräte sowie einen Ladewagen beschafft
- Für die Ermittlung der Bereitstellungskosten wird als Mahdtechnik ein Doppelmesserbalken gewählt
  - insektenschonende Mahd
  - geringes Verletzungsrisiko für z. B. Jungtiere,
  - geringerer Energiebedarf gegenüber Mulchmäher
  - durch Langgrasschnitt werden die Pflanzenzellen auf der Fläche weniger zerstört
  - auch werden ggf. auf der Mähfläche befindliche Abfälle nicht zerkleinert und können leichter aus dem Mahdgut aussortiert werden
  - Mahdgut kann für einen kostengünstigeren Transport und platzsparende Lagerung in Ballen gepresst werden
- Welche Mahdtechnik letztendlich in der Stadt Hameln zum Einsatz kommen sollte, ist vor allem vom Entsorgungsweg sowie der erforderlichen Form der Bereitstellung der Biomasse (lose, Rundballen, Pellet etc.) abhängig.

# Mehrkostenabschätzung – Biomasseerfassung

**Wirtschaftlichkeit:** in die Berechnungen fließen der Zeitbedarf fürs Mähen sowie Schwaden und Beladen / Entleeren des Ladewagens bzw. das Pressen von Ballen, Auf-/ Abladen der Ballen ein. Es werden Kosten für die Fahrzeuge und Geräte Verrechnungssätze eines Maschinenrings angesetzt sowie Treibstoffkosten in H.v. 1,30 €/l und Personal von 20 €/h

Nicht eingerechnet: Investitionskosten für die Umrüstung der Arbeitsgeräte sowie Instandhaltungskosten (bei Doppelmessermähbalken etwa 5 - 13 €/ha, bei Mulchern lediglich etwa 3 €/ha.

**Hinweis:** die Kosten basieren auf den Stand 2020 und 2021, aufgrund der Inflation sowie den gestiegenen Personal- und Treibstoffkosten dürften die Gesamtkosten aller drei Methoden inzwischen deutlich gestiegen sein

| Kostenvergleich                   | Einheit | Mulchmähd | Einsatz Messerbalken<br>und loser Abtransport | Einsatz Messerbalken<br>und Abtransport in Ballen |
|-----------------------------------|---------|-----------|---|---|
| Gesamtkosten                      | €/ha    | 65        | 168   | 231   |
| Gesamtkosten<br>(bei 3 t FM/ha,a) | €/t     | 20        | 50  | 90  |

Der Marktpreis für Heugroßballen lag im August 2021 bei rd. 130 €/t. Der Mehraufwand für die Heuproduktion könnte somit gedeckt werden. Fraglich ist allerdings, inwieweit es Abnehmer am Markt für die jeweiligen möglichen Qualitäten des Heus je Flächennutzungsart bzw. Akteur geben würde.

# Wirtschaftlichkeit – Szenario A

die Stadt betreibt eine eigene Vergärungsanlage sowie eine Hackschnitzelfeuerung

Beispielhafte Berechnung für eine *Trockenfermentation mit Nachrotte* : Input 5.000 t/a, Output 2.500 t/a Kompost.

nicht eingerechnet: Grundstückserwerb, Vermarktung von Strom und Wärme, Entsorgungsentgelt

**Hinweis:** die Kosten basieren auf den Stand 2021, aufgrund der Inflation sowie den gestiegenen Rohstoffkosten dürften die Investitionskosten um etwa 20-30 % gestiegen sein

|                                 | Variante 1                                      |                | Variante 2                                |                |
|---------------------------------|---|----------------|---|----------------|
|                                 | Trockenfermentation mit geschlossener Nachrotte |                | Trockenfermentation mit offener Nachrotte |                |
| <b>Invest</b>                   | <b>3.350.000 €</b>                              |                | <b>2.050.000 €</b>                        |                |
| kalkulatorische Kosten          | 314.167 €/a                                     | 63 €/t         | 195.000 €/a                               | 39 €/t         |
| jährliche Betriebskosten        | 252.300 €/a                                     | 50 €/t         | 189.800 €/a                               | 38 €/t         |
| <b>Summe Jahreskosten</b>       | <b>566.467 €/a</b>                              | <b>113 €/t</b> | <b>384.800 €/a</b>                        | <b>77 €/t</b>  |
| EEG-Vergütung Strom             | -107.309 €/a                                    | -21 €/t        | -107.309 €/a                              | -21 €/t        |
| Jahreserlös Vermarktung Kompost | -25.000 €/a                                     | -5 €/t         | -25.000 €/a                               | -5 €/t         |
| <b>Summe Erlöse</b>             | <b>-132.309 €/a</b>                             | <b>-26 €/t</b> | <b>-132.309 €/a</b>                       | <b>-26 €/t</b> |
| <b>Saldo Kosten Erlöse</b>      | <b>434.158 €/a</b>                              | <b>87 €/t</b>  | <b>252.491 €/a</b>                        | <b>51 €/t</b>  |

# Wirtschaftlichkeit – Szenario A

die Stadt betreibt eine eigene Vergärungsanlage sowie eine Hackschnitzelfeuerung

Beispielhafte Berechnung für eine *Hackschnitzelheizung für ein Schulzentrum mit Sporthalle und einem Wärmeverbrauch von 600 MWh pro Jahr.*

nicht eingerechnet: Grundstückserwerb, etwaige Förderungen

**Hinweis:** die Investkosten und Brennstoffpreise basieren auf den Stand 2021, aufgrund der Energiekrise, der Inflation sowie den gestiegenen Rohstoffkosten dürften die Investitionskosten um etwa 20-30 % gestiegen sein

| Beschreibung           | Einheit    | Erdgas        | Holz hackschnitzel |
|------------------------|------------|---------------|--------------------|
| Anlageninvest          | €          | 105.000       | 286.000            |
| Kapitalkosten          | €          | 7.400         | 20.000             |
| Brennstoffmenge Erdgas | MWh        | 600           |                    |
| Brennstoffmenge Holz   | MWh        |               | 600                |
| Brennstoffpreis Erdgas | ct/kWh     | 6,4           |                    |
| Brennstoffpreis Holz   | ct/kWh     |               | 2,5                |
| Brennstoffkosten       | €/a        | 38.460        | 15.000             |
| Betriebskosten         | €/a        | 5.300         | 14.300             |
| <b>Gesamtkosten</b>    | <b>€/a</b> | <b>51.160</b> | <b>49.300</b>      |

## Wirtschaftlichkeit – Szenario B

die Stadt betreibt ein Zwischenlager zur Aufbereitung der Biomasse,  
die Verwertung erfolgt extern

Beispielhafte Berechnung für ein *Zwischenlager zur Aufbereitung der Biomassen*  
nicht eingerechnet: Grundstückserwerb

**Hinweis:** die Kosten basieren auf den Stand 2021, aufgrund der Inflation sowie den gestiegenen Rohstoffkosten dürften die Investitionskosten etwa 20-30 % gestiegen sein

|                           | Variante 1<br>Betrieb Zwischenlager<br>und Durchführung<br>Aufbereitung |               | Variante 2<br>Betrieb Zwischenlager<br>Aufbereitung durch Dritte |               |
|---------------------------|---|---------------|--|---------------|
| <b>Invest</b>             | <b>750.000 €</b>  |               | <b>200.000 €</b>   |               |
| kalkulatorische Kosten    | 95.500 €/a  | 18 €/t        | 13.000 €/a   | 2 €/t         |
| jährliche Betriebskosten  | 108.990 €/a   | 20 €/t        | 86.500 €/a   | 16 €/t        |
| <b>Summe Jahreskosten</b> | <b>204.490 €/a</b>  | <b>38 €/t</b> | <b>99.500 €/a</b>  | <b>18 €/t</b> |

Zu den Bereitstellungskosten kommen zusätzlich Verwertungskosten der jeweiligen Behandlungsanlage, die bei ca. 40 – 60 €/t (Entsorgung inkl. Transport) liegen dürften.

## Fazit: Verwertungsverfahren und Wirtschaftlichkeit

---

1. Invest- und Betriebskosten wie auch die Erlöse sehr von der konkreten Ausgestaltung des Verwertungskonzepts abhängig
2. investive und sonstige Förderungen können die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen deutlich verbessern, z.B. Kommunalrichtlinie fördert Errichtung von Vergärungsanlagen (40 % der zuwendungsfähigen Ausgaben)
3. Entsorgung über den Entsorgungspark des Landkreises Hameln-Pyrmont aufgrund der derzeitigen Vertragsgestaltung kostengünstig.
  - krautige und holzige Biomasse (ausgenommen Baumwurzeln und Stammholz) dürfen auch von der Stadt Hameln gebührenfrei angeliefert werden
  - für Baumwurzeln und Stammholz (>15 cm Durchmesser) sind wie bei Privatanlieferern 34 € je angefangene 500 l zu zahlen
4. Befragungen von im Landkreis ansässigen Biogasanlagenbetreibern ergab keine Interessenten für die in der Stadt Hameln anfallende Biomasse
  - ausschließlich NawaRo-Anlagen, keine Genehmigung für die hier betrachteten Biomassen
  - zudem ausschließlich Nassvergärung => technisch ungeeignet für die hier betrachteten Biomassen

## Überschlägige CO<sub>2</sub>-Bilanz

- Biomasse hat gegenüber anderen erneuerbaren Energien den Vorteil, dass sie sowohl zur Strom-, Wärme- als auch Kraftstoffbereitstellung genutzt werden kann, wobei am Ende der Prozessketten immer eine Verbrennung (Oxidation) stattfindet, sei es in Feuerungen zur Wärmeproduktion oder Motoren zur Stromerzeugung.

| Verfahren  | Input<br>(Biomassepotenzial = 5.390 t/a)                          | CO <sub>2</sub> -Gutschrift<br>je t Input | CO <sub>2</sub> -Gutschrift<br>pro Jahr |
|--|---|---|---|
| Variante 1:<br>Vergärung mit geschl. Nachrotte   | krautige Grünabfälle und holzige Grünabfälle als Strukturmaterial | -133 kg CO <sub>2</sub> e/t               | -269 t CO <sub>2</sub> /a               |
| Variante 2:<br>Vergärung mit off. Nachrotte  | krautige Grünabfälle und holzige Grünabfälle als Strukturmaterial | -54 kg CO <sub>2</sub> e/t                | -58 t CO <sub>2</sub> /a                |
| Verbrennung  | Holzige Grünabfälle   | -785 kg CO <sub>2</sub> e/t               | -1.180 t CO <sub>2</sub> /a             |
| <b>Summe Variante 1</b>  |   |   | <b>-1.449 t CO<sub>2</sub>/a</b>        |
| <b>Summe Variante 2</b>  |   |   | <b>-1.238 t CO<sub>2</sub>/a</b>        |
| <b>Zzgl. Bei Szenario B – Aufbereitung (Schreddern / Sieben)</b>                       |   | 7-8 kg CO <sub>2</sub> e/t                | <b>38-43 t CO<sub>2</sub>/a</b>         |
| <b>Dies entspricht Einwohnergewichte (EGW) bei 9,8 t CO<sub>2</sub>e je Einwohner:</b> |   |   | <b>120-150</b>                          |
| <b>Dies entspricht Standard-PKW bei 154 g/Fz-km und 20.000 km/a</b>                    |   |   | <b>390-470</b>                          |

## Fazit: Potentiale und CO<sub>2</sub>-Einsparung

---

1. Es gibt große theoretische Potenziale an Biomassen im Stadtgebiet, jedoch wird nur ein Teil davon nutzbar sein.

- bereits bestehende Verwertungswege
- hohe Kosten für die Erfassung und Transport der Biomassen

2. Die Potenziale, auf die die Stadt Zugriff haben könnte, werden auf etwa 5.400 t/a geschätzt.

3. Das bestehende CO<sub>2</sub>-Einsparpotential ist sehr hoch: Je nach  
.... Kombination der technischen Verfahren und Anlagen  
.... Kaskadennutzungen (energetische und stoffliche Verwertung)  
.... Ersatz fossiler Energien in der Wärme- und Stromversorgung  
können **rund 1.200 bis 1.500 t CO<sub>2</sub>äq/Jahr** eingespart werden.

## Betreibermodelle einer Verwertungsanlage

---

1. Betreiber können Privatpersonen, private Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Vereine und Genossenschaften oder Kooperationen der genannten Träger sein.
2. Häufig sind Biomasseproduzenten wie Landwirte oder Waldbesitzer eingebunden.
3. Partner können z. B. Unternehmen sein, die Zugriff auf Biomassen haben oder auf Verwertungswege haben. Ebenso kommen Energieversorger in Frage, die z. B. ein Nahwärmenetz betreiben wollen.
4. Aus der Sicht der Stadt Hameln ist es nicht unbedingt erforderlich und voraussichtlich auch unwirtschaftlich, eine Verwertungsanlage selbst zu betreiben, stattdessen können hierzu Dritte z. B. in einer Betreiber- oder Projektgesellschaft eingebunden werden, wobei zahlreiche Varianten und Mischformen denkbar sind. Zum Beispiel wäre eine Kooperation mit den Stadtwerken Hameln Weserbergland denkbar.

## Fazit und Handlungsempfehlung

---

1. Insektenschutz und Artenvielfalt werden weiter in den Fokus rücken  
(Aktionsprogramm Insektenvielfalt Niedersachsen – Teilziel: Insektenlebensräume erhalten bzw. wiederherstellen sowie durch Gestaltung und Pflege in ihrer Qualität nachhaltig verbessern)
  - Durch Verzicht auf Mulchen würde sich eine höhere Verfügbarkeit von Biomasse ergeben. Diese sind jedoch abhängig von:
    - Zugänglichkeit der Flächen
    - Mehrkosten der insektenschonenden Mahd müssen auch politisch getragen werden
  - Umstellung der Mahdmethodene auch von Verwertungsmöglichkeiten abhängig
2. Betrieb einer Verwertungsanlage
  - Hierzu sollten die vorhandenen Biomassepotenziale erschlossen werden, ggf. in Zusammenarbeit mit der KAW
  - die zunehmende Verknappung biomassebasierter Energieträger könnten die Randbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb verbessern
  - Auch eine Kooperation mit den Stadtwerken Hameln Weserbergland oder der Enertec wäre denkbar
3. Fördermöglichkeiten prüfen; diese sind auch von der Nutzung der erzeugten Energie abhängig

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

---