



**Potenzialanalyse und  
Machbarkeitsstudie für das  
Projekt „Biomassehof“ im  
Landkreis Lüchow-Dannenberg**

*Stand 23.02.2022*

Erstellt durch:



ATUS GmbH ♦ Berater ♦ Gutachter ♦ Ingenieure  
Steindamm 39, 20099 Hamburg

## Inhalt

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>10</b>
1.1 Der Landkreis Lüchow-Dannenberg .....	10
1.2 Struktur der Abfallwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg .....	12
<b>2. FLÄCHENBEZOGENE BIOMASSEPOTENZIALE</b> .....	<b>14</b>
2.1.1 Siedlungsflächen .....	16
2.1.2 Verkehrsflächen .....	19
2.1.3 Vegetationsflächen .....	22
2.1.4 Wasserflächen.....	26
2.1.5 Naturschutzgebiete.....	27
2.1.6 Zusammenfassung der flächenbezogenen Potenziale.....	32
<b>2.2 Einwohnerbezogene und sonstige Biomassenpotenziale</b> .....	<b>33</b>
2.2.1 Bioabfallabfallaufkommen der privaten Haushalte .....	33
2.2.2 Lebensmittelabfälle.....	33
2.2.3 Holzverarbeitende Betriebe .....	36
<b>3. ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE</b> .....	<b>37</b>
<b>4. VERGLEICH MÖGLICHER TECHNISCHER VERFAHREN</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1 Vergärungsverfahren</b> .....	<b>39</b>
4.1.1 Nassvergärung.....	39
4.1.2 Trockenvergärung .....	40
<b>4.2 Energetische Nutzung von Holz</b> .....	<b>42</b>
4.2.1 Holzhackschnitzel.....	43
4.2.2 Holzheizkraftwerk .....	45
4.2.3 Pelletherstellung .....	46
<b>4.3 Innovative Verfahren zur Verwertung von Biomassen</b> .....	<b>50</b>
4.3.1 HTC-Verfahren .....	51
4.3.2 PYREG-Verfahren .....	53
4.3.3 Praxisreife und Wirtschaftlichkeit HTC und PYREG-Verfahren .....	56
<b>4.4 Fazit zu den möglichen technischen Verfahren</b> .....	<b>56</b>
<b>5. UMSETZUNG EINES BIOMASSEHOFS</b> .....	<b>57</b>

<b>5.1</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen</b>	<b>57</b>
5.1.1	Biomassevergärung (zentraler Ansatz)	57
5.1.2	Biomassevergärung (dezentraler Ansatz)	60
5.1.3	Hackschnitzelfeuerung	64
5.1.4	Hackschnitzeltrocknung	65
5.1.5	Biogasaufbereitung	67
5.1.6	Herstellung von Biokohle	67
5.1.7	Fazit	70
<b>5.2</b>	<b>Vermarktung der Produkte und Dienstleistungen</b>	<b>71</b>
5.2.1	Vermarktung von Strom	71
5.2.2	Vermarktung von Wärme	72
5.2.3	Vermarktung von Biogas als Kraftstoff	73
5.2.4	Vertriebskanäle für feste Produkte	75
5.2.5	Vermarktung von Kompost	76
<b>5.3</b>	<b>Einsatzbereiche und Abnehmergruppen</b>	<b>77</b>
5.3.1	Einsatzbereich Landwirtschaft	78
5.3.2	Einsatzbereich Erdenwerke	79
5.3.3	Einsatzbereich Gartenbau	80
5.3.4	Einsatzbereich Hobbygartenbau	80
5.3.5	Einsatzbereich Landschaftsbau / Rekultivierung	80
<b>5.4</b>	<b>Erfolgsfaktoren für einen Biomassehof</b>	<b>81</b>
<b>5.5</b>	<b>Betreibermodelle</b>	<b>85</b>
5.5.1	Öffentlich-Private Partnerschaften (ÖPP)	86
5.5.2	Beispiele für unterschiedliche Trägermodelle	87
<b>5.6</b>	<b>Bestimmung der möglichen Sammel-Verwertungspunkte</b>	<b>89</b>
5.6.1	Kriterium Herkunft der Biomassen	89
5.6.2	Kriterium Abnahme der erzeugten festen oder flüssigen Produkte	90
5.6.3	Kriterium Abnahme der erzeugten Energien	90
<b>5.7</b>	<b>Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale</b>	<b>93</b>
5.7.1	Methodisches Vorgehen	93
5.7.2	Organikmengen und ihre voraussichtliche Behandlung	95
5.7.3	Basisdaten und -ansätze zu den relevanten Prozessen	95
5.7.4	Ergebnis CO <sub>2</sub> -Bilanz	105
5.7.5	Exkurs Klimafaktoren Biogas als Kraftstoff	107
5.7.6	Exkurs Klimafaktoren Strom als Kraftstoff	112
<b>5.8</b>	<b>Darstellung der rechtlichen Randbedingungen</b>	<b>113</b>

5.8.1	Genehmigungsrechtliche und raumplanerische Randbedingungen.....	114
5.8.2	Regelungen zum Umgang mit Biomassen.....	116
5.8.3	Betrieb von Anlagen.....	117
5.8.4	Förderung Erneuerbare Energien .....	117
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT.....</b>	<b>119</b>
<b>6.1</b>	<b>Potenzialanalyse .....</b>	<b>119</b>
6.1.1	Flächenbezogenes Potenziale .....	119
6.1.2	Sonstige Potenziale .....	122
<b>6.2</b>	<b>Verwertungsverfahren für einen Biomassehof .....</b>	<b>123</b>
<b>6.3</b>	<b>Umsetzung eines Biomassehofs.....</b>	<b>124</b>
<b>6.4</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>126</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Flächen im Landkreis Lüchow-Dannenberg .....	15
Tabelle 2: Vegetationsflächen.....	22
Tabelle 3: Betriebs- und Flächenstruktur Landwirtschaft in Lüchow-Dannenberg .....	23
Tabelle 4: Abschätzung Biomassepotenzial Gewässer .....	27
Tabelle 5: Naturschutzgebiete im Landkreis Lüchow-Dannenberg .....	28
Tabelle 6: Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der Pflege von Naturschutzgebieten.....	29
Tabelle 7: Biomassepotential gewichtet nach Flächenanteil.....	30
Tabelle 8: Zusammenfassung flächenbezogene Potenziale im Landkreis Lüchow-Dannenberg .....	32
Tabelle 9: Abschätzung der Lebensmittelabfälle entlang der Wertschöpfungsketten .....	34
Tabelle 10: Gesamtpotenziale .....	38
Tabelle 11: Vergleich Nass- und Trockenvergärung .....	41
Tabelle 12: Holzpellettheizung.....	50
Tabelle 13: Investitionen und kalkulatorische Kosten Trockenfermentation.....	58
Tabelle 14: Betriebskosten Trockenfermentation .....	59
Tabelle 15: Erlöse sowie saldierte Gesamtkosten .....	60
Tabelle 16: Investitionen und kalkulatorische Kosten Trockenfermentation (je Anlage) .....	61
Tabelle 17: Betriebskosten Trockenfermentation (je Anlage).....	62
Tabelle 18: Erlöse sowie saldierte Gesamtkosten (je Anlage) .....	63
Tabelle 19: vergleichende Kalkulation Erdgas/Holz hackschnitzel .....	64
Tabelle 20: Kalkulation Pyrolyse-Anlage.....	69
Tabelle 21: Übersicht der relevanten Abfallströme und -prozesse .....	95
Tabelle 22: Spezifische Emissionslast- und -gutschriften der Trockenfermentation.....	99
Tabelle 23: Spezifische Emissionslast- und -gutschriften der Trockenfermentation.....	100
Tabelle 24: CO <sub>2</sub> -Bilanz Hackschnitzel-BHKW am Beispiel eines Schulzentrums.....	102
Tabelle 25: CO <sub>2</sub> -Bilanz Pyrolyseanlage und Verwendung von Biokohle .....	104
Tabelle 26: Zusammenfassung der CO <sub>2</sub> e-Bilanz .....	106
Tabelle 27: Entlastungsbeitrag des Biomassehofs.....	107
Tabelle 28: Faktoren der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen von Diesel und Erdgas .....	108
Tabelle 29: CO <sub>2</sub> -Emissionen der Busflotte LSE – Kraftstoffvergleich Diesel und Erdgas.....	109

Tabelle 30: CO<sub>2</sub>-Bilanz Biogasaufbereitung und Nutzung als Kraftstoff .....111

Tabelle 31: CO<sub>2</sub>-Emission Transporte - Kraftstoffvergleich Diesel und Strom .....113

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung - Landkreis Lüchow-Dannenberg .....11

Abbildung 2: Pilotprojekt "Biomüll-Schleusen" - Landkreis Lüchow-Dannenberg .....13

Abbildung 3: Garagenfermenter der Biogasanlage in Breese/Marsch .....40

Abbildung 4: Schematischer Aufbau eines Holzheizkraftwerks .....46

Abbildung 5: Pelletieranlage – Anlieferung und Trocknungsanlage (modifiziert) .....47

Abbildung 6: Pelletieranlage - Konditioneur – Reifebehälter (modifiziert) .....47

Abbildung 7: Pelletieranlage - Matrizenpresse – Kühler (modifiziert) .....48

Abbildung 8: Schematischer Aufbau einer Pelletheizung .....49

Abbildung 9: Produkt einer HTC-Anlage, lose und pelletiert .....52

Abbildung 10: Ablaufkette des PYREG-Verfahrens .....54

Abbildung 11: Containertrocknung .....66

Abbildung 12: Anzünder aus Holzwolle, Holzbriketts mit und ohne Zugloch .....75

Abbildung 13: Vermarktung gütegesicherten Kompostes im Jahr 2014 .....78

Abbildung 14: Latentwärmespeicher .....93

## Abkürzungsverzeichnis

a = Jahr

atro = absolut trocken/darrtrockenes Holz

AwSV = Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

BetrSichV = Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung)

BHKW = Blockheizkraftwerk

BImSchG = Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz)

BImSchV = Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Bundes-Immissionsschutzverordnung)

BioAbfV = Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung)

BiomasseV = Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung)

BMEL = Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

BauNVO = Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung)

CO<sub>2e</sub> = Kohlenstoffdioxid-Äquivalente; ist eine Masseinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase. Dieser Index drückt die Erwärmungswirkung einer bestimmten Menge eines Treibhausgases über einen festgelegten Zeitraum (meist 100 Jahre) im Vergleich zu derjenigen von CO<sub>2</sub> aus.

DIN = Deutsches Institut für Normung; ist die bedeutendste nationale Normungsorganisation Deutschlands

DüV = Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung)

DüMV = Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung)

E = Einwohner

EEG = Erneuerbare-Energien-Gesetz

EFH = Einfamilienhäuser

Efm = Erntefestmeter (Volumeneinheit: aufbereitetes Holz ohne Rinde in m<sup>3</sup>)

EN = Europäische Norm; sind Regeln, die von einem der drei europäischen Komitees für Standardisierung (CEN, CENELEC, ETSI) ratifiziert worden sind

FBG = Forstbetriebsgemeinschaft

FeuVO = Feuerverordnung

Fm = Festmeter (entspricht 1 m<sup>3</sup>)

FM = Frischmasse

GaLaBau = Garten- und Landschaftsbau

GbR = Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GIRL = Geruchsimmissions-Richtlinie

GL = Grünland

GV = Großvieheinheiten

GWh = Gigawattstunde

ha = Hektar (entspricht 10.000 m<sup>2</sup> bzw. 0,01 km<sup>2</sup>)

HTC = hydrothermale Carbonisierung

ISO = Internationale Organisation für Normung

kAÖR = kommunale Anstalt des öffentlichen Rechts

KfW = Kreditanstalt für Wiederaufbau; ist die weltweit größte nationale Förderbank; ihre Aufgabe besteht u. a. in der Realisierung von öffentlichen Aufträgen wie der Finanzierung von Infrastrukturvorhaben und Wohnungsbau, der Finanzierung von Energiespartechiken und der kommunalen Infrastruktur.

km/ km<sup>2</sup> = Kilometer / Quadratkilometer

KrWG = Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen

kW / kWel / kWth / kWh = Kilowatt / Kilowatt elektrisch / Kilowatt thermisch / Kilowattstunde

KWK = Kraftwärmekopplung; ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie und nutzbarer Wärme, die in einem gemeinsamen thermodynamischen Prozess entstehen

KWKG = (Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz)

LGLN = Landesamt für Geoinformation und Landvermessung Niedersachsen

LNatSchG = Landesnaturschutzgesetz

LSN = Landesamt für Statistik Niedersachsen

m / m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> = Meter / Quadratmeter/ Kubikmeter

MBA = Mechanisch-Biologische-Abfallbehandlungsanlage

MFH = Mehrfamilienhäuser

MJ = Megajoule (entspricht 0,2778 kWh)

MU = Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz

MW /MWh = Megawatt / Megawattstunde

NAbfG = Niedersächsisches Abfallgesetz

NawaRo = Nachwachsende Rohstoffe

NTK = Niedertemperatur-Konvertierung

ORC = Organic Rankine Cycle

PEFC = ist ein Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen (eng. Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes)

PKW = Personenkraftwagen

prCEN/TS = Das Europäische Komitee für Normung (frz.: Comité Européen de Normalisation) ist eine der drei großen Normungsorganisationen in Europa; pr steht für Project, TS für Technical Specifications

RDB = Regionaldatenbank Deutschland

RM = Raummeter ist die Maßeinheit für geschichtete Holzteile (Stückholz oder Scheitholz), die unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von 1 m<sup>3</sup> füllen.

srm = Schüttraummeter ist die Maßeinheit für geschüttete Holzteile (Stückholz).

t = Tonne (entspricht 1.000 kg)

TA = Technische Anleitung

TM = Trockenmasse

TS = Trockensubstanz

VgV = Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge

VTC = vapothermale Carbonisierung

WWF = World Wide Fund For Nature; ist eine der größten internationalen Natur- und Umweltschutzorganisationen

## 1. Einleitung

Der Kreistag des Landkreises Lüchow-Dannenberg hat im Jahr 2017 den Masterplan „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“ verabschiedet. Im Masterplan werden für die verschiedensten Handlungsfelder (z. B. Wärme/Energie/Verkehr) Ziele und Maßnahmen vorgegeben, wie das Ziel „klima-neutrale Kommune“ im Jahr 2050 erreicht werden kann. Im Bereich Energie /Wärme / Kreislaufwirtschaft wird das Thema Grünabfälle sowie deren Aufkommen und Verwertung/Nutzung intensiver beleuchtet. Neben der Nutzung der Grünabfälle in einem Trockenfermenter wird das Thema eines zentralen Punktes im Landkreis aufgegriffen, an dem Grünabfälle nach Art und Anfall getrennt werden, um z. B. aus holzigen Bestandteilen Produkte herzustellen, die der Energieerzeugung dienen können. Weiterhin können Abfälle kompostiert werden, um Bio-Grünkomposte herzustellen, die in der Landwirtschaft als Dünger und zur Humusanreicherung eingesetzt werden können.

Für den Landkreis Lüchow-Dannenberg ist es nun von Interesse, welche Potenziale an organischen Abfällen im Kreisgebiet bestehen. Ziel ist die Entwicklung und der Betrieb eines Biomassehofes, ggf. mit Hilfe einer investiven Förderung (z. B. Förderung für kommunale Klimaschutz-Modellprojekte der Nationalen Klimaschutzinitiative). Im Focus der Betrachtungen liegen feste Biomassen aus pflanzlicher Produktion inkl. Lebensmittel, tierische Abfälle wie z. B. Gülle werden hier nicht betrachtet.

Neben der Ermittlung dieser Potenziale werden die Verfahren zur energetischen Nutzung dieser Potenziale dargestellt. Weiterhin werden Überlegungen zur Umsetzung eines Biomassehofs angestellt. Die möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale werden ermittelt und es werden die rechtlichen Randbedingungen sowie die Fragen zur Wirtschaftlichkeit angesprochen.

### 1.1 Der Landkreis Lüchow-Dannenberg

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg liegt im nordöstlichen Bereich von Niedersachsen. Die Einwohnerzahl beträgt 48.460 (Stand 30.06.2019)<sup>1</sup>. Die Größe des Landkreises liegt bei ca. 1.227 km<sup>2</sup>, woraus eine sehr niedrige Bevölkerungsdichte von ca. 40 Einwohnern je km<sup>2</sup> resultiert<sup>2</sup>. Damit ist Lüchow-Dannenberg der am dünnsten besiedelte Landkreis der alten Bundesländer. Das Kreisgebiet umfasst drei Samtgemeinden mit insgesamt 27 Gemeinden und zwei gemeindefreien Gebieten. Die Städte Lüchow, Dannenberg und Hitzacker stellen mit insgesamt 22.630 Einwohnern<sup>3</sup> (Stand 30.06.2019), d. h. ca. 47 % aller Einwohner des Landkreises, die Bevölkerungsschwerpunkte des Landkreises dar.

<sup>1</sup> LSN-Online Portal: Bevölkerung – Kreisfr. Städte, Landkreise, Tab. A100001G, Stichtag 30.06.2019

<sup>2</sup> LSN-Online Portal: Bevölkerung und Fläche - Kreisfr. Städte, Landkreise, Tab. A100001G, Stichtag 31.12.2018

<sup>3</sup> LSN-Online Portal: Bevölkerung - Mitgliedsgemeinde, Tab. A100001G, Stichtag 30.06.2019



**Abbildung 1: Schematische Darstellung - Landkreis Lüchow-Dannenberg (Quelle: Kenners)<sup>4</sup>**

Der Landkreis ist sehr strukturschwach und stark agrarisch geprägt. Neben Landwirtschaft und Tourismus bestimmen nur wenige größere Industriebetriebe den Arbeitsmarkt.

Eine Anbindung an eine Bundesautobahn gibt es bislang nicht. Durch den Landkreis führen die Bundesstraßen B 71 Richtung Bremerhaven und Magdeburg, die B 191 Richtung Plau am See und Celle, die B 216 Richtung Lüneburg, die B 248 Northeim und Salzwedel sowie die B 493 nach Uelzen. Eine Anbindung an das Schienenverkehrsnetz ist im Landkreis nur im Norden durch die Wendlandbahn vorhanden, die die Stadt Dannenberg und Lüneburg verbindet. Zusätzlich berührt die Bahnstrecke Stendal-Uelzen den Süden des Landkreises. Auf der Bahnstrecke Dannenberg–Salzwedel ruht der Schienenverkehr. Zwischen Dannenberg und Lüchow finden gelegentlich Sonderfahrten statt.

<sup>4</sup> BIO-Hotel Kenners LandLust OHG: „Wo ist denn das Wendland“. Zugriff über: <https://www.kenners-landlust.de/biohotel/anreise/oekologisch-anreisen.html>

## 1.2 Struktur der Abfallwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg

Da im Verantwortungsbereich der Abfallwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg die am leichtesten zugänglichen Biomassepotenziale liegen, wird hier kurz auf die Struktur der Abfallwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg eingegangen. Der Landkreis ist gemäß § 6 Abs. 1 NAbfG öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger im Sinne des §17 KrWG. Für die Durchführung der Abfallwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg ist der Fachdienst Abfallwirtschaft zuständig, ein Regiebetrieb des Landkreises. Neben der Abfallabfuhr gehören die Stadtentwässerung, die Grünflächen- und Straßenunterhaltung sowie die Straßenreinigung einschließlich Winterdienst zu den Aufgaben des Fachdienstes.

Die Entsorgung ist im Landkreis aktuell wie folgt organisiert:

- Die Restabfallabfuhr erfolgt mit Umleerbehältern der Größen 60 l bis 1.100 l. Die Umleerbehälter sind mit Ident-Chips ausgestattet, so dass jede Leerung erfasst wird. Die Anzahl der Leerungen beeinflusst dann bei diesem gebührenscharfen Identsystem die Höhe der Abfallgebühr, wobei 6 Mindestleerungen im Jahr vorgegeben sind.
- Altpapier wird ebenfalls mit Umleerbehältern abgefahren
- Leichtverpackungen werden 14-tägig über die gelbe Tonne abgeholt,
- Zur Erfassung von Sperrmüll gibt es eine Abrufabfuhr, große Elektrogeräte werden separat abgeholt.
- Weiterhin können die genannten Abfälle und weitere Abfälle an der Deponie Woltersdorf abgegeben werden.

Gemäß § 6 Abs. 1 der Abfallentsorgungssatzung<sup>5</sup> sind **Grünabfälle**, „die in Gärten oder auf Grünflächen anfallen, insbesondere Rasenschnitt, Laub, Baum- und Strauchwerk. Nicht zum Grünabfall gehören Küchenabfälle, Gemüse-, Obst- und sonstige Speisereste, Fleisch (auch von Fischen) und Knochen, Exkremate von Menschen und von Tieren, Baumstubben sowie Stämme und Äste mit einem Durchmesser von mehr als 15 cm.“ Grünabfälle aus Haushaltungen sind durch den Besitzer selbst zu verwerten (Eigenkompostierung) oder dem Landkreis bzw. dem von ihm beauftragten Dritten an den insgesamt 15 Annahmestellen zur Verwertung zu überlassen. Die Annahmestellen werden vom Maschinenring Wendland GmbH betrieben, der auch die Verwertung der angelieferten Abfälle organisiert.

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg hat vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) eine Freistellung von den Anforderungen an die Behandlung und Untersuchung nach §§ 3 und 4 BioAbfV gemäß § 10 Abs. 2 BioAbfV erhalten. Diese gilt für folgende Abfälle:

---

<sup>5</sup> Satzung über die Abfallentsorgung für den Landkreis Lüchow-Dannenberg vom 15.12.2014

- Baum- und Strauchschnitt (mehrjährige Pflanzen) aus Garten- und Parkanlagen, von Sportanlagen, Kinderspiel- und Sportplätzen sowie aus der Landschaftspflege mit Ausnahme von Verkehrsbegleitflächen und Industriestand-orten sowie
- Laub aus Garten- und Parkanlagen, von Sportanlagen, Kinderspiel- und Sportplätzen.

Die genannten Abfälle dürfen einer garten- und landwirtschaftlichen Verwertung ohne vorherige Behandlung (hygienisierende oder biologisch stabilisierende Behandlung nach den §§ 3 und 3a BioAbfV) zugeführt werden.

Die übrigen Abfälle sind einer hygienisierenden oder biologisch stabilisierenden Behandlung zuzuführen.

Für die Entsorgung von **Bioabfall** hat der Landkreis 2019 ein Pilotprojekt „Biomüllschleusen“ eingeführt. An 15 ausgewählten Standorten können nun organische Abfälle aus den privaten Haushalten gebührenfrei entsorgt werden. In diesen Biomüllschleusen können Gemüse und Obstschalen, Eierschalen, Käsereste und Rinden, Essensreste einschließlich Fisch und Fleisch (auch gekocht), Reste von Milchprodukten wie Joghurt oder Quark (außer Milch), Fischgräten und Tierknochen, Teebeutel, Tee-reste, Kaffeesatz und Filtertüten, altes Brot und Brötchen, Kuchen und Gebäckreste sowie Küchenkrepp und Servietten entsorgt werden. Die Biomüllschleusen werden mehrmals in der Woche geleert und gereinigt.

Die in den Biomüllschleusen gesammelten organischen Abfälle werden einmal wöchentlich zur Deponie Borg (bei Rosche) des Abfallwirtschaftsbetriebs Landkreis Uelzen gebracht. Die Bioabfälle werden dort einer Trockenfermentationsanlage zugeführt. Das erzeugte Biogas wird nach der Reinigung und Trocknung in Gasspeichern zwischengelagert und über zwei Blockheizkraftwerke mit Wärmekopplung verstromt. Sowohl der Strom, als auch die Wärme werden betrieblich genutzt; überschüssiger Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist.



Abbildung 2: Pilotprojekt "Biomüll-Schleusen" - Landkreis Lüchow-Dannenberg<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Landkreis Lüchow-Dannenberg Abfallbroschüre 2021

## 2. Flächenbezogene Biomassepotenziale

Bei der Ermittlung der Biomassepotenziale kann in flächenbezogenen sowie in sonstigen Potenzialen unterschieden werden. Zunächst werden die flächenbezogene Biomassepotenziale betrachtet. Hierbei ist zu beachten, dass zunächst die entstehende Biomasse betrachtet wird. Dieses Potenzial ist allerdings noch nicht automatisch auch als für einen Biomassehof tatsächlich verfügbares Potenzial anzusehen, da z. B. wirtschaftliche oder logistische Restriktionen die getrennte Bereitstellung mit einer energetischen Nutzung erschweren oder verhindern.

Die flächenbezogene Grünabfallpotenziale werden über die tatsächliche Nutzung der Flächen ermittelt. Die Angaben zur Verteilung der Flächen für den Landkreis Lüchow-Dannenberg stammen vom Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)<sup>7</sup> und der Regionaldatenbank Deutschland der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (RDB)<sup>8</sup>

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg erstreckt sich über ein Gebiet von 122.716 ha. Im Folgenden werden nur die relevanten Nutzungsartengruppen und deren Potenziale nacheinander aufgeführt.

---

<sup>7</sup>Katasterfläche nach Nutzungsarten (16) der tatsächlichen Nutzung (ALKIS) (Gemeinde; Zeitreihe) für das Jahr 2018 (<https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/default.asp>)

<sup>8</sup>Siedlungsfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Stichtag 31.12. – regionale Ebenen (ab 2016) und Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung – Stichtag 31.12. – regionale Ebenen (ab 2016) für das Jahr 2018 (<https://www.regionalstatistik.de/genesis/online>)

**Tabelle 1: Verteilung der Flächen im Landkreis Lüchow-Dannenberg**

Beschreibung	Fläche (ha)	Anteil
<b>Siedlungsfläche</b>	<b>4.999</b>	<b>4%</b>
Wohnbaufläche	2.684	2%
Industrie- und Gewerbefläche	675	1%
Haldenfläche	4	0,003%
Bergbaubetriebsflächen	-	-
Tagebau-, Gruben-, Steinbruchsflächen	133	0,1%
Flächen gemischter Nutzung	855	1%
Flächen besonderer funktionaler Prägung	157	0,1%
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Grünflächen)	429	0,3%
Friedhofsfläche	62	0,1%
<b>Verkehrsfläche</b>	<b>5.240</b>	<b>4%</b>
Straßenverkehrsflächen	2.373	2%
Wegflächen	2.603	2%
Flächen für Plätze	50	0,04%
Bahnverkehr	199	0,2%
Flugverkehr	12	0,01%
Schiffsverkehr	2	0,002%
<b>Vegetation</b>	<b>109.838</b>	<b>90%</b>
Landwirtschaftsfläche	62.465	51%
Waldfläche	45.270	37%
Gehölz	880	1%
Heide	617	1%
Moor	47	0,04%
Sumpf	257	0,2%
Unland, vegetationslose Flächen	302	0,2%
<b>Gewässer</b>	<b>2.639</b>	<b>2%</b>
Fließgewässer	2.158	2%
Hafenbecken	15	0,01%
stehendes Gewässer (See/Teich)	466	0,4%
Meer	-	-
<b>Bodenfläche insgesamt</b>	<b>122.716</b>	<b>100,0%</b>

Die Biomasse-Potenziale für diese Flächen werden nachfolgend abgeschätzt.

## 2.1.1 Siedlungsflächen

### 2.1.1.1 Wohnbauflächen

In der Kategorie Siedlungsfläche ist vor allem die Gruppe „Wohnbaufläche“ von Interesse, die 54 % der Flächen dieser Nutzungsart ausmacht und in der den Gebäuden untergeordnete Flächen, wie z. B. Vor- und Hausgärten, enthalten sind. Zunächst werden die Flächen ermittelt, die als Aufwuchsfläche in Frage kommen. Dann erfolgt die Ermittlung der flächenbezogenen Potenziale.

**Schritt 1: Ermittlung der Wohnbauflächen:** Gebäude- und Freiflächen, die Wohnzwecken dienen, machen im Landkreis Lüchow-Danneberg gerundet 2.684 ha aus. Es befinden sich 14.685 Einfamilienhäuser (EFH) und 2.496 Wohngebäude mit zwei Wohnungen (hier interpretiert als Doppelhäuser) sowie 1.134 Mehrfamilienhäuser (MFH) mit durchschnittlich 5 Wohnungen pro Gebäude im Landkreis.<sup>9</sup> Da keine Flächenzuordnung zu den einzelnen Gebäudetypen erfolgt, wurde die Gesamtfläche gemäß dem Verhältnis der Anzahlen der einzelnen Gebäudetypen vorgenommen, was eine ausreichend gute Näherung darstellt. Somit entfallen auf EFH 2.152 ha (80 %), auf Doppelhäuser 366 ha (14 %) und auf MFH 166 ha (6 %). In den weiteren Betrachtungen werden die Doppelhäuser zu den Einfamilienhäusern gezählt.

Luftbildsichtungen sowie stichprobenweise Vermessungen im Geoportal LGLN ergaben bei Einfamilien- (inkl. Doppelhäusern) eine Flächenaufteilung der Grundstücke von durchschnittlich 14 % versiegelten und 86 % Grünflächen; bei Mehrfamilienhäusern ergaben sich versiegelte Flächen von 28 % und 72 % Grünflächen.

**Schritt 2: Ermittlung der Grünabfallpotenziale von Hausgärten:** Die Literaturwerte für Grünschnitt aus Hausgärten, einschließlich Laub, reichen von 1,4 bis 4 kg/(m<sup>2</sup>\*a)<sup>10</sup>, separate Aussagen zum Rasenschnitt reichen von 1,5 bis 3 kg/(m<sup>2</sup>\*a) und zum Gehölzschnitt von 0,15 bis 0,7 kg/(m<sup>2</sup>\*a). Aufgrund der schlechteren Quellenlage beim separat erfassten Rasen- und Gehölzschnitt stellt es sich als schwierig dar, diese Unterteilung für eine Potenzialberechnung heranzuziehen. Zudem fallen auf Bäumen, deren genauer Flächenanteil unbekannt ist und auch nur schwer geschätzt werden kann, zusätzlich noch andere Pflanzenabfälle an. Aus diesem Grund wird der gesamte organische Abfall der Hausgärten als Gartenabfall bezeichnet und mit einem spezifischen Aufkommen von **2,0 kg/(m<sup>2</sup>\*a)** bewertet. Dieser Faktor ergibt sich als gerundeter Wert aus dem von WAGNER *et al.* benutzten Wert von

---

<sup>9</sup> Landesamt für Statistik Niedersachsen, Tabelle M8051021 (Stand: 12/2019)

<sup>10</sup> 1,4 kg/m<sup>2</sup>,a aus Schubert, A. (2007): „Das Biomassepotential zur Energieerzeugung der Stadt Dresden“. Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden, Institut für Geographie: Dresden.

4 kg/m<sup>2</sup>,a aus Seiler, H. (2014): „16 Mio. Tonnen bis zum Jahr 2020 erreichbar“. DSC GmbH, Artikel in EUWID 42.2013.

1,8 kg/(m<sup>2</sup>\*a)<sup>11</sup> für ein mittleres Grünschnittaufkommen und dem von WIEGEL vorgestellten 2 kg/(m<sup>2</sup>\*a)<sup>12</sup> sowie dem von SCHEFFOLD ermittelten Faktor von 1,9 kg/(m<sup>2</sup>\*a)<sup>13</sup>.

Die nicht versiegelte Fläche macht bei MFH 72 % (entsprechend 120 ha) und bei EFH sowie DHH 86 % (entsprechend 2.172 ha) aus. Multipliziert mit einem mittleren Grünabfallaufkommen von **2,0 kg/(m<sup>2</sup>\*a) bzw. 20 t/(ha\*a)** ergibt sich ein Gartenabfallpotenzial von rd. **45.800 t/a**.

Eine Auswertung der Annahmemengen an den Grünabfallannahmestellen in Lüchow-Dannenberg in den Jahren 2013 bis 2018 ergab, dass die Grünabfälle aus privaten Haushaltungen durchschnittlich aus 23 % Baum- und Strauchschnitt und 77 % Laub- und Rasenschnitt bestehen. Ähnliche Ergebnisse konnten bereits auch bei anderen Landkreisen für die Annahme von Grünabfällen aus privaten Haushaltungen ermittelt werden. Demnach wird angenommen, dass rd. 25 % (11.450 t/a) aus Baum- und Strauchschnitt bestehen und die übrigen 75 % (34.350 t/a) eher eine krautige Beschaffenheit aufweisen.

Derzeit werden rund 13.000 bis 15.000 t/a Grünabfälle an den Grünabfallannahmestellen angeliefert, wobei ca. 10 % aus gewerblichen Anlieferungen stammen, also nicht mit den flächenbezogenen Potenzialen von Hausgärten in Verbindung stehen. Der Differenzbetrag dürfte entweder von den Bewohnern selbst kompostiert oder anderweitig entsorgt werden (liegenlassen, Osterfeuer etc.).

Letztlich ist zu beachten, dass das derzeit im Landkreis erfasste Grünabfallaufkommen bereits sehr hoch ist und deutlich über den Landesdurchschnitt in Niedersachsen liegt, was an der gebührenfreien Anlieferung und der vergleichsweise sehr hohen Dichte an Annahmestellen für die Grünabfälle liegen dürfte. Relevante weitere Potenziale dürften wohl kaum noch aktivierbar sein. Im Ergebnis gehen wir von einem aktivierbaren Potenzial von **15.000 t/a** aus, wovon ca. 11.300 t/a krautig und 3.700 t/a holzig beschaffen sind.

#### 2.1.1.2 Industrie- und Gewerbeflächen

Eine weitere Gruppe der Kategorie Siedlungsflächen bilden die „Industrie- und Gewerbeflächen“. Diese machen einen Anteil von 675 ha (14 %) dieser Nutzungsart aus. Wir nehmen anhand einer Stichprobe an, dass mindestens 10 % dieser Flächen unversiegelt sind. Unter Verwendung des Richtwertes von 10 % verbleiben also rd. 68 ha für Grünflächen. Diese bewerten wir mit einem konservativeren Wert als die Hausgärten.

---

<sup>11</sup> WAGNER *et al.* (2012): „Potenzialstudie über Aufkommen und Behandlung biogener Abfälle im Freistaat Sachsen“. Schriftenreihe, Heft 10/2012. INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden und TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten sowie LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft: Dresden.

<sup>12</sup> WIEGEL, U. (1992): „Eigenkompostierung – Teilkonzept der Abfallwirtschaft“. Dissertation: Berlin.

<sup>13</sup> SCHEFFOLD, K. (03/1998): „Bioabfall eine relevante Gebührengroße“. BILITEWSKI, B.; SCHNURER, H.; ZESCHMAR-LAHL, B. (Hrsg.): Müll-Handbuch, 2. Auflage, Band 2, Kennzahl 1565; Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.: Berlin.

Wir nehmen an, dass ein gerundetes Grünabfallpotenzial von **1,6 kg/(m<sup>2</sup>\*a)**<sup>14</sup> besteht, sodass insgesamt rd. **1.100 t/a Grünabfall** anfallen.

**Bewertung:** Die Grünflächenpflege von Industrie- und Gewerbebetrieben werden in der Regel an private Garten- und Landschaftspflegeunternehmen vergeben. Meist erfolgt in diesen Betrieben keine Buchführung über die abgefahrenen Grünabfallmengen. Darüber hinaus betreiben private Garten- und Landschaftspflegeunternehmen meist eigene Kompostierungsanlagen; teilweise werden auch die 15 Grünabfallsammelstellen in Lüchow-Dannenberg von diesen Betrieben genutzt. Da derzeit 10 % von den rund 13.000 bis 15.000 t/a an den Grünabfallannahmestellen angelieferte Grünabfälle aus gewerblichen Anlieferungen stammen, ist eine Steigerung der Grünabfallmengen durch das Angebot eines Biomassehofs daher eher nicht zu erwarten.

Eine Auswertung der Annahmemengen an den Grünabfallannahmestellen in Lüchow-Dannenberg in den Jahren 2013 bis 2018 ergab, dass die erfassten Grünabfälle aus gewerblichen Quellen durchschnittlich aus 47 % Baum- und Strauchschnitt und 53 % Laub- und Rasenschnitt bestehen. Es wird demnach angenommen, dass im Jahr rd. **550 t holzige Grünabfälle** und **550 t krautige Grünabfälle** anfallen.

#### **2.1.1.3 Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Grünanlagen)**

In Lüchow-Dannenberg sind 429 ha als unbebaute Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen ausgewiesen; 180 ha davon sind Grünanlagen. Angesetzt wird der Teil der Grünanlagen mit – wie die Hausgärten – **2,0 kg/(m<sup>2</sup>\*a)**. Daraus folgt ein **Grünabfallaufkommen** von rd. **3.600 t pro Jahr**.

**Bewertung:** Da der Rasen von Sport- und Parkflächen zum größten Teil über Mulchmähd kurz gehalten wird und eine Veränderung des Umgangs zu höheren Kosten führen würde, ist anzunehmen, dass das Grünabfallaufkommen sich ausschließlich auf die holzigen Grünabfälle beschränken würde, die etwa 1/3 des Gesamtgrünabfallaufkommens ausmachen sollten.

#### **2.1.1.4 Andere Flächennutzungen (Hallenhäuser, Friedhöfe)**

Die Nutzung der restlichen Flächen dieser Kategorie werden von Flächen gemischter Nutzung dominiert. Dies ist auf die im Landkreis typischen niederdeutschen Hallenhäuser zurückzuführen. Dieser früher hier ausschließlich vorkommende Bautyp, dessen Eigenart auf dem Prinzip der Vereinigung von Viehstall, Ernteraum und Wohnung unter einem Dach beruht, bestimmt auch heute noch das Erscheinungsbild zahlreicher Dörfer. Da diese Flächen hauptsächlich in Zusammenhang mit Flächen zur landwirtschaftlichen Nutzung stehen, erfolgt hier keine separate Betrachtung.

Des Weiteren gehören zu dieser Kategorie die Friedhöfe.

---

<sup>14</sup> WAGNER *et al.* (2012): „Potenzialstudie über Aufkommen und Behandlung biogener Abfälle im Freistaat Sachsen“. Schriftenreihe, Heft 10/2012. INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden und TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten sowie LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft: Dresden.

Die Friedhöfe in Lüchow-Dannenberg stehen ausschließlich unter kirchlicher Verwaltung. Die statistisch ausgewiesene Fläche von 62 ha umfasst ausschließlich die zur Bestattung dienende Grünflächen. Die zugehörigen Gebäude werden der Nutzungsartengruppe „Fläche besonderer funktionaler Prägung“ zugeordnet.

WAGNER *et al.* benutzen aufgrund von erhöhtem Grünabfall durch Grabschmuck einen spezifischen Wert von  $1,9 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,<sup>15</sup> der über dem für reguläre öffentliche Grünanlagen liegt. Dies wären bei 62 ha 1.180 t/a. SCHÜTT ermittelte dagegen einen einwohnerbezogenen Wert von  $0,0353 \text{ m}^3/(\text{E} \cdot \text{a})$ .<sup>16</sup> Ersterer Wert ergibt ein Grünabfallaufkommen von rd. 1.200 t pro Jahr, letzterer eines von rd.  $1.700 \text{ m}^3$  pro Jahr. SCHÜTT benutzt zur Umrechnung von zerkleinerten Friedhofsabfällen auf Massewerte einen Faktor von  $600 \text{ kg}/\text{m}^3$ , WAGNER *et al.* schlägt dagegen  $360 \text{ kg}/\text{m}^3$  vor. Wir verwenden an dieser Stelle den Mittelwert von  $480 \text{ kg}/\text{m}^3$  und erhalten somit rd. 820 t pro Jahr. Das Endergebnis wird zwischen den beiden Massewerten ebenfalls gemittelt, sodass für Lüchow-Dannenberg ein Potenzial von etwa **1.000 t/a Friedhofsabfall** abgeschätzt wird.

**Bewertung:** Das Potenzial unterliegt auch hier den Bedingungen der Wirtschaftlichkeit. Es wäre dann gewinnbar, wenn die Kosten für Abfuhr und Verwertung in einem Bereich lägen, der von den Friedhofsverwaltungen akzeptiert würde. Allerdings wirken sich die Verunreinigungen mit Kunststoffkränzen, Grablichtern etc. auf die Kompostqualität aus.

## 2.1.2 Verkehrsflächen

An die 4 % der Kreisfläche (entsprechend 5.240 ha) bestehen aus Verkehrsflächen. Darunter werden neben Straßenverkehrsflächen auch Schienenverkehrsflächen, aber auch Parkflächen gefasst.

### 2.1.2.1 Straßenverkehrsflächen

Straßen werden oftmals von Grünflächen und Gehölzen begleitet. Dabei sind diese Flächen außerhalb von Ortschaften deutlich ausgeprägter. Insgesamt belaufen sich die Flächen für den Straßenverkehr auf 2.373 ha.

Durch das Kreisgebiet von Lüchow-Dannenberg laufen fünf Bundesstraßen mit einer Länge von etwa 134 km (B 71, B 191, B 216, B 248, B 493), etwa 130 km Straßen im Kreisgebiet haben den Status einer Landesstraße (L 231, L 232, L 253, L 255, L 256 und L 258 bis L 263), zudem sind ca. 301 km Kreisstraßen (K 1 bis K 8, K 13 bis K 36, K 38, K 40 bis K 42, K 44 und K 45); der Rest sind Gemeindestraßen, die hier nicht berücksichtigt werden. Die Radwege mit rund 202 km werden ebenfalls nicht berücksichtigt, weil

---

<sup>15</sup> WAGNER *et al.* (2012): „Potenzialstudie über Aufkommen und Behandlung biogener Abfälle im Freistaat Sachsen“. Schriftenreihe, Heft 10/2012. INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden und TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten sowie LFULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft: Dresden.

<sup>16</sup> SCHÜTT, B.: (03/2011) Grünabfall- und Schnittholzverwertung in Schleswig-Holstein unter Klimaschutzaspekten“. BWS Unternehmensberatung Umweltschutz: Moorrege.

sie weit überwiegend entlang der genannten Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie der Gemeindestraßen verlaufen.

Für den Massenfall an Pflegeholz pro Kilometer Straßenlänge liegen unterschiedliche Untersuchungen und Auswertungen vor. Gemäß RÖSCH<sup>17</sup> beträgt die durchschnittliche Ausdehnung der Begleitflächen von Bundes-, Land- und Kreisstraßen ca. 0,6 ha Rasen- und 0,2 ha Gehölzflächen pro Straßenkilometer, also je m Straßenlänge 6 m<sup>2</sup> bzw. 2 m<sup>2</sup>.

WAGNER *et al.*<sup>18</sup> gibt Werte für ein durchschnittliches Grünschnittpotenzial von 8 t FM/(ha\*a) bei einmal jährlicher Pflege und 13 t FM/(ha\*a) bei mehrmals jährlicher Pflege an, in einem Bericht des Instituts für Energetik und Umwelt<sup>19</sup> wird von 10 t FM/(ha\*a) ausgegangen und KERN *et al.*<sup>20</sup> gibt 13,3 t FM/(ha\*a) an. Wir setzen für die *flächenbezogene* Aufwuchsmenge von Rasenschnitt einen Mittelwert von **10 t FM/(ha\*a)** an, sodass sich ein *längenbezogenes* Grünschnittpotenzial von **6 t FM/km,a** ergibt. Für das holzige Straßenbegleitgrün setzen wir 5 t FM/(ha\*a)<sup>21</sup> als durchschnittlichen Zuwachs an, so dass sich ein *längenbezogenes* Gehölzschnittpotenzial von **1,0 t FM/km,a** ergibt.

Insgesamt beläuft sich somit das Grünschnittpotenzial des Straßenbegleitgrüns bei einem Straßennetz von 565 km auf rd. **3.400 t/a Rasenschnitt und rd. 600 t/a Holzigen Grünabfällen.**

**Bewertung:** Die Befragung der Kreisstraßenmeisterei in Lüchow-Dannenberg zeigte jedoch, dass kaum Biomassepotenzial aus dem Straßenbegleitgrün gewonnen werden kann. Seitenstreifen bis 1,5 m Breite werden jährlich 2-mal gemäht; alles darüber hinaus von bis zu 4 – 5 m Breite wird nur noch alle 2 Jahre zurückgeschnitten (jährlich einseitig und dann im Wechsel). Der Rückschnitt des extensiven Bereichs erst ab September, um den Käfern und anderen Tieren keine Nistplätze zu nehmen.

Rasenschnitt verbleibt am Anfallort, Strauchschnitt wird zum Teil geschreddert an Landwirte als Einstreumaterial vermarktet oder nach dem Schreddern im Straßenrandbereich in nahegelegene Gebüsche als Bodenbedecker verblasen. bei größeren Mengen wird das Schreddergut abtransportiert und vermarktet z. B. an Landwirte (ca. 30 – 40 m<sup>3</sup>/a). Eine Steigerung der Rückschnittintervalle ist zum Schutz von Insekten und Kleinsäugetern nicht gewünscht.

---

<sup>17</sup> RÖSCH (1996): „Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen – unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg“. Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Wissenschaftliche Berichte FZKA 5857: Karlsruhe.

<sup>18</sup> WAGNER *et al.* (2012): „Potenzialstudie über Aufkommen und Behandlung biogener Abfälle im Freistaat Sachsen“. Schriftenreihe, Heft 10/2012. INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden und TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten sowie LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft: Dresden.

<sup>19</sup> IE (01/2007): Schlussbericht zum Forschungsvorhaben Biogaserzeugung durch Trockenvergärung von organischen Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen aus der Landwirtschaft. – Abschnitt 2: „Erhebung der mit Trockenfermentationsverfahren erschließbaren energetischen Potenziale in Deutschland - Vergleichende ökonomische und ökologische Analyse landwirtschaftlicher Trockenfermentationsanlagen“. Universität Rostock, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik / Biotechnologie in Kooperation mit Institut für Energetik und Umwelt gGmbH und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft; erstellt vom Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE).

<sup>20</sup> KERN *et al.* (2009): „Biomassepotenzial von Bio- und Grünabfällen sowie Landschaftspflegematerialien“. 3. Biomasse-Forum 2009

<sup>21</sup> SCHÜTT, B. (03/2011): „Grünabfall- und Schnittholzverwertung in Schleswig-Holstein unter Klimaschutzaspekten“. BWS Unternehmensberatung Umweltschutz: Moorrege.

Es kommt auch vor, dass Landwirte spontan während der Straßenbegleitgrünpflege vorbei fahren und um ein bisschen Schreddergut bitten, die bekommen dann das Schreddergut direkt auf den Hof verladen und es wird eine Rechnung gestellt. Die Landwirte nutzen Schreddergut als Alternative zum Stroh als Einstreu und anschließend das verwendete Einstreumaterial dann als Dünger.

Eine Möglichkeit zur Steigerung des Biomassepotenzials besteht zwar durch die Aufnahme des Rasenschnittes mittels Saughäcksler, welche überwiegend auf Autobahnen zum Einsatz kommen. In der Praxis werden diese jedoch auf Land- und Kreisstraßen nicht eingesetzt, da die Mähstrecken regelmäßig durch Schilder, Ampeln u. ä. unterbrochen werden. Darüber hinaus ist die Verwertbarkeit des Rasenschnitts von Straßenverkehrsflächen eher gering. Bedingt durch die extensive Pflege ist der Biogasertrag im Vergleich zu frischem Rasenschnitt gering. Darüber hinaus bedarf es für die Verwertung von Straßenbegleitgrün einer behördlichen Genehmigung. In der Praxis gilt Straßenbegleitgrün aufgrund von Rußpartikeln für die Kompostierung als ungeeignet. Ein nennenswertes Biomassepotenzial für den Biomassehof wird hier aus wirtschaftlichen Gründen eher nicht gesehen.

### **Bankettschälgut**

Darüber hinaus fallen bei der Straßenunterhaltung große Mengen an Bankettschälgut an, da die unbefestigten Seitenstreifen entlang der Fahrbahnen alle 5 - 15 Jahre vom Aufwuchs und den abgelagerten Materialien befreit werden müssen. Dies dient dazu, damit das Niederschlagswasser von der Fahrbahn schneller über die Seitenstreifen abgeleitet werden kann.

**Bewertung:** Da das Bankettschälgut überwiegend aus mineralischem, anorganischem Material besteht, ist es weder für die Kompostierung noch für die Fermentation geeignet und wird daher hier nicht weiter betrachtet.

#### **2.1.2.2 Schienenbegleitgrün**

Auch Bahnstrecken sind von Grün- und Gehölzflächen umgeben, wobei die Gehölze eindeutig dominieren. In Lüchow-Dannenberg liegt ein Bahnstreckennetz von etwa 70 km Länge. Die Vermessung erfolgte im Geoportal LGLN. Von der Verbindung Lüneburg – Dannenberg laufen rd. 18 km Streckennetz durch den Norden des Landkreises Lüchow-Dannenberg; von der Verbindung Uelzen – Stendal sind es rd. 11 km im Süden des Landkreises. Rund 22 km Bahnstreckennetz verbinden Dannenberg und Wustrow; hier finden nur noch Sonderfahrten zwischen Dannenberg und Lüchow statt. Das Streckennetz zwischen Dannenberg und Uelzen (rd. 20 km) wurde 2005/2006 stillgelegt und teilweise die Gleise entfernt, die Schwellen verblieben jedoch. Netzbetreiber ist die DB Netz AG. Bei der Ermittlung des Grünschnittpotenzials wird die stillgelegte Verbindung zwischen Dannenberg und Uelzen nicht berücksichtigt. Insgesamt ergeben sich so rd. 50 km Bahnstreckennetz durch das Kreisgebiet.

Bis Ende des Jahres 2011 führte die Deutsche Bahn ein intensives Pflegeprogramm fast aller Streckenabschnitte in Deutschland durch, bei dem die Begleitgehölze stark aus der Rückschnittzone zurückgedrängt wurden, sodass derzeit nur noch sehr wenig Pflegematerial anfällt. Gehölze fallen daher nur

noch in seltenen Ausnahmefällen an. Das Biomasseaufkommen schwankt zudem jährlich und räumlich aufgrund variierender Witterungs-, Standort-, Wuchs- und Pflegebedingungen wie auch artspezifischer Variationen. SCHICKETANZ<sup>22</sup> schlägt daher zur überschlägigen Potenzialabschätzung vor, einen streckenspezifischen Wert für Schienenbegleitgrün aus überwiegend Halmgut von **3,5 t/(km\*a)** heranzuziehen.

Von der Gesamtstreckenlänge werden 5 km für Bahnhöfe abgezogen, die verbleibenden 45 km weisen dann ein Potenzial von knapp **160 t/a an Schienenbegleitgrün** auf.

**Bewertung:** Aufgrund der extensiven Pflege ist jedoch fraglich, ob das Schienenbegleitgrün qualitativ als Kompost oder als Biogassubstrat geeignet ist. Darüber hinaus ist der Bergungsaufwand für Schienenbegleitgrün als sehr hoch einzuschätzen, da zu den Flächen meist kein direkter Straßenzugang besteht, was den Zugang mit Transportfahrzeugen erschwert und die Arbeiten zu Verzögerungen und Zugausfällen im Bahnverkehr führen.

In der Summe gehen wir für die oben betrachteten Potenziale von einem tatsächlich für einen Biomassehof davon aus, dass neben den bereits 16.000 t/a erfassten Grünabfällen (Erhöhung um 1.000 t/a angenommen) weitere 3.300 t/a aus den weiteren Flächen gewinnbar wären, so dass der Gesamtbetrag bei **19.300 t/a** läge.

### 2.1.3 Vegetationsflächen

Die überwiegende Fläche des Kreisgebietes setzt sich aus unterschiedlichen Vegetationsflächen zusammen. Ihr Flächenanteil beläuft sich auf über 90 % (entsprechend rund 109.000 ha). Der größte Anteil kommt hierbei den landwirtschaftlich genutzten Flächen zu.

**Tabelle 2: Vegetationsflächen**

Beschreibung	Fläche (ha)	Fläche (ha)
Landwirtschaftsfläche	62.465	57,46 %
Waldfläche	45.270	41,65 %
Heide	617	0,57 %
Moor	47	0,04 %
Unland, vegetationslose Fläche	302	0,28 %
Summe	<b>108.701</b>	<b>100 %</b>

Nachfolgend werden die einzelnen Vegetationsformen dieser Nutzungsart betrachtet.

<sup>22</sup> SCHICKETANZ et al (2014): „Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg – Potenzialermittlung und Möglichkeiten der energetischen Verwertung“. Bosch & Partner GmbH und BioenergieBeratungBornim GmbH im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg: Berlin, Potsdam

### 2.1.3.1 Landwirtschaftsflächen

Im Kreis Lüchow-Dannenberg gibt es knapp 600 landwirtschaftliche Betriebe, die insgesamt rund 60.000 ha landwirtschaftlichen Flächen bewirtschaften. Die Betriebsstruktur der Betriebe mit den bewirtschafteten Flächen zeigt die folgende Tabelle<sup>23</sup>:

**Tabelle 3: Betriebs- und Flächenstruktur Landwirtschaft in Lüchow-Dannenberg**

<b>Betriebsstruktur</b>	
<b>Anzahl der Betriebe</b>	<b>587</b>
davon mit Viehhaltung	384
Mittlere Betriebsfläche [ha]	103
<b>Viehhaltung</b>	
<b>Gesamt Großvieheinheiten [GV]</b>	<b>22.422</b>
<b>Tierzahlen [Anzahl Tiere]</b>	
Rinder, gesamt	22.188
davon Milchkühe	6.558
Schweine	49.576
Pferde	854
Hühner	139.602
Schafe	3.805
Ziegen	152
<b>Bodennutzung [ha]</b>	
<b>Landwirtschaftsfläche gesamt</b>	<b>60.650</b>
<b>Dauergrünland</b>	12.072
<b>Acker, davon</b>	48.578
Weizen	8.045
Roggen	5.665
Triticale	3.251
Gerste	5.386
Silomais	8.907
Kartoffeln	5.559
Zuckerrüben	1.904
Winterraps	3.815
Hafer	413
Sonstige	5.633

Bei allen landwirtschaftlich genutzten Flächen stellt die Biomassernte den Hauptzweck der Fläche dar. Das größte Potenzial für eine energetische Nutzung stellen Energiepflanzen wie Mais, Raps, Rüben, Getreide, Gräser oder auch umweltfreundliche Dauerkulturen wie Wildpflanzmischungen oder

<sup>23</sup> WALDHARDT et al (2019): „TREIBHAUSGAS-BILANZIERUNG UND SEKTORANALYSE FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT IM LANDKREIS LÜCHOW-DANNENBERG“, Justus-Liebig-Universität Gießen, , AC Consult & Engineering GmbH, , im Auftrag des Landkreis Lüchow-Dannenberg: Gießen.

schnell wachsende Baumarten (Agrarholz) dar. Die bereits jetzt angebauten Energiepflanzen werden nicht betrachtet, da sie bereits in den 35 Biogasanlagen des Landkreises verwertet werden. Ebenso werden tierische Abfälle wie Gülle nicht als Potenzial für den Biomassehof angesehen.

Bei der stofflichen Verwertung für z. B. Lebens- oder Futtermittel fallen Reste wie z. B. Stroh an, welche ebenfalls meistens energetisch genutzt werden können. Fritsche et al. gelangen bei Stroh z. B. auf eine verfügbare Strohmenge von 20 % des Gesamtstrohaufkommens.

Landwirtschaftliche Reststoffe wie Ernterückstände werden i. d. R. nur in geringen Mengen einer externen Entsorgung und Behandlung zugeführt, so dass diese nur gering zum Biomassepotenzial der Landwirtschaft beitragen.<sup>24</sup>

**Bewertung:** Bei den Befragungen von Landwirten hat sich gezeigt, dass kaum Interesse besteht, Biomassen einer Verwertung über einen Biomassehof zuzuführen, da die anfallenden Reststoffe vollständig im Betrieb selbst verwertet werden; zum Teil werden sie direkt in den Boden eingearbeitet, zum Teil auch erst kompostiert und dann auf den Acker ausgetragen.

Auch die Biomasse von intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen wird vollständig durch Beweidung oder in Form von Grassilage und Heu als Futtermittel aber auch zu einem geringen Anteil als Biogassubstrat verwertet und steht so dem Biomassehof nicht zur Verfügung. Des Weiteren wird Stroh in der Landwirtschaft zum einen zur Humusbildung, als Einstreumaterial oder von Strohhändlern zumeist für gartenbauliche Zwecke überregional gehandelt. Strohändler und die Maschinenringe berichten aktuell von steigender Nachfrage nach Stroh.<sup>25</sup> Der Marktpreis für Stroh lag in Niedersachsen im April 2021 zwischen 100 €/t (Rundballen) und 120 €/t (Quaderballen).<sup>26</sup> Damit ist anzunehmen, dass Stroh nicht für den Energiemarkt und damit für den Biomassehof zu gewinnen sein wird.

Lediglich Grünschnitt aus der Pflege von (Gewässer-)randstreifen wurde potenziell als Biomasse für den Biomassehof genannt. (Gewässer-)randstreifen bestehen meist aus Grasflächen, Buschwerken und vereinzelt aus Bäumen, welche regelmäßig zurückgeschnitten oder auf den Stock gesetzt werden, um eine unerwünschte Verbuschung oder ein Durchwachsen von Bäumen zu verhindern. Derzeit wird der anfallende Grünschnitt am Anfallort zerkleinert und als Dünger auf den Flächen belassen, teilweise auch als Haufwerk verbrannt. Um diese Grünabfälle für den Biomassehof zu gewinnen, müsste der Transportaufwand für die Landwirte entsprechend entlohnt werden. Da der Grünschnitt bislang keiner Verwertung zugeführt wird, existieren bislang keine Kenntnisse über die jährlich anfallende Menge und Qualität des Randstreifengrüns, weshalb sich das Potenzial derzeit nicht beziffern lässt.

---

<sup>24</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: „Biomasse-Potenziale“. Zugriff über: <https://bioenergie.fnr.de/bioenergie/biomasse/biomasse-potenziale>

<sup>25</sup> MÜLLER et al (2008): „Biomasse-Masterplan für den Landkreis Mayen-Koblenz – Wirtschaftsförderung durch eine Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse“. Umwelt-Campus Birkenfeld Institut für angewandtes Stoffstrommanagement im Auftrag des Landkreises Mayen-Koblenz: Birkenfeld.

<sup>26</sup> GREIFENBERG: „Strohpreise in Niedersachsen“. Zugriff über: <https://www.strohpreis.de/strohpreise-in-niedersachsen/>

### 2.1.3.2 Waldflächen

37 % der Gesamtkreisfläche (entsprechend 45.270 ha) ist mit Wald bedeckt. In der Regel wird Waldholz ausschließlich geschlagen, um die Nachfrage am Markt zu bedienen. Somit fällt Waldholz nicht als Abfall an. Trotzdem soll nachfolgend das mögliche Biomassepotenzial von Waldflächen aufgezeigt werden.

Zur Berechnung des Holzmassepotenzials in den Wäldern von Lüchow-Dannenberg bedienen wir uns der Angaben aus dem Waldbericht 2017 (Berichtszeitraum: 2009 bis 2017) des Ministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)<sup>27</sup>: Der Holzvorrat beträgt demnach in Deutschland durchschnittlich 336 m<sup>3</sup>/ha, der Zuwachs liegt bei 11,2 m<sup>3</sup>/(ha\*a) und genutzt werden etwa 7,0 m<sup>3</sup>/(ha\*a). Die Differenz zwischen Nutzung und Zuwachs wird mit 4 m<sup>3</sup>/(ha\*a) angesetzt.

Da es sich hier im Allgemeinen um Vollholz handelt, wird als Umrechnungsfaktor für die Masse ein Mittelwert von verschiedenen Laub- und Nadelhölzern ohne Rinde verwendet<sup>28</sup> und dieser dann entsprechend den Anteilen der Baumarten in Lüchow-Dannenberg gewichtet. So entspricht 1 t Trockenmasse etwa 2,0 m<sup>3</sup>; daraus ergibt sich ein Holzmassepotenzial von rd. 90.000 t<sub>atro</sub> pro Jahr, was bei einem Wassergehalt von 55 % etwa rd. 165.000 t frischer Holzmasse entspricht.

**Bewertung:** Die Befragung der Forstbetriebsgemeinschaft Ostheide (FBG), die u. A. im Landkreis Lüchow-Dannenberg für die Holzvermarktung, die Beratung der Förster und für die Koordinierung der Holzerntemaßnahmen zuständig ist, ergab:

Betreut werden 16.000 ha Forstfläche in Lüchow-Dannenberg; der Holzeinschlag liegt durchschnittlich bei 70.000 Fm/a; der Anteil an Industrieholz (Schwachholz) liegt ca. 45 %. Für Waldholz bestehen bereits langjährige Rahmenverträge mit der Holzindustrie.

Darüber hinaus streben die Förstereien in Lüchow-Dannenberg eine Kaskadennutzung an<sup>29</sup>, also erst eine stoffliche und anschließende energetische Nutzung. Somit kann die oben ermittelte Frischmasse an Vollholz nicht dem Biomassehof zur energetischen Verwertung zur Verfügung gestellt werden.

Auch Kalamitätsholz, welches als Ergebnis von Sturmschäden, Trockenheit und/ oder Schädlingsbefall für eine weitere Nutzung verfügbar wird, ist nicht für den Biomassehof akquirierbar. Da es meist die gleiche Qualität hinsichtlich der Tragfähigkeit wie herkömmliches Schnittholz besitzt, wird es zu etwa 90 % einer stofflichen Verwertung zugeführt. Der Rest wird als Brennholz energetisch verwertet. Ausschließlich bei Großereignissen wie z. B. Waldbränden könnte eine anderweitige Entsorgung interessant sein, da das verkohlte Holz weder für die Holzindustrie noch als Brennholz geeignet sei. Diese

<sup>27</sup> BMEL (2017): „Waldbericht der Bundesregierung 2017 – Kurzfassung“. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Bonn.

<sup>28</sup> ANONYMUS (2003): „Umrechnungsfaktoren“. Holz-Lexikon, Band 2 L-Z, 4. Auflage. DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co.: Leinfelden-Echterdingen. Seite 542.

<sup>29</sup> WERN, et al (2014): „Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holz-Kaskadennutzung. IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V.; Saarbrücken, Heidelberg, Münster.

Ereignisse sind jedoch selten und nicht vorhersehbar. Einziges Potenzial wird daher im Bereich des Schlagabraums (Rinde, Laub, Nadeln, Reisig, Waldrestholz) gesehen.

In der Regel erfolgt eine Räumung des Waldrestholzes nur, wenn es dem neuen Wachstum an Bäumen hinderlich ist, z. B. bei Verjüngungsmaßnahmen. Das Waldrestholz wird dann als Hackschnitzel vermarktet. Grundsätzlich ist das Restholzpotenzial deutlich größer (ca. Faktor 10). Allerdings würde die Einsammlung dieser Reststoffe einen hohen kostenintensiven Aufwand und eine sehr hohe Nährstoffentfrachtung bedeuten, weshalb Waldresthölzer nur sehr extensiv, also max. einmal im Bestandsleben (d. h. einmal in 100 Jahren), genutzt werden.

Hr. Schulte von der FBG Ostheide könnte sich vorstellen, dass aus dem Bereich der FBG Ostheide jährlich bis zu 10.000 srm (Schüttraummeter) Hackschnitzel aus Waldresthölzern bereitgestellt werden könnten. Nimmt man an, dass diese Menge auch aus den übrigen etwa 2/3 Forstflächen akquirierbar ist, so ergibt sich ein Biomassepotenzial von rd. 30.000 srm Hackschnitzeln aus Waldresthölzern. Dies entspricht bei einem Umrechnungsfaktor von 0,2 t atro/srm<sup>30</sup> etwa 6.000 t atro Hackschnitzel im Jahr.

Aufgrund des steigenden Bedarfs an Energieholz ist anzunehmen, dass auch Waldresthölzer zunehmend einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Nährstoffe werden dem Wald entzogen sowie wichtige Funktionen zur Klimaanpassung im Wald und der Feuchtigkeitsregulation werden gestört sowie das Kohlenstoffspeicherungspotenzial des Waldes reduziert. Daher wird die Gewinnbarkeit dieser ermittelten Potenziale auch von den künftigen Strategien zur Waldbewirtschaftung (stoffliche oder energetische Nutzung des Holzes oder eher eine naturnahe Bewirtschaftung zur Erhöhung der Biodiversität) im Landkreis Lüchow-Dannenberg abhängen; in den weiteren Betrachtungen werden diese daher lediglich nachrichtlich aufgeführt.

#### 2.1.4 Wasserflächen

In der Nutzungsartengruppe Wasserflächen sind vor allem größere stehende Gewässer und Fließgewässer von Interesse. Der Landkreis weist verschiedene Seen auf und ist von diversen Fließgewässern sowie Gräben durchzogen. Für die Ermittlung der Bewirtschaftungslänge der Fließgewässer wurden die Uferlinien der Elbe (67 km einfache Länge), der Jeetzel (68 km), der Alten Jeetzel (36 km) und der Dumme (16 km) vermessen. Um Verstopfungen der Gewässer vorzubeugen, sind diese etwa einmal jährlich zu pflegen.

Es gibt kaum publizierte Erkenntnisse über die Grünschnittpotenziale von See- und Flussufern. Die einzig verfügbare Quelle<sup>31</sup> bezieht sich auf Gewässer 1. Ordnung (meist Bundeswasserstraßen) und

---

<sup>30</sup> WERN et al (2014): „Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holzkaskadennutzung. IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V, Saarbrücken, Heidelberg, Münster.

<sup>31</sup> WAGNER et al. (2012): „Potenzialstudie über Aufkommen und Behandlung biogener Abfälle im Freistaat Sachsen“. Schriftenreihe, Heft 10/2012. INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden und TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten sowie LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft: Dresden.

spricht von 4,4 t/(km\*a) Grasschnitt und 0,9 t/(km\*a) Gehölzschnitt. Die Faktoren für die Ufer stehender Gewässer werden dort wie folgt abgeschätzt: 3,3 t/(km\*a) Grasschnitt und 0,68 t/(km\*a) Gehölzschnitt.

**Tabelle 4: Abschätzung Biomassepotenzial Gewässer**

Ort	See/Fließgewässer	Länge
Gartow	Gartower See	6 km
Laasche	Laascher See	8 km
Dannenberg	Thielenburger See	2 km
Seedorf	Gümser See	4 km
Hitzacker	Hitzacker See	3 km
Predöhsau	Kuhweidenbrack	3 km
Penkefitz	Penkefitzer See	4 km
<b>Summe Länge Seeufer</b>		<b>30 km</b>
Elbufer (einseitig)		67 km
Jeetzel (beidseitig)		68 km
Dumme (beidseitig)		17 km
Alte Jeetzel (beidseitig)		37 km
<b>Summe Länge Fließgewässer</b>		<b>188 km</b>
<b>Summe Länge Gewässer</b>		<b>218 km</b>
Art Grünabfall	spez. Ansatz	Menge
<b>Grasschnitt</b>	3,0 t/km, a	<b>655 t/a</b>
<b>Gehölzschnitt</b>	0,5 t/km, a	<b>109 t/a</b>

Für unsere Betrachtungen wurden die niedrigeren Werte (abgerundet) von 3,0 und 0,5 t/(km\*a) auf fließende und stehende Gewässer angewendet. Um das maximale Potenzial darzustellen, wird 100 % der Strecke angesetzt, sodass sich rund **650 t Grasschnitt und 100 t Gehölzschnitt pro Jahr** ergeben.

**Bewertung:** Die unter wirtschaftlichen und logistischen Gesichtspunkten tatsächlich erreichbaren Mengen dürften niedriger als die dargestellten Werte sein: insbesondere die schlechte Zugänglichkeit vieler Randstreifen dürfte Einsammlung und Transport sehr erschweren. Darüber hinaus können die Grünabfälle durch nicht-organische Bestandteile, welche im Wasser mitschwimmen, verschmutzt sein, weshalb diese nach dem Rückschnitt am Anfallort liegen gelassen werden. Wir gehen nicht davon aus, dass für den Biomassehof ein nennenswertes Potenzial zur Verfügung steht.

### 2.1.5 Naturschutzgebiete

Zu den Naturschutzgebieten zählen gesetzlich geschützte Biotop sowie andere förmlich geschützte Gebiete wie FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete, Biosphärenreservate etc. Umfang und Intensität der

Pflegearbeiten hängen in der Regel von den verfügbaren Finanzmitteln der Naturschutzbehörden sowie dem Engagement privater Umweltschutzgruppen ab. Das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue erstreckt sich über etwa 90 Stromkilometer der Elbe entlang von Schnackenburg bis Hohnstorf bei Lauenburg. Es besitzt eine Gesamtgröße von rund 56.760 ha, wovon sich etwa 50 % im Landkreis Lüchow-Dannenberg befinden. Darüber hinaus gibt es in Lüchow-Dannenberg 13 ausgewiesene Naturschutzgebiete (Stand Januar 2021). Grünland-, Acker- und Forstflächen innerhalb dieser Gebiete werden an Landwirte und Forstbetriebe verpachtet, deren Bewirtschaftung gehört damit nicht zum Aufgabenbereich der Landschaftspflegeverbände.

**Tabelle 5: Naturschutzgebiete im Landkreis Lüchow-Dannenberg**

Name	Beschreibung	Größe
Blütlinger Holz	Erlenbruchwaldgebiet mit hoch anstehendem Grundwasser sowie Eichen- und Buchenmischwald, Röhricht und Großseggenriedern	304 ha
Die Lucie	Waldbestand mit Altholzbeständen, tlw. vermoort	1.712 ha
Eichen- und Buchenwälder in der Göhrde	Hoher Alt- und Totholzanteil, Rotbuche, Stieleiche, Traubeneiche, Sandbirke und Waldkiefer, tlw. Heideflächen und Sandflächen mit Gebüsch und Baumgruppen, tlw. Wiesenfuchsschwanz, Scharfer Hahnenfuß, Wiesenplatterbse, Gewöhnliches Ruchgras	904 ha
Gain	Erlenbruchwaldgebiet mit hoch anstehendem Grundwasser sowie Eichen- und Buchenmischwald, Röhrichte, Seggenriedern, tlw. Äcker und Grünland landwirtschaftlich genutzt	2.014 ha
Lüchower Landgraben-niederung	Buchen-, Eichen- und Eichen-Hainbuchenwälder, Röhrichte, Groß- und Kleinseggenriedern, tlw. Grünland und Ackerflächen landwirtschaftl. genutzt	532 ha
Luckauer Holz	Eichenmischwald, Erlen-Eschen- und Bruchwälder, Hochstaudenfluren, Weiden-Sumpfbüschel, Staudensümpfe, Feuchtwiesen, Großseggenriede, Röhrichte	122 ha
Mittlere Dumme und Püggener Moor	Laubwälder aus Erlen-Eschenwäldern, Au- und Bruchwäldern mit Schwarzerle, Esche, Weide, Stieleiche und Hainbuchen, Bäche, Moore, Grünland und Ackerflächen landwirtschaftlich genutzt	1.351 ha
Maujahn	Moore mit Bruchwald, Rosmarinheide, Glocken- und Besenheide, Seggen, Blumenbinse, Birken- und Erlenbruchwälder	37 ha
Nemitzer Heide	Zwergstrauchheide mit Kiefern, Birken, Wacholder	1.064 ha
Obere Dummeniederung	Laubwälder, Hochstaudenfluren, Röhrichte, Seggenriedern, Grünland und Ackerflächen landwirtschaftlich genutzt	649 ha
Planken und Schletauer Post	Bruchwälder, Stillgewässer, Röhrichte, Feuchtgebüschel, Eichenmischwald, landwirtschaftliche Nutzflächen	535 ha
Schnegaer Mühlenbachtal	Laubwälder, Hochstaudenfluren, Seggenriedern, Kleingewässer, Sandgruben, Grünland und Ackerflächen landwirtschaftlich genutzt	477 ha
Schwarzer Berg bei Krummasel	Sandgrube, Sandtrockenrasen, Birken- und Kieferwald	3 ha
<b>Summe</b>		<b>9.701 ha</b>

Die Gesamtfläche der 13 Naturschutzgebiete beläuft sich auf rd. 9.700 ha zzgl. etwa 28.400 ha des Biosphärenreservats. Da die Vegetationsflächen von Mooren, Sümpfen, Heiden, Unland und Gehölzen

lediglich 2.100 ha und damit knapp 2 % der gesamten Vegetationsfläche in Lüchow-Dannenberg ausmachen, wird angenommen, dass die Naturschutzgebiete sowie das Biosphärenreservat überwiegend aus Wald- bzw. Ackerflächen bestehen, welche durch Förstereien und Landwirten bewirtschaftet werden. Für die Berechnung des Potenzials an Landschaftspflegematerial bedienen wir uns den von Peters und Schicketanz (2014)<sup>32</sup> aus der Literatur zusammengetragenen Ansätzen:

**Tabelle 6: Annahmen zu Biomasseaufkommen bei der Pflege von Naturschutzgebieten**

Vegetation	Mittlerer Ertrag t TM/ha *a
Moore und Sümpfe	3,00
Rohboden- und Ruderalfluren	4,50
Feucht-/Frischwiesen, Grünlandbrachen, Staudenfluren	3,00
Trocken- und Halbtrockenrasen, Trittrasen	2,50
Laubgebüsch/ Feldgehölze	5,00
Zwergstrauchweiden	1,00
Grünland (i. d. R. Überschneidung mit extensiv GL)	3,00
Schilf (i. d. R. Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	8,00
Ufervegetation (i. d. R. Überschneidung mit Gewässerunterhaltung)	1,75

Da die verbleibenden Vegetationsflächen der Naturschutzgebiete sowie des Biosphärenreservats überwiegend aus Mooren, Staudenfluren, Trocken- und Halbtrockenrasen, Laubgebüsch/ Feldgehölzen sowie Grünland (GL) bestehen, wird für die Berechnung des potenziellen Landschaftspflegematerials ein jährlicher Zuwachs von im Mittel 3,0 t/ha,a angesetzt. Laut Peters und Schicketanz (2014) sind darüber hinaus von der theoretischen Gesamtmenge 30 % aufgrund der Unzugänglichkeit der Flächen und des zu hohen Transportaufwands abzuziehen, sowie weitere 30 % für das Material, welches als Nistmaterial oder als Nährstoffträger am Anfallort verbleiben soll. Demnach verbleibt ein Potenzial in H. v. 40 % bzw. 1,2 t/ha,a der theoretischen Gesamtmenge an Landschaftspflegematerial. Bei einem Wassergehalt von 50 bis 55 % ergäbe sich ein Potenzial von 2,4 t/ha,a.

Bei einer verbleibenden Fläche von rd. 2.100 ha (ohne Wald und Landwirtschaft) ergibt sich somit ein Potenzial von rd. 2.800 t TM/a. Bei einem Wassergehalt von durchschnittlich 55 % ergeben sich rd. **5.000 t/a Frischmasse Landschaftspflegematerial**. Werden hier die gleichen Mengenverhältnisse wie bei Grünabfällen von Wohnbauflächen angesetzt (25 % holzig, 75 % krautig), so entfallen **ca. 3.750 t/a auf krautiges und ca. 1.250 t/a auf holziges Landschaftspflegematerial**.

<sup>32</sup> SCHICKETANZ et al (2014): „Landschaftspflegematerial im Land Brandenburg – Potenzialermittlung und Möglichkeiten der energetischen Verwertung“. Bosch & Partner GmbH und BioenergieBeratungBornim GmbH im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg: Berlin, Potsdam.

Gewichtet nach der Größe der jeweiligen Naturschutzgebiete und des Biosphärenreservats verteilen sich die Biomassepotenziale wie folgt:

**Tabelle 7: Biomassepotential gewichtet nach Flächenanteil**

Name	Anteil an Gesamtfläche	tats. Potenzial In t FM/a	davon krautig in t FM/a	davon holzig in t FM/a
			75%	25%
Blütlinger Holz	0,8 %	40	30	10
Die Lucie	4,5 %	220	165	55
Eichen- und Buchenwälder in der Göhrde	2,4 %	120	90	30
Gain	5,3 %	260	195	65
Lüchower Landgrabenniederung	1,4 %	70	50	20
Luckauer Holz	0,3 %	20	15	5
Mittlere Dumme und Püggener Moor	3,5 %	180	135	45
Nemitzer Heide	2,8 %	140	105	35
Obere Dummeniederung	1,7 %	90	70	20
Planken und Schletauer Post	1,4 %	70	50	20
Schnegaer Mühlenbachtal	1,3%	60	45	15
<b>Summe Naturschutzgebiete</b>	<b>25,5 %</b>	<b>1.270</b>	<b>950</b>	<b>320</b>
<b>Biosphärenreservat</b>	<b>74,5 %</b>	<b>3.730</b>	<b>2.800</b>	<b>930</b>
<b>Summe</b>	<b>100 %</b>	<b>5.000</b>	<b>3.750</b>	<b>1.250</b>

*\*Die Naturschutzgebiete Maujahn und Schwarzer Berg bei Krummasel liegen bei einem Flächenanteil von unter 0,1 % und werden hier nicht betrachtet.*

**Bewertung:** Die Befragungen der Landschaftspflegeverbände (Biosphärenreservat Niedersachsen, NLWKN Kluge Dumme Projekt) ergab, dass meist nur der Gehölzschnitt abgefahren und einer Entsorgung über Grünpflegeplätze oder Kompostierungsanlagen in Lüchow-Dannenberg zugeführt werden. Für die Mahd stehen bisher für die Aufnahme und den Transport keine geeigneten Maschinen zur Verfügung. Eine kostengünstige Entsorgungsmöglichkeit würde hier ein großes Potenzial für naturschutzfachliche Verbesserungen (Grünlandschutz, Gewässerschutz, Insektenschutz, Biotopverbund u. a.) entfalten.

Aufgrund der beschränkten finanziellen Mittel besteht seitens der Landschaftspflegeverbände ein großes Interesse an kostengünstigen Möglichkeiten zur fachgerechten Entsorgung des Landschaftspflegematerials. Besonders gilt dies für z. B. Mahdgut von Deichen sowie Wege- und Gewässerrändern, speziell zu behandelndes Grüngut, das von u. U. schadstoffbelasteten Auenflächen (häufig überschwemmten Uferpartien der Elbe) stammt, Kussel (junge Gehölze) von Heideflächen, Feuchtwiesen und entwässerten Mooren, Material aus der Zurückdrängung gebietsfremder Arten (Neophyten), aber auch Oberboden, der als Komposterde verwertet werden könnte. Bisher erfolgt bei Pflegeeinsätzen meist eine Mulchmahd, bei der das Mahdgut vor Ort verbleibt, teilweise wird es auch als Futtermittel

an benachbarte Landwirte vergeben. Der Verbleib des Mahdguts hat jedoch auch negative Auswirkungen auf die floristische und faunistische Vielfalt der betroffenen Grünlandhabitats, z. T. auch auf die Gewässer (wenn nährstoffreiche Sickersäfte aus Ablagerungen am Gewässerufer in das Gewässer gelangen). Aufgrund der zunehmenden Trockenheit in den letzten Jahren nahm die Grünabfallmenge jedoch stark ab.

Frau Dr. Ebeling von der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Lüchow-Dannenberg wies darauf hin, dass in ihrem Verantwortungsbereich gelegentlich Landschaftspflegematerial anfällt. Heckenpflegemaßnahmen werden extern vergeben, die dabei entstehenden Hackschnitzel werden von den beauftragten Unternehmen zur eigenen Verwertung angenommen. Der wirtschaftlichste Anbieter bekommt den Zuschlag. Im aktuellen Projekt Nehmitzer Heide wird organisches Material von den Flächen abgetragen und auf die umliegenden Äcker aufgebracht. Dabei wird die Heide abgeschoben, das abgeschobene Material wird zerkleinert und dann als organisches Material aufgebracht. Die betreffenden Landwirte gestatten sozusagen das Aufbringen durch die von der Unteren Naturschutzbehörde beauftragten Firmen und bekommen das Material kostenlos. Das Material fällt sehr unregelmäßig an (alle 5 bis 8 Jahre), immer dann, wenn finanzielle Mittel zur Gebietsbetreuung da sind. Die Untere Naturschutzbehörde bewertet die Situation dahingehend, dass es im Prinzip funktionierende Verwertungswege gebe und aus deren Sicht kein Bedarf für einen Biomassehof bestünde.

### 2.1.6 Zusammenfassung der flächenbezogenen Potenziale

Die folgende Tabelle fasst alle flächenbezogenen Potenziale zusammen; alle Angaben beziehen sich auf die Frischmasse. Die Potenziale stellen zunächst nur die theoretischen Potenziale da. Da die oben ermittelten Vollholz- und Hackschnitzelmengen aus Waldresthölzern auch von den künftigen Strategien zur Waldbewirtschaftung (stoffliche oder energetische Nutzung des Holzes oder eher eine naturnahe Bewirtschaftung zur Erhöhung der Biodiversität) im Landkreis Lüchow-Dannenberg abhängen, werden diese vorerst als nicht gewinnbares Biomassepotenzial ausgeschlossen und nur noch nachrichtlich aufgeführt und gehen nicht in das Gesamtpotenzial mit ein. Eine Abschätzung der tatsächlich für den Biomassehof gewinnbaren Potenziale ist in der Spalte 4 enthalten.

**Tabelle 8: Zusammenfassung flächenbezogene Potenziale im Landkreis Lüchow-Dannenberg**

Nutzung	Potenzialfläche bzw. -länge	Potenzial theoretisch gerundet	Potenzial tatsächlich gerundet	davon krautig	davon Hackschnitzel	Anmerkung
<b>Flächenbezogene Potenziale</b>						
Wohnbaufläche	2.292 ha	45.800 t/a	19.300 t/a	13.300 t/a	6.000 t/a	bereits erfasste Grünabfallmenge, private und gewerbliche Anlieferungen, Erhöhung um 1.000 t/a angenommen (Verringerung durch Biotonne um 1.000 t/a darin berücksichtigt)
Industrie- und Gewerbefläche	188 ha	1.100 t/a				
Friedhofsfläche	130 ha	1.000 t/a				
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Grünanlagen)	242 ha	3.600 t/a				
Verkehrsflächen	610 km	4.160 t/a				
Randstreifen Seen, Fließgewässer	218 km	180 t/a				
Landwirtschaftsfläche	62.465	<i>nicht bezifferbar</i>				
<i>Waldfläche</i>	<i>45.270</i>	<i>165.000 t/a Vollholz 6.000 t/a Hackschnitzel</i>	<i>0</i>	<i>-</i>	<i>0</i>	<i>Potenzial vorerst als nicht gewinnbar eingestuft</i>
Naturschutzflächen (ohne Waldanteil)	2.100 ha	12.600 t/a	5.000 t/a	3.750 t/a	1.250 t/a	3 t/ha,a, davon 40 %, dann Umrechnung auf Feuchtmasse mit Faktor 2
<b>Summe Potenziale</b>		<b>287.140 t/a</b>	<b>22.000 t/a</b>	<b>17.050 t/a</b>	<b>7.250 t/a</b>	

## 2.2 Einwohnerbezogene und sonstige Biomassenpotenziale

### 2.2.1 Bioabfallabfallaufkommen der privaten Haushalte

Zur Erfassung von Küchenabfällen wurde 2019 im Landkreis das Pilotprojekt „Biomüllschleusen“ als Bringsystem an ausgewählten Standorten installiert. Grünabfälle können wie beschrieben an zahlreichen Annahmestellen angeliefert werden.

Eine flächendeckende Biotonne als Holsystem wurde bisher noch nicht eingeführt. Das Potenzial für die Biotonne im Landkreis Lüchow-Dannenberg wurde 2017 in einem Konzept im Auftrag des Landkreises abgeschätzt<sup>33</sup>. Dort wurde je angeschlossenen Einwohner von einer Erfassungsmenge von **135 kg/(E\*a)** ausgegangen. Bei einer Anschlussquote von 70 % bezogen auf den gesamten Landkreis resultiert daraus eine Erfassungsmenge von 4.600 t/a. Werden nur die Kerngebiete Lüchow, Dannenberg, Hitzacker und Wustrow angeschlossen, wären dies rund 26.000 Einwohner, davon 70 % wären rund 18.000 Einwohner bzw. **2.500 t/a**.

Die unter Bioabfälle (Biotonne) dargestellten Potenziale „bedienen“ sich einerseits bei den Wohnbauflächen (Kap. 2.1.1.1), andererseits bei den Lebensmittelabfällen (Kap. 2.2.2). Bei der Einführung der Biotonne wird es auch Auswirkungen auf die über die Grünabfallsammlung erfassten Grünabfälle geben, weil ein Teil der Einwohner ihre Gartenabfälle in die Biotonne geben wird.

### 2.2.2 Lebensmittelabfälle

Das Thema „Lebensmittelverschwendung“ ist in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus geraten. Das Bundesministerium Ernährung und Landwirtschaft hat das Aufkommen an Lebensmittelabfällen über die gesamte Lebensmittelversorgungskette in den Sektoren Primärproduktion, Lebensmittelverarbeitung, Groß- und Einzelhandel, Außer-Haus-Verpflegung und private Haushalte erhoben<sup>34</sup>. Die Primärproduktion umschreibt in diesem Kontext die landwirtschaftlichen Nachernteverluste inklusive Transporte, die übrigen Begriffe für die Bereiche sind selbsterklärend.

Die in der BMEL-Studie genannten Abfallmengen enthalten organische Abfälle, welche sowohl Lebensmittelabfälle, als auch für den Verzehr ungeeignete Stoffe beinhalten. Gespendete Lebensmittel werden nicht unbedingt als Lebensmittelabfälle klassifiziert. Lebensmittelspenden, die vom Handel an karitative Einrichtungen weitergegeben werden, sind deshalb nicht unbedingt in den ausgewiesenen Lebensmittelabfallmengen enthalten. Generell ist auch die Abgrenzung zwischen Abfall und Nebenprodukt nicht immer eindeutig, so dass hier auch unterschiedliche Einordnungen gegeben sein können.

<sup>33</sup> ATUS (2013): „Konzept zur Einführung der getrennten Sammlung von Bioabfällen mittels Biotonne im Landkreis Lüchow-Dannenberg“. ATUS GmbH im Auftrag des Landkreis Lüchow-Dannenberg; Hamburg.

<sup>34</sup> BMEL-Baseline (2015): „Lebensmittelabfälle in Deutschland“. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: eine Übersicht verschiedener Studienergebnisse: Bonn.

Insgesamt ergaben sich knapp zwölf Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle pro Jahr bezogen auf 2015. Verwendet wurden direkte Messungen, Massenbilanzen, Abfallanalysen, Befragungen, Koeffizienten, Statistiken, Zählungen und Aufzeichnungen. Teilweise wurden dies Studien miteinander kombiniert. Dabei handelt es sich jeweils um die besten zur Verfügung stehenden Daten zum Zeitpunkt der Untersuchung. Unsicherheiten in der Datenlage bestehen vor allem in den Bereichen Primärproduktion, Verarbeitung und Groß- und Einzelhandel.

Die folgende Tabelle zeigt die Studienergebnisse für Deutschland, einmal als Gesamtaufkommen, dann umgerechnet auf ein spezifisches Einwohneraufkommen. Das spezifische Einwohneraufkommen wird dann zur Umrechnung auf das Potenzial im Landkreis Lüchow-Dannenberg verwendet. Eine Korrektur auf die spezifischen Gegebenheiten im Landkreis erfolgt mangels brauchbarer Korrekturfaktoren nicht. So dürften die Werte für die Primärproduktion aufgrund der agrarisch geprägten Struktur in Lüchow-Dannenberg höher als im Bundesdurchschnitt liegen. Für die weiteren Betrachtungen werden jeweils die **Mittelwerte** verwendet. Das Potenzial der privaten Haushalte ist bereits auch im 2.2.1 behandelt worden, wobei die Biotonne nicht nur Lebensmittelabfälle erfasst, sondern auch Gartenabfälle.

**Tabelle 9: Abschätzung der Lebensmittelabfälle entlang der Wertschöpfungsketten**

Beschreibung	Minimum	Maximum	Mittelwert
<b>Gesamtaufkommen Deutschland (1.000 t/a)</b>			
Primärproduktion	1.030	1.360	<b>1.690</b>
Lebensmittelverarbeitung	1.420	2.170	<b>2.910</b>
Groß- und Einzelhandel	320	490	<b>670</b>
Außer-Haus-Verpflegung	1.630	1.690	<b>1.760</b>
Private Haushalte	5.870	6.140	<b>6.400</b>
<b>spezifisches Aufkommen Deutschland (kg/E*a)</b>			
Primärproduktion	12	16	<b>20</b>
Lebensmittelverarbeitung	17	26	<b>35</b>
Groß- und Einzelhandel	4	6	<b>8</b>
Außer-Haus-Verpflegung	20	20	<b>21</b>
Private Haushalte	71	74	<b>78</b>
<b>Aufkommen Lüchow-Dannenberg (t/a)</b>			
Primärproduktion	600	800	<b>1.000</b>
Lebensmittelverarbeitung	800	1.300	<b>1.700</b>
Groß- und Einzelhandel	200	300	<b>400</b>
Außer-Haus-Verpflegung	1.000	1.000	<b>1.000</b>
Private Haushalte	3.400	3.600	<b>3.800</b>
<b>Summe</b>	<b>6.000</b>	<b>7.000</b>	<b>7.900</b>
<b>Summe ohne Haushalte</b>	<b>2.600</b>	<b>3.400</b>	<b>4.100</b>

Im Folgenden werden die verschiedenen Bereiche für Lebensmittelabfälle bewertet.

**Bewertung Primärproduktion:** Diese findet sich in Kap. 2.1.3.1 (Landwirtschaft).

**Bewertung Lebensmittelverarbeitung** Wie ein Gespräch mit der **Steinicke – Haus der Hochlandgewürze GmbH** (Hersteller von luftgetrockneten Kräutern und Gemüse) ergab, fällt dort in der ca. 5.500 t Biomasse an (i. d. R. Stiele aus den verarbeiteten Kräutern), die in verschiedene Biogasanlagen abgesteuert werden. Die Biomasse fällt hauptsächlich von Juli bis September an. Derzeit besteht kein Bedarf an weiteren Entsorgungsmöglichkeiten, jedoch besteht Grundsatz hier durchaus Interesse, langfristig mit dem Biomassehof zusammenzuarbeiten. Steinecke betreibt zudem eine Hackschnitzelfeuerung, die derzeit von Entsorgungsunternehmen der Altholzbranche beliefert wird. Es ist vorstellbar, dass auch Hackschnitzel vom Biomassehof abgenommen werden würden.

Bei Saffhersteller **Voelkel GmbH** die Rückstände der gepressten Früchte und Gemüsesorten (Trester) über Dritte als Tierfutter verwertet oder auch einer nahegelegenen Biogasanlage zugeführt. Darüber hinaus betreibt Voelkel eine Trester Trocknungsanlage, um künftig den Trester auch für Menschen nutzbar zu machen.<sup>35</sup>

Generell ist davon auszugehen, dass es für die Betriebe derzeit bestehende Verwertungswege gibt, jedoch eine Belieferung des Biomassehofs dann in Frage kommt, wenn die wirtschaftlichen und logistischen Konditionen akzeptabel sind.

**Bewertung Groß- und Einzelhandel:** Hier gibt es i. d. R. bereits funktionierende Strukturen; brauchbare Lebensmittel werden an karitative Einrichtungen weitergegeben, sonstige Lebensmittel werden über die Dranktonne entsorgt. Dass für den Biomassehof gewinnbare Potenzial ist daher wohl nicht relevant.

**Bewertung Außer-Haus-Verpflegung:** Nachfolgend werden einige Branchen in diesem Bereich näher beleuchtet.

Beherbergungsgewerbe: Im Jahre 2020 hatten in Lüchow-Dannenberg – nach Angaben des Landesamtes für Statistik Niedersachsen – 56 Beherbergungsbetriebe geöffnet (Betriebe mit mindestens 10 Betten und geöffnete Campingplätze mit mindestens 10 Stellplätzen), die 3015 Betten zur Verfügung stellten. Insgesamt kamen 64.255 Gäste an, die 181.630 Übernachtungen durchführten; im Durchschnitt übernachtete somit jeder Gast 2,82 Nächte.

KRANERT *et al.*<sup>36</sup> geben verschiedene Kennwerte für einzelne Beherbergungstypen (Hotels, Pensionen usw.) an; da diese hier nicht unterschieden werden, rechnen wir die Lebensmittelabfälle anteilig von

---

<sup>35</sup> Voelkel GmbH: Auszug aus Nachhaltigkeitsbericht

<sup>36</sup> KRANERT *et al.* (2012): „Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland“. Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Lehrstuhl für Abfallwirtschaft und Abluft und Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft: Stuttgart, Wien.

den gesamtdeutschen Werten. KRANERT *et al.* errechnen 185.718 t Lebensmittelabfälle aus dem Beherbergungsgewerbe pro Jahr bei 368.737.280 Übernachtungen (also 0,5 kg je Übernachtung). Der Landkreis hat einen Anteil von 0,049 % an den Übernachtungen, entsprechend 91 t Lebensmittelabfälle pro Jahr.

Krankenhaus: Im Landkreis gibt es ein großes Krankenhaus, die Elbe Jeetzel Klinik in Dannenberg mit 100 Betten, 240 Mitarbeiter, mit 12.000 ambulante Notfälle und ca. 5.500 stationäre Patienten im Jahr. Da die Anzahl der Übernachtungen nicht bekannt ist, wird hier keine weitere Quantifizierung vorgenommen.

Lebensmittelabfälle am Arbeitsplatz: In Lüchow-Dannenberg arbeiten 14.361 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Die werden teilweise sich in der Kantine verpflegen, jedoch ist der Anteil nicht bekannt.

Schulen: Im Landkreis Lüchow-Dannenberg gehen 5.039 Kinder und Jugendliche zur Schule, hinzu kommen noch 989 Berufs- und Landesberufsschüler/innen. Wie groß der Anteil der Schulen mit Ganztagsbetrieb und entsprechender Verpflegung ist, ist nicht bekannt.

Kinderbetreuungsstätten: Im Landkreis gibt es 39 Kindertagesstätten mit insgesamt 2.034 betreuten Kindern. Auch hier ist Anteil der Kinder mit Verpflegung nicht gekannt.

Alten- und Pflegeheime: Im Landkreis Lüchow-Dannenberg sind insgesamt 1.029 Pflegebedürftige in stationärer Pflege. Wird wie beim Beherbergungsgewerbe mit 0,5 kg je Übernachtung gerechnet, ergäbe dies ein Potenzial von ca. 180 t/a.

**Bewertung private Haushalte:** Das Potenzial wird im Kapitel 2.2.1 behandelt.

### 2.2.3 Holzverarbeitende Betriebe

Der Biomassehof könnte theoretisch neben Grünabfällen auch holzige Abfälle verwerten (z. B. in einer Hackschnitzelfeuerung). Es wurden einige Holzverarbeitende Betriebe hierzu befragt.

Sie gaben an, dass Holzspäne und Sägeabschnitte direkt in der eigenen Hackschnitzelheizung verwertet werden. Weitere Abfälle sind lediglich belastetes Holz wie beschichtete Fensterrahmen, die für eine Hackschnitzelfeuerung nicht in Frage kommen.

### 3. Zusammenfassung der Potenziale

Die nachfolgende Tabelle zeigt zusammenfassend die abgeschätzten Potenziale. Die Angaben umfassen einmal die theoretischen Potenziale aus den vorigen Tabellen. Da die oben ermittelten Vollholz- und Hackschnitzelmengen aus Waldresthölzern auch von den künftigen Strategien zur Waldbewirtschaftung (stoffliche oder energetische Nutzung des Holzes oder eher eine naturnahe Bewirtschaftung zur Erhöhung der Biodiversität) im Landkreis Lüchow-Dannenberg abhängen, werden diese vorerst nicht gewinnbares Biomassepotenzial ausgeschlossen und nur noch nachrichtlich aufgeführt und gehen nicht in das Gesamtpotenzial mit ein. Neben den theoretischen Potenzialen wird eine Abschätzung der aus unserer Sicht für den Biomassehof gewinnbaren Potenziale vorgenommen. Es liegt auf der Hand, dass die Angaben für beide Potenzialarten mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Dies gilt vor allem für die für den Biomassehof gewinnbaren Potenziale, weil diese auch von den finanziellen und logistischen Konditionen für die jeweiligen Abfallerzeuger abhängig sind. Würde der Biomassehof die Biomassen nicht nur kostenlos verwerten, sondern auch für die Einsammlung und den Transport sorgen, so wäre das theoretische Potenzial auch tatsächlich gewinnbar. Die Frage „wieviel Biomasse würdet Ihr uns bereitstellen, wenn wir sie kostenlos abnehmen und vielleicht sogar den Transport übernehmen würden“ würde sicherlich zu deutlich höheren Mengen führen. Im Anhang sind die Biomassepotenziale noch einmal in Form einer georeferenzierten Karte von Lüchow-Dannenberg dargestellt.

**Tabelle 10: Gesamtpotenziale**

Nutzung	Potenzialfläche bzw. -länge	Potenzial theoretisch gerundet	Potenzial tatsächlich gerundet	davon krautig	davon Hackschnitzel	Anmerkung
<b>Flächenbezogene Potenziale</b>						
Wohnbaufläche	2.292 ha	45.800 t/a	19.300 t/a	13.300 t/a	6.000 t/a	bereits erfasste Grünabfallmenge, private und gewerbliche Anlieferungen, Erhöhung um 1.000 t/a angenommen (Verringerung durch Biotonne um 1.000 t/a darin berücksichtigt)
Industrie- und Gewerbefläche	188 ha	1.100 t/a				
Friedhofsfläche	130 ha	1.000 t/a				
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Grünanlagen)	242 ha	3.600 t/a				
Verkehrsflächen	610 km	4.160 t/a				
Randstreifen Seen, Fließgewässer	218 km	180 t/a				
Landwirtschaftsfläche	62.465	<i>nicht bezifferbar</i>				
Waldfläche	45.270	165.000 t/a Vollholz 6.000 t/a Hackschnitzel	0	-	0	Potenzial wird vorerst als nicht gewinnbar eingestuft.
Naturschutzflächen (ohne Waldanteil)	2.100 ha	12.600 t/a	5.000 t/a	3.750 t/a	1.250 t/a	3 t/ha,a, davon 40 %, dann Umrechnung auf Feuchtmasse mit Faktor 2
<b>Sonstige Potenziale</b>						
Bioabfälle (Biotonne)	Lüchow, Dannenberg, Hitzacker, Wustrow		2.500 t/a			Anschlussquote 70 %, 135 kg/E*a)
<b>Lebensmittelabfälle</b>						
Primärproduktion		1.000 t/a	1.000 t/a			siehe Landwirtschaft
Lebensmittelverarbeitung		1.700 t/a				
Groß- und Einzelhandel		400 t/a				
Außer-Haus-Verpflegung		1.000 t/a				
Private Haushalte						siehe Bioabfälle
<b>Summe Potenziale</b>		<b>237.540 t/a</b>	<b>27.800 t/a</b>	<b>17.050 t/a</b>	<b>7.250 t/a</b>	

## 4. Vergleich möglicher technischer Verfahren

In Nachfolgend werden einige Verfahren zur energetischen Verwertung von Biomassen betrachtet.

### 4.1 Vergärungsverfahren

Bei der Vergärung von Biomasse werden zwei Verfahren zur Erzeugung von Biogas unterschieden: Die sogenannte Trockenvergärung und die Nassvergärung. Die Verfahrenswahl hängt von den eingesetzten Substraten ab. Für fließ- und pumpfähige Inputstoffe wird das Nassvergärungsverfahren angewandt, für die festere stapelbare Biomasse die Trockenvergärung.

Bei beiden Verfahren wird unter Sauerstoffausschluss durch Mikroorganismen das organische Material zersetzt und Biogas frei, das zu etwa 60 % aus energiereichem Biomethan besteht. Das erzeugte Biogas kann anschließend entweder im Blockheizkraftwerk (BHKW) von einem Verbrennungsmotor in Strom und Wärme umgewandelt oder über eine Aufbereitungsanlage ins Erdgasnetz eingespeist werden. Das aufbereitete Biogas kann auch als Kraftstoff verwertet werden. Mit der erzeugten Wärmeenergie aus dem BHKW können der Fermenter und ggf. der Nachgärer beheizt sowie ein Nahwärmenetz oder sonstige Wärmeverbraucher beliefert werden. Über eine Notgasfackeln oder eine sonstige autark arbeitende Verbrauchseinrichtung, wie eine Notgasheizung, kann das im Biogas enthaltene Methan bei einem Ausfall der Anlage schadlos verbrannt werden.

Im Landkreis Lüchow-Danneberg befinden bereits ca. 35 Biogasanlagen, die im Jahr 2015 mit 130 GWh zur Stromproduktion, mit 13,4 GWh über Wärmenetze und 70 GWh über Biomethaneinspeisung zur Bereitstellung von EE-Wärme, sowie 7,3 GWh zur Treibstoffbereitstellung beitragen (gemäß Masterplan „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“).

#### 4.1.1 Nassvergärung

Derzeit arbeiten die meisten landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit dem Nassfermentationsverfahren. Hauptsächlich werden hier Gülle, Festmist und Maissilage eingesetzt. Wird feste Biomasse beigegeben, ist diese vorher gut zu zerkleinern, um die Suspension pump- und rührfähig zu halten. Der TS-Gehalt sollte dabei unter 15 % betragen, da das Material ansonsten nicht mehr pumpfähig ist.

Eine Nassfermentationsanlage besteht aus einer Substrateinheit zur Aufbereitung und Konditionierung des Inputmaterials, einem Fermenter (Rundbehälter), in dem die Substrate durchmischt und anaerob vergoren werden und einem Gärrestlager. Oft ist noch ein gasdichter Nachgärer zwischengeschaltet, welcher für eine bessere Gasausbeute bzw. eine längere Verweilzeit des Substrats innerhalb der Anlage sorgen soll. Die Gasspeichereinheit befindet sich direkt in den Fermentern, Nachgärern und

oder Gärrestlagern. Bei kleineren Biogasanlagen kann auch eine separate Gasspeichereinheit vorhanden sein.

Strukturreiche Biomassen eignen sich eher nicht für die Nassvergärung, so dass dieses Anlagenkonzept hier nur der Vollständigkeit halber genannt wird.

#### 4.1.2 Trockenvergärung

Für die Trockenvergärung/ -fermentation werden meist sogenannte Garagenfermenter verwendet. Die Anlagenbeschickung erfolgt im Batchbetrieb bzw. chargenweise. Für die kontinuierliche Verarbeitung von Substraten in der Trockenfermentation werden sogenannte Pfropfenstromfermenter verwendet.

Das nachfolgende Foto zeigt die Garagenfermenter der Biogasanlage in Breese/Marsch. Eine ähnliche Anlage befindet sich in Hitzacker.



**Abbildung 3: Garagenfermenter der Biogasanlage in Breese/Marsch (Quelle: 3N Kompetenzzentrum)<sup>37</sup>**

<sup>37</sup> 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.: „Trockenfermentation Breese“. Zugriff über: <https://www.3-n.info/themenfelder/praxisbeispiele/projekt Datenbank-bioenergie/biogas/trockenfermentation-breese.html>

Das Inputmaterial ist in der Regel zähflüssig oder nicht pumpfähig. Dazu gehören neben Bioabfall auch Rasenschnitt, Festmist und Pflanzensilage. Die missverständliche Bezeichnung des Verfahrens als „trocken“ dient der Abgrenzung von der Nassvergärung. Die verwendeten Substrate enthalten meist trotzdem einen sehr hohen Anteil an Wasser (bis zu 70 %). Zudem wird das Material, je nach Verfahrensvariante, vor der Vergärung mit Prozessflüssigkeit angemischt oder während der Vergärung mit wässriger Flüssigkeit (Perkolat) besprüht, um die notwendigen mikrobiellen Prozesse (anaerober Abbau) zu ermöglichen. Durch den hohen Trockensubstanzgehalt ist es möglich, den Fermenterinhalt durch ein Rührwerk nur lokal und nicht zwischen Beschickung und Ausgabe durchzumischen, es gilt also das Prinzip *First In – First Out*. Dadurch kann eine Mindestverweildauer des Substrats im Fermenter sichergestellt und so eine Hygienisierung des Substrats erreicht werden, die in der Nachrotte vervollständigt werden kann.

Die für den anaeroben Abbau erforderlichen Temperaturen werden durch eine Wand- und/oder Fußbodenheizung oder indirekt durch die Beheizung des Perkolates erzielt. Wie jede andere Biogasanlage können Trockenfermentationsanlagen sowohl mesophil (ca. 40 °C) als auch thermophil (ca. 55 °C) betrieben werden.

Die Faulzeit bei der Trockenvergärung beträgt, abhängig von den Prozessbedingungen und der Qualität und Beschaffenheit des Substrats, zwischen zwei und vier Wochen.

Werden krautige Grünabfälle einer thermophilen Vergärung mit anschließender mesophiler Vergärung oder Nachrotte zugeführt, sind die Anforderungen gemäß BioAbfV erfüllt, bei einer alleinigen mesophilen Vergärung, wie sie in den meisten NawaRo Biogasanlagen gegeben ist, jedoch nicht.

Wird in der Anlage Bioabfall als Substrat eingesetzt, so muss im Anschluss der Fermentation noch eine aerobe Behandlung des Gärrestes (Kompostierung) erfolgen, um eine Hygienisierung des Materials sicherzustellen.

**Tabelle 11: Vergleich Nass- und Trockenvergärung<sup>38</sup>**

Biogasverfahren	Wassergehalt in %	Gasertrag je t Input (m <sup>3</sup> /t)	Struktur des Inputmaterials
Nassvergärung	85	90-110	Dickflüssig; auch inhomogen
Trockenvergärung	50-70	80-100	Dickflüssig bis stückig

Bei einem Potenzial von 17.050 t/a krautiger Biomasse sowie 3.500 t/a Bioabfällen (vgl. Kap. 3) ergeben sich demnach in einer Trockenvergärungsanlage rd. 1,6 bis 2,1 Mio. m<sup>3</sup> Biogas. Bei einem Heizwert von

<sup>38</sup> UBA Texte 115/2019: « BioRest : Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)“. Ifeu, IZES, Öko-Insitut im Auftrag des Umweltbundesamtes: Heidelberg, Saarbrücken, Darmstadt, Berlin.

5,0 – 7,5 kWh je m<sup>3</sup> Biogas<sup>39</sup> entspricht dies 8.800 bis 11.600 MWh Energie (Ansatz: 5,5 kWh/m<sup>3</sup>). Es wird zusätzlich auf die Kap. 5.6.3 und 5.7.3.4 bzw. 5.7.3.5 verwiesen.

Der größte Vorteil der Trockenfermentation liegt in der einfacheren Verfahrenstechnik und den geringen Anforderungen an das Substrat. Insbesondere Bioabfälle enthalten üblicherweise Störstoffe, die nach der biologischen Behandlung als Reststoffe abgetrennt werden müssen. Diese können bei den Nassverfahren eher zu Störungen im Verfahrensablauf führen. Dazu können abrasiv wirkende Stoffe wie Steine oder Erde einen höheren Verschleiß nach sich führen, woraus höhere Instandhaltungskosten und Wartungsaufwendungen resultieren.

## 4.2 Energetische Nutzung von Holz

Im Landkreis Lüchow-Dannenberg macht die Wärmeerzeugung aus holziger Biomasse rund 8 % des Endenergiebedarfes an Wärme in Wohngebäuden aus (Stand 2015). Mit rund 36 % der Gesamtwärme aus erneuerbaren Energien trägt Holz als feste Biomasse zur Wärmeproduktion bei<sup>40</sup>. Das Heizen mit Holz hat nach aktueller Rechtslage langfristig den ökonomischen Vorteil, dass Brennstoffe wie Heizöl und Erdgas aufgrund der ansteigenden CO<sub>2</sub>-Steuer teurer werden. Zudem dürfen neue Öl-Heizungen aufgrund des Gebäudeenergiegesetzes ab 2026 nur noch als Hybridsysteme eingebaut werden, die erneuerbare Energien einbinden, zum Beispiel mit einer Solaranlage oder Wärmepumpe. Der Betrieb von Ölheizungen wird zudem auf 30 Jahre begrenzt, so dass auch von daher die Ölheizung langfristig keine Zukunft mehr hat. Zudem hat die energetische Nutzung von Holz gegenüber fossilen Energieträgern den ökologischen Vorteil einer weitgehenden CO<sub>2</sub>-Neutralität. Dies gilt jedoch nur, wenn maximal so viel des Wald- und Baumbestandes genutzt werden, wie im selben Zeitraum auch nachwachsen kann. Zusätzlich sind bei der Klimabilanz des Holzes auch die Ernte, Transport und Bearbeitung zu berücksichtigen.

Eine interessante Alternative zum Heizen mit fossilen Brennstoffen stellt hierbei die Verbrennung von Holz dar. Dies gilt für den privaten wie auch für den gewerblichen Einsatz. Nachfolgend betrachten wir die beiden Verarbeitungsformen Holz hackschnitzel und Pellets. Das Heizen mit Scheitholz – wie z. B. in Kaminöfen gängig – wird hier nicht betrachtet, sondern es werden nur die Systeme angesprochen, die eine kontinuierliche automatisierte Brennstoffzuführung ermöglichen.

<sup>39</sup> UBA TEXTE 115/2019: „« BioRest : Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)“. Ifeu, IZES, Öko-Insitut im Auftrag des Umweltbundesamtes: Heidelberg, Saarbrücken, Darmstadt, Berlin.

<sup>40</sup> KEEA (2017): „Masterplan „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“ - Masterplanbericht“. Klima und Energieeffizienz Agentur im Auftrag des Landkreises Lüchow-Dannenberg: Kassel.

### 4.2.1 Holzhackschnitzel

Die Holzhackschnitzelanlagen konkurrieren mit der Holzwerkstoffindustrie direkt um den Rohstoff Holz. Sie können jedoch im Gegensatz zu der Holzwerkstoffindustrie problemlos oftmals auch holzartigen Grünschnitt, Landschaftspflegehölzer oder Kurzumtriebshölzer einsetzen.

Altholz – z. B. aus dem Baubereich oder der Sperrmüllsammlung - hat wiederum eine Sonderrolle. Al- und All-Hölzer können in der Holzverarbeitenden Industrie als Brennstoff eingesetzt werden. Ansonsten brauchen Altholzfeuerungen spezielle Abgasreinigungsanlagen und Genehmigungen im Rahmen des BImSchG.<sup>41</sup>

Die Richtlinie VDI 4207-2 definiert drei Qualitätsstufen für Holz, welches als Holzhackschnitzel verwendet werden kann:

- Holz mit vernachlässigbaren Rinden- und Grünanteilen, z. B. entrindetes Holz, Energierundholz mit geringem Rindenanteil oder maschinell beispielsweise durch Siebung
- Energierundholz und zu einem geringen Anteil aus Waldrestholz
- Waldrestholz

Sauber aufbereitete, reine Holzsortimente, z. B. grob entastetes Energierundholz oder auch entsprechend gesiebtes Waldrestholz, werden aufgrund der geringen Gehalte an verbrennungskritischen Elementen, wie Nadeln, Blätter oder Rinde, für den Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen empfohlen.<sup>42</sup> Bei der Verwendung von Hackschnitzel müssen der Wassergehalt, die Partikelgröße und die Partikelform der Holzhackschnitzel den Anforderungen der Anlage entsprechen (Brennstoffnorm DIN EN ISO 17225, Teil 4).<sup>43</sup>

Der Heizwert von Holz beträgt im luftgetrockneten Zustand etwa 14,4 MJ/kg bzw. 4 kWh je kg Hackschnitzel.<sup>44</sup> Somit ersetzen rund 2,9 kg Holz einen Liter Heizöl bzw. 3,4 kg Holz einen Kubikmeter Erdgas. Bei einem Hackschnitzelpotenzial von rd. 6.000 t FM/a Grünabfall (Wassergehalt 55 %) und 1.250 t FM/a Landschaftspflegematerial (Wassergehalt 40 %) (vgl. Kap. 3) können so 15.200 MWh Energie erzeugt werden. Es wird zusätzlich auf die Kap. 5.6.3 und 5.7.3.6 verwiesen.

---

<sup>41</sup> WERN, et al (2014): „Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holzkaskadennutzung. IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V.: Saarbrücken, Heidelberg, Münster.

<sup>42</sup> RÜGGENMANN et al (2015): „Hackschnitzelheizungen – Was muss aktuell beachtet werden?“ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Gülzow-Prüzen.

<sup>43</sup> FNR (2015): „Hackschnitzelheizung, Was muss aktuell beachtet werden?“. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Gülzow-Prüzen.

<sup>44</sup> JÜRGENS (2011): „Rentabilitätsanalyse für ein Nahwärmenetz auf Grundlage einer Hackschnitzelheizung“. Christian-Albrechts-Universität: Kiel. Bachelorarbeit

## **Technischer Aufbau**

Im Vergleich zu Heizöl benötigt man für Hackschnitzel einen größeren Lagerraum. Dieser sollte so konzipiert sein, dass er zum einen eine angemessene Lagerkapazität verfügt, zum anderen für die Anlieferung der Hackschnitzel leicht zugänglich ist. Mit Hilfe eines Rührwerkes oder eines Schubbodens werden die Hackschnitzel aus dem Lagerraum in die Förderschnecke geschoben, welche das Heizgut weiter zum Heizkessel transportiert.

Je nach Ausführung wird das Heizgut in der Brennkammer entweder durch Heißluft oder durch ein Glutbett entzündet. Über die Regeltechnik wird die kontinuierliche Brennstoffzufuhr gesteuert und ist vom Wärmebedarf, der Kesselleistung und der Qualität der Hackschnitzel abhängig. Die Regeltechnik gewährleistet eine stufenlose Regelung von 30 % bis 100 % der vorhandenen Nennleistung. Bei modernen Feuerungen wird eine gestufte Brennluftezufuhr sowohl als Primärluft im Brennerraum als auch als Sekundärluft in der Ausbrandzone eingesetzt, damit in Verbindung mit Mess- und Regeltechnik die Möglichkeit besteht, Emissionen gezielt zu minimieren.

Die anfallende Asche ist in regelmäßigen Abständen aus der Brennkammer zu entfernen und wird über eine automatische Kipprost-Technik in die darunter liegenden Aschebehälter entsorgt. Die Zeitintervalle des Ascheaustrages sind mit Blick auf den Aschegehalt und die Aschezusammensetzung, abhängig vom jeweiligen Brennstoff, anzupassen bzw. zu optimieren.

Die durch die Verbrennung freiwerdende Wärme wird zur Erwärmung des Heizungswassers genutzt. Ist der Wärmebedarf gedeckt, wird das überschüssige heiße Wasser in einen Pufferspeicher befördert und wird bei einem Anstieg des Wärmebedarfs wieder zurückgeführt. Die Wärmeverteilung und -abgabe zu den jeweiligen Wärmeübergabestationen wird automatisch mit Hilfe der Regeltechnik gesteuert. Wird die Wärme an ein Nahwärmenetz abgegeben, sollte die Lieferung von Wärme zwischen dem Betreiber und dem Kunden in einem Wärmeliefervertrag geregelt sein. In diesem sind alle wirtschaftlichen und technischen Bedingungen für den korrekten Betrieb der Wärmeübergabestation und der Wärmelieferung einvernehmlich festzulegen.

Um den Staubemissionsgrenzwert einzuhalten, können in die Heizungsanlage Filter oder Staubabscheider eingebaut werden, wie einem elektrostatischen Abscheider, einem katalytisch aktiven Filter, einer Abgaskondensationsanlage, einem Nassabscheider oder einem filternden Abscheider (Tiefenfilter). Um die Grenzwerte für Staub von  $0,02 \text{ g/m}^3$  und für Kohlenmonoxid von  $0,4 \text{ g/m}^3$  Rauchgas dauerhaft einzuhalten, sollte möglichst für eine gleichbleibende gute Brennstoffqualität, einer hochwertigen Anlagen- und Regeltechnik sowie einer sachgerechten Bedienung und Wartung der Anlage geachtet werden.

## **Rechtliche Aspekte**

Das Bundesimmissionsgesetz (BImSchG) schreibt bestimmte Grenzwerte für Staub, Stickoxide (NO) und Kohlenmonoxid (CO) vor. Anlagen die unter die „Verordnung für kleine und mittlere Feuerungsanlagen“ (1. BImSchG) fallen, sind nicht genehmigungsbedürftig, müssen aber die vorgeschriebenen

Grenzwerte einhalten. Zu diesen zählen Anlagen im Leistungsbereich von 4 kW bis 1 MW. Ab einer Gesamtnennleistung von 1 MW gilt die 4. BImSchG; die Anlage ist genehmigungsbedürftig.

Gemäß den rechtlichen Vorschriften der Feuerverordnung (FeuVO) für das Land Niedersachsen ist für Anlagen mit einer Nennleistung von mehr als 50 kW nach § 6 der Feuerverordnung ein eigener Heizraum erforderlich. Für diesen sind bestimmte Richtwerte in Bezug auf Mindestvolumen und Raumhöhe einzuhalten.

Die Verwertung der bei der Verbrennung anfallenden Asche kann gemäß den geltenden Rechtsbestimmungen im Wesentlichen auf folgenden Wegen erfolgen:

- a) Verwertung von Holzasche zusammen mit Bioabfällen,
- b) Verwendung von Holzasche als Ausgangsstoff für Düngemittel,
- c) Aufbereitung von Holzasche als Düngemittel.

Zu a): Die Zugabe von Holzasche zu Bioabfällen kann im Rahmen der Behandlung der Bioabfälle erfolgen (vgl. Anhang 1 Nr. 2 BioAbfV) oder im Anschluss an die Behandlung dem Kompost bzw. Gärprodukt beigemischt werden (vgl. § 5 BioAbfV). Die Zumischung von Holzasche führt in jedem Fall dazu, dass es sich bei dem hergestellten Kompost oder Gärprodukt nicht mehr um ein „organisches Düngemittel“ im Sinne der Anlage 1 Abschnitt 3.1 DüMV handelt, sondern um ein „organisch-mineralisches Düngemittel“ nach Anlage 1 Abschnitt 3.2 DüMV.

Bei der gemeinsamen Verwertung von Holzasche mit Bioabfällen auf landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen und gärtnerisch genutzten Flächen sind die Bestimmungen der BioAbfV zu beachten. Soweit die Verwertung auf Flächen außerhalb des Geltungsbereiches der BioAbfV erfolgt (z. B. im Landschaftsbau) greifen die Bestimmungen der BioAbfV nicht; es sind jedoch weiterhin die düngemittelrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

Zu b): Holzaschen können dem Düngemittel-Typ "Kohlesaurer Kalk" bis max. 30 % zugemischt, oder mineralischen Mehrnährstoffdüngern oder organisch-mineralischen Düngemitteln (ohne Mengenbegrenzung) zugegeben werden. Dabei sind die geltenden Mindestnährstoffgehalte nach Anlage 1 DüMV sowie Höchstgehalte an Schadstoffen nach Anlage 2 Tabelle 1.4 DüMV einzuhalten.

Zu c): Werden Aschen als Düngemittel in Verkehr gebracht, müssen sie einem zugelassenen Düngemitteltyp entsprechen. Gemäß Anlage 1 Abschnitt 1.4.6 i. V. m. Anlage 2 Tabelle 6.4.11 DüMV kommt für Rost- und Kesselaschen v. a. der Typ „Kalkdünger aus der Verbrennung pflanzlicher Stoffe“ in Betracht.

#### **4.2.2 Holzheizkraftwerk**

Holzheizkraftwerke sind Anlagen, die Holz zur Stromerzeugung nutzen. Wird neben Strom gleichzeitig Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt, spricht man von Holzheizkraftwerken. Die erzeugte Wärme kann dann als Fern- bzw. Nahwärme oder als Prozesswärme genutzt werden. In der Regel han-

delt es sich um Anlagen mit mehreren Megawatt (MW) installierter elektrischer Leistung, die im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) Strom und Wärme in das Netz einspeisen. Übliche Größen sind Feuerungswärmeleistungen von 20 bis 80 MW.

Eine Variante stellt das ORC-Verfahren dar (Organic Rankine Cycle), welches beim Wasser-Dampf-Prozess nicht mit Wasser arbeitet, sondern Kohlenwasserstoffe wie Iso-Pentan, Iso-Oktan, Toluol oder Silikonöl als Arbeitsmittel nutzt.

Als Inputmaterial können z. B. Reste aus der Holzverarbeitung wie Sägemehl, Hackschnitzel aus nicht als Nutzholz geeignetem Waldholz, Stroh und Altholz eingesetzt werden, aber auch nicht vermarktungsfähiges Getreide kann verbrannt werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen schematischen Aufbau eines Holzheizkraftwerkes.

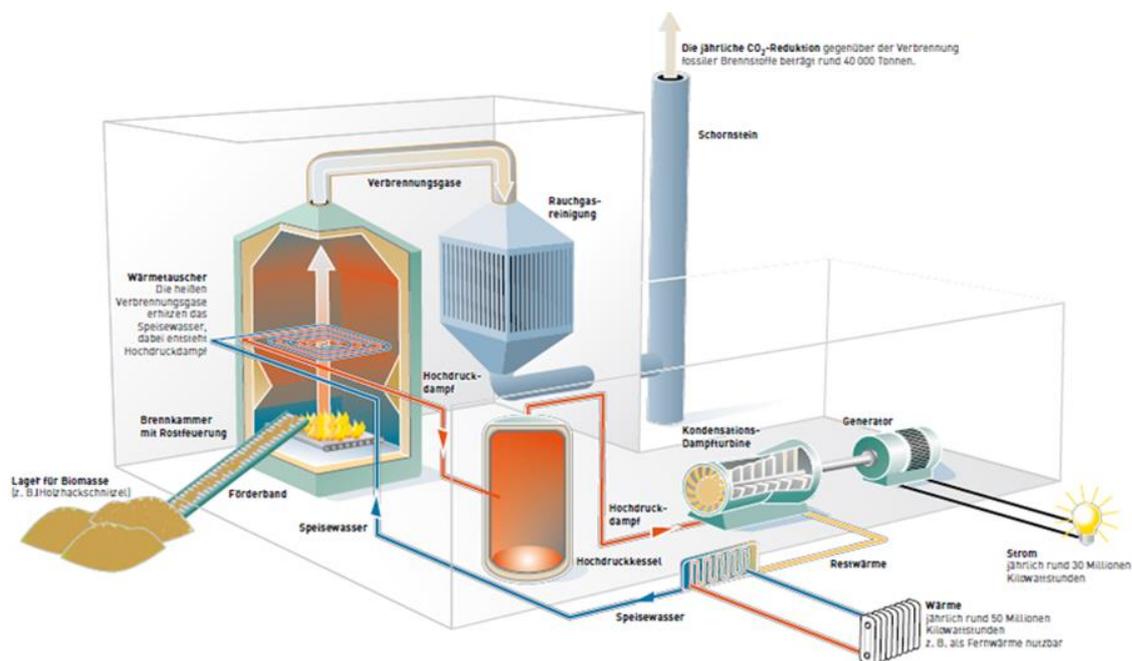


Abbildung 4: Schematischer Aufbau eines Holzheizkraftwerks (Quelle: AEE, 2013)<sup>45</sup>

### 4.2.3 Pelletherstellung

Holzpellets werden in Deutschland zu etwa 90 % aus Sägespänen und Resthölzern hergestellt, die als Nebenprodukte der Sägeindustrie anfallen; zu 10 % wird nicht-sägefähiges Rundholz genutzt, das beim Holzeinschlag und bei der Durchforstung anfällt. Um eine gute Pelletqualität zu gewährleisten, muss das Holz entrindet werden. Altholz und Waldrestholz werden aus qualitativen Gründen nicht zu Holzpellets verarbeitet.

<sup>45</sup> AEE (2013): „Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern– Teilkapitel Baden-Württemberg“. Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin.

### Technischer Aufbau (Nummerierung siehe Abbildungen)

Für die Pelletherstellung werden die Holzreste zunächst getrocknet (2), zerkleinert, konditioniert (6, 7) und schließlich durch eine Matrize gepresst. Hierbei stellen unterschiedliche Holzarten, verschiedene Größen, Härten und verschiedene Feuchtigkeitsgrade eine Herausforderung für die Verarbeitung dar.



Abbildung 5: Pelletieranlage – Anlieferung und Trocknungsanlage (modifiziert) (Quelle: Deutsches Pelletinstitut)<sup>46</sup>

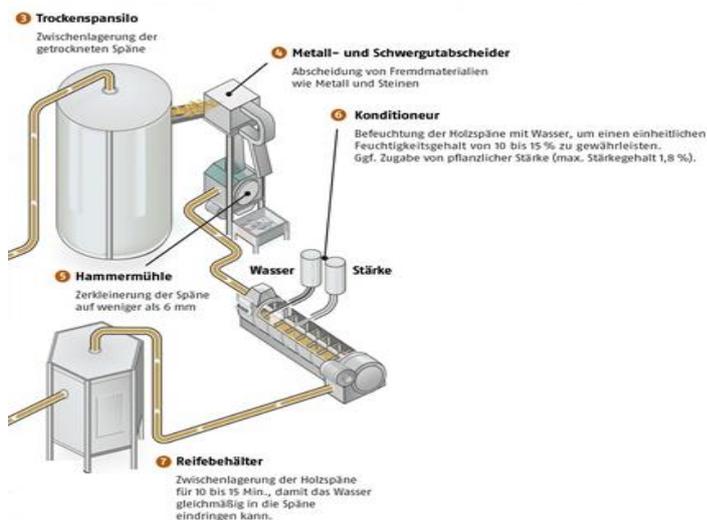
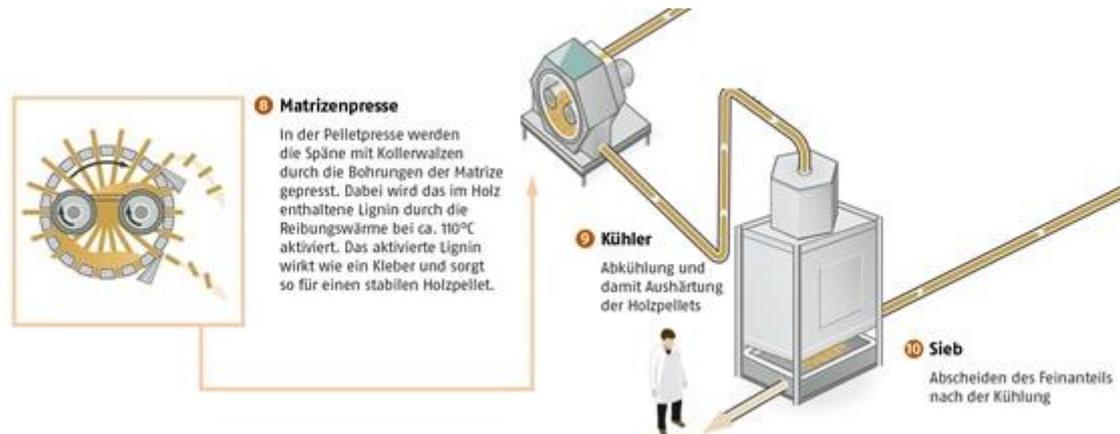


Abbildung 6: Pelletieranlage - Konditioneur – Reifebehälter (modifiziert) (Quelle: Deutsches Pelletinstitut)<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Deutsches Pelletinstitut GmbH: „Pelletproduktion“. Zugriff über: <https://depi.de/pelletproduktion#b4v1u>

Denn nur homogenes Material kann in der Presse verarbeitet werden. Zum Beispiel müssen Harthölzer, wie Buchen, mit einem höheren Druck durch die Matrize (8) gepresst werden als Weich- oder Nadelhölzer. Dabei funktioniert das Pressen ohne chemische Zusätze. In der Pelletieranlage wird das Holzmaterial durch so genannte Koller unter hohem Druck durch die Bohrungen einer Stahlmatrize in die typische Zylinderform gepresst. Holzeigene Lignine und Harze werden durch die dabei entstehende Wärme und restliche Holzfeuchte zum Naturkleber, der die Holzfasern zusammenhält und für die Formstabilität der Pellets sorgt. Lediglich eine Zugabe von max. 2 % Presshilfsmitteln (z. B. Stärke oder Mehl) ist zulässig.



**Abbildung 7: Pelletieranlage - Matrizenpresse – Kühler (modifiziert) (Quelle: Deutsches Pelletinstitut)<sup>46</sup>**

Nach dem Pressvorgang werden die noch warmen Pellets nochmals auf eine einheitliche Länge gekürzt und mit Umgebungsluft getrocknet (9). Anschließend wird durch mehrere Siebvorgänge (10, 12) der Feinanteil von den Pellets gesiebt, um qualitativ hochwertige Pellets mit einem Feinanteil von max. 1 % herzustellen. Durch eine regelmäßige Qualitätssicherung und interne Analyse der Pellets wird die hochwertige Qualität der Pellets sichergestellt. Zum Beispiel werden für eine Tonne Pellets ca. 6 bis 8 m<sup>3</sup> Späne benötigt.

Seit 2010 gilt die eingeführte europäische Norm EN 14961-2 für Holzpellets und ihre Umsetzung durch das Zertifikat ENplus.

### **Holzpelletheizung**

Holzpelletheizungen sind Wärmeerzeuger, die die Energie für Heizung und Warmwasser liefern. Für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Gebäudekomplexe werden befeuerte Zentralheizungen mit bis zu 100 kW Leistung verwendet; für Nahwärmenetze oder Industriebetriebe werden Leistungen über 100 kW erforderlich.

## Technischer Ablauf

Bei Pelletheizungsanlagen werden sowohl Pelletkessel als auch Pelletöfen eingesetzt. Pelletkessel dienen als Zentralheizung und verfügen über ein Pelletlager und einer Fördereinheit. Im Gegensatz arbeiten Pelletöfen wie ein Kamin. Wird der Pelletofen mit einer Wassertasche ausgestattet, so kann die Verbrennungswärme wie beim Pelletkessel zur Warmwassererzeugung genutzt werden. Die Energie wird dabei über einen Wärmeübertrager gewonnen und in den zentralen Speicher (Puffer) geschickt. In beiden Fällen sorgt ein Pufferspeicher für den effizienten Betrieb. Der Pufferspeicher besteht aus einem großen mit Heizungswasser befüllten Behälter. Dieser nimmt die Wärme der Heizungsanlage auf, wenn diese anfällt und hält sie bis zum Bedarf im Gebäude vor.

Die Pellets für die Kessel werden in der Regel in einem Gewebetank gelagert; alternativ sind auch unterirdische Zisternen oder ein Schüttraum möglich. Während die Zisterne meist aus Beton besteht und im Garten vergraben wird, belegt ein Schüttraum entsprechend Fläche im Haus.

Für den Transport der Pellets vom Lager zum Kessel kommen in der Regel Förderschnecken oder Vakuumsaugsysteme zum Einsatz.

Pelletöfen haben meist einen integrierten Behälter zur Bevorratung der Brennstoffe. Je nachdem, wie oft der Ofen genutzt wird, ist dieser alle ein bis zwei Tage von Hand zu befüllen.

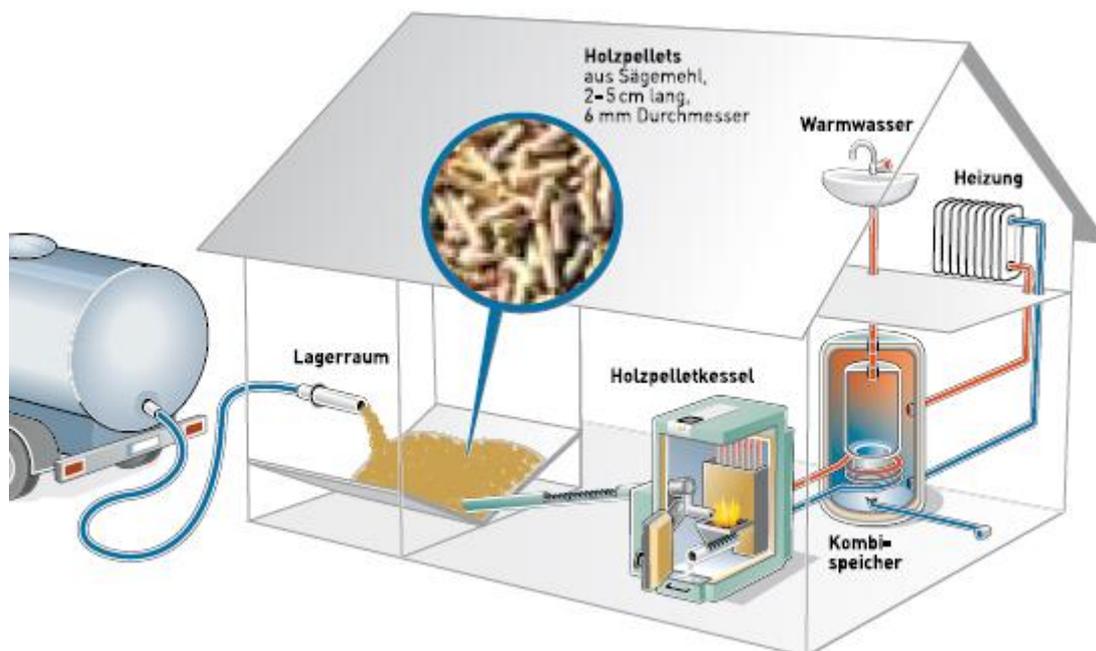


Abbildung 8: Schematischer Aufbau einer Pelletheizung (Quelle: AEE, 2013)<sup>47</sup>

<sup>47</sup> AEE (2013): „Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern– Teilkapitel Baden-Württemberg“. Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin.

Mit einem Preis von durchschnittlich 5,63 Cent je Kilowattstunde<sup>48</sup> sind Holzpellets heute günstiger als Gas für die Gasheizung oder Heizöl für die Ölheizung.

**Tabelle 12: Holzpellettheizung<sup>49</sup>**

Anlage	Wassergehalt in %	Struktur des Inputmaterials	Materialreinheit (als Stör- und Schadstoffe)
Holzpelletzentralheizung 15 kW	Bis 10	1,5-3,0 cm; holzig	Ascheanteil; Schwermetalle, Fremdstoffe

Bei einem Hackschnitzelpotenzial von rd. 6.000 t FM/a Grünabfall (Wassergehalt 55 %) und 1.250 t FM/a Landschaftspflegematerial (Wassergehalt 40 %) (vgl. Kap. 3) können jährlich rd. 4.200 t Pellets hergestellt werden (Wassergehalt 10 %). Der Heizwert von Pellets liegt bei 4,8 kWh/kg.<sup>50</sup> Mit den 4.200 t Pellets können demnach etwa jährlich 20.000 MWh Wärme erzeugt werden.

### 4.3 Innovative Verfahren zur Verwertung von Biomassen

Neben der herkömmlichen Kompostierung und landbaulichen Verwertung von Biomasse, der landbaulichen Verwertung mit vorgeschalteter Energiegewinnung durch Vergärung und der direkten Verbrennung holziger Fraktionen wird derzeit zunehmend die Aufbereitung von Biomasse durch Verkohlungsverfahren diskutiert - Stichwort **Biokohle**.

Durch die Verkohlung kann aus Biomasse ein Brennstoff erzeugt werden, der eine weitaus höhere Energiedichte sowie bessere Transportfähigkeit, Lagerbeständigkeit und technische Handhabbarkeit (Mahlbarkeit, Förderfähigkeit) aufweist als das Ausgangsprodukt.

Diese Biokohle (so genannt als Gegensatz zur fossilen Kohle, die jedoch auch aus Biomassen entstanden ist) kann auch landbaulich verwertet werden, wodurch das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen karger Böden und damit ihre Fruchtbarkeit nachhaltig erhöht werden kann („Terra-preta-Effekt“). Diese Verwertungsoption als Bodenverbesserungsmittel wird auch als Klimaschutzmaßnahme diskutiert, da auf diese Weise das zuvor in den Pflanzen gebundene CO<sub>2</sub> nachhaltig der Atmosphäre entzogen wird (CO<sub>2</sub>-Sequestrierung).

Zur Verkohlung von Biomasse werden verschiedene Verfahren entwickelt:

<sup>48</sup> KLOTH (2021): „Kosten einer Pellettheizung mit Förderung und Amortisation“. RENEWA GmbH, Hamburg. Zugriff über: <https://www.energieheld.de/heizung/holzheizung/pellettheizung/kosten>

<sup>49</sup> UBA Texte 115/2019: « BioRest : Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)“. Ifeu, IZES, Öko-Insitut im Auftrag des Umweltbundesamtes: Heidelberg, Saarbrücken, Darmstadt, Berlin.

<sup>50</sup> BOSCH Thermotechnik GmbH: „Heizwert von Pellets - Das leistet der kleine Energieriese im Vergleich zu anderen Energieträgern“. Zugriff über: <https://www.effizienzhaus-online.de/heizwert-von-pellets/>

- nasse thermo-chemische Verfahren, bei denen die Biomasse in Wasser oder mit Wasserdampf unter Luftabschluss und dem Einfluss von Druck und Wärme zu kohleähnlichen Produkten zersetzt wird; hierzu gehören z. B. die Verfahren der hydrothermalen Carbonisierung (HTC), der vapothermalen Carbonisierung (VTC) oder der hydrothermalen Vergasung
- trocken-pyrolytische Verfahren, bei denen die Biomasse unter Luftabschluss oder mit nur geringer Luftzufuhr entgast bis hin zu vergast oder verflüssigt wird; hierzu gehören z. B. die Verfahren der Torrefizierung, Niedertemperatur-Konvertierung (NTK) oder die klassische Pyrolyse

Die mit diesen Verfahren erzeugte Biokohle ist zum einen von sehr unterschiedlicher Qualität hinsichtlich ihres Gehaltes an Kohlenstoff, an flüchtigen Bestandteilen, Asche, Heizwert u.a., wodurch sich ihre möglichen Einsatzbereiche unterscheiden.

Zum anderen werden je nach Verfahren der Masseanteil und der Heizwertanteil der gewonnenen Kohle am Ausgangsprodukt und die Art der Begleitprodukte unterschieden. So wird durch die trocken-pyrolytischen Verfahren neben der Kohle stets auch brennbares Gas erzeugt (teilweise als Hauptziel des Verfahrens), was die Kohleausbeute verringert und den verfahrenstechnischen Aufwand erhöht, andererseits einen energieautarken Betrieb der Anlagen ermöglicht. Bei der hydro- oder vapothermalen Carbonisierung (HTC bzw. VTC) entsteht dagegen kein brennbares Gas, die Kohleausbeute ist höher. Dafür fällt – insbesondere bei der HTC – Prozesswasser an, in welchem ein erheblicher Teil des im Ausgangsprodukt enthaltenen Kohlenstoffs gelöst ist und welches aufwendig behandelt werden muss.

Für die Behandlung von Grün- und Bioabfällen mit dem Ziel der Brennstoffherzeugung werden in erster Linie HTC-Verfahren diskutiert, welche im Folgenden näher beleuchtet werden.

#### **4.3.1 HTC-Verfahren**

Bei der hydrothermalen Carbonisierung wird im Prinzip aus der nassen Biomasse unter Luftabschluss sowie Einfluss von Druck und Temperatur Kohlendioxid und Wasser abgespalten, so dass ein braunkohleähnliches Produkt entsteht. Dieser Prozess ahmt in stark beschleunigter Weise die geologische Entstehung von Braunkohle nach, die aus Schichten abgestorbener Pflanzen unter dem Einfluss der Erdwärme und dem Druck überlagernder Sedimente gebildet wird, allerdings in Millionen von Jahren.

##### **Technischer Ablauf**

Verfahrenstechnisch wird das aufbereitete Inputmaterial zusammen mit Wasser und ggf. reaktionsbeschleunigenden Zusätzen in einen Druckbehälter gegeben, wo es bei Drücken von 10-20 bar auf ca. 180 bis 210°C erhitzt wird. Innerhalb einiger Stunden zersetzt sich das organische Material zu Kohlepartikeln, gelöster Organik, einem CO<sub>2</sub>-dominierten Gas und Wasser. Der resultierende „Kohle-Brei“ kann durch einfache mechanische Entwässerung auf eine Restfeuchte von unter 30 % gebracht und zu Pellets o. ä. gepresst werden. Dieses Produkt ist lagerfähig und hat einen Heizwert um 4,5 MJ/t. Durch

eine anschließende thermische Trocknung kann ein staubförmiges oder ebenfalls pelletiertes Produkt mit Heizwerten um 20 MJ/t erzielt werden. Dies entspricht z. B. dem Heizwert von Braunkohlebriketts.



**Abbildung 9: Produkt einer HTC-Anlage, lose und pelletiert (Quelle: SunCoal Industries)<sup>51</sup>**

Das entstehende Gas (ca. 40 – 50 m<sup>3</sup> pro Tonne Input) enthält neben CO<sub>2</sub> auch geruchstragende organische Stoffe, so dass es nachbehandelt werden muss. Das anfallende Prozesswasser enthält große Mengen gelöster Organik (etwa 10 – 30 % der organischen Trockensubstanz des Input). Das Überschusswasser bedarf daher einer weiteren Behandlung. Eine Einleitung ins kommunale Abwassersystem ist in der Regel ohne Vorbehandlung nicht zulässig. Sinnvoll ist seine Nutzung zur Biogasgewinnung, etwa durch die Zuführung in die Faulstufe einer Kläranlage oder in eine Biogasanlage.

Das Verfahren eignet sich für nahezu jegliche Biomasse; erfolgreich getestet wurden neben Abfällen industrieller Lebensmittelverarbeitung (Biertreber, Zitruschalen u. ä.) auch Klärschlamm, Laub, Bio- und Grünabfall sowie Gärreste aus Biogasanlagen.

Die Ausbeuten an Biokohle variieren je nach Art und Wassergehalt des Ausgangsstoffs sowie nach Prozessbedingungen. So können durch Rest- und Bioabfällen, Altpapier aber auch Waldholz ähnliche Biokohleerträge von 40 bis 70 % erzielt werden. Dies ist durch unterschiedliche Verweilzeiten zwischen 15 min und 20 h sowie durch verschiedene Temperaturen zwischen 180 und 375 °C möglich.<sup>52</sup> Weitere Produkte sind Pyrolyseöl mit 5 – 20 % und Brenngas mit 2 – 5 %.<sup>53</sup> Für eine Abschätzung des potenziellen Biokohleertrags für den Biomassehof können daher nur Annahmen getroffen werden. Setzt man für das Gesamtbiomassepotenzial von rd. 27.800 t/a eine mittlere Ausbeute von 55 % an, so läge der potenzielle Biokohleertrag bei rd. 15.300 t jährlich. Bei einem Heizwert von 20 MJ/t könnten mit der Biokohle somit rd. 85 MWh Wärmeenergie erzeugt werden.

<sup>51</sup> SunCoal Industries GmbH: „Biokohle als Bioenergieträger“. Zugriff über: <https://www.suncoal.com/loesungen/biofuels/?lang=de>

<sup>52</sup> UBA Texte 04/2016: „Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfsstoffe oder für die C-Sequestrierung in Böden“. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau. S. 26-28 Tab. 10.

<sup>53</sup> Libra et al., (2011): „Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis“. Artikel in Biofuels von der future science group, Ausgabe Januar 2011, Seite 89-124. Zugriff über: [https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-reaction-conditions-and-typical-product-yields-for-thermochemical\\_tbl1\\_48856368](https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-reaction-conditions-and-typical-product-yields-for-thermochemical_tbl1_48856368)

### **Möglicher Einsatz der Produktkohlen**

Die produzierte Biokohle kann nach ihrer Trocknung energetisch genutzt werden. Auch für ihre stoffliche Nutzung bestehen Anwendungsgebiete wie die Herstellung von Dämmmaterialien, Straßenbelagszusatzstoffen, Industrieruß oder Aktivkohle. Erforscht wird derzeit auch der Nutzen der Einbringung von Biokohle in Böden zur Bodenverbesserung und zur dauerhaften Speicherung des Kohlenstoffs.

### **Energetische und sonstige Umweltaspekte**

Sieht man die HTC hauptsächlich als Verfahren zur Brennstoffherzeugung, so ist sie energetisch mit der mechanisch-thermischen Aufbereitung und der Vergärung des Inputmaterials zu vergleichen.

Im Vergleich zur rein thermischen Trocknung des Inputmaterials ist das Verfahren vor allem für feuchte bis nasse und mineralreiche Materialien energetisch vorteilhaft, da das enthaltene Wasser nach der Verkohlung zum größten Teil mechanisch abgetrennt werden kann.

Im Vergleich zur Vergärung ist das Verfahren vor allem bei Biomassen mit eher geringem Gaspotential vorteilhaft (z. B. Laub, Gärreste, Grünschnitt). Bei Abfällen mit hohem Gaspotential, z. B. Speiseresten, kann der energetische Vorteil gegen null gehen.

Ausschlaggebend für den energetischen Gesamtwirkungsgrad der Kombination von Verkohlungsverfahren und der nachfolgenden Verbrennung der entstandenen Biokohle ist in jedem Fall die Effizienz der Energienutzung im Verbrennungsprozess:

Zur Qualität der Biokohle in Hinblick auf bei der Verbrennung oder stofflichen Verwertung unerwünschte Stoffe ist festzustellen, dass sie hauptsächlich vom Input bestimmt wird und im Bereich des bei Braunkohlen üblichen Spektrums liegt. Durch das Verfahren selbst werden Keime und manche organischen Schadstoffe zerstört und kaum pyrolysetypische Schadstoffe wie z. B. PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) gebildet. Es findet aber auch keine effektive Abtrennung von Stickstoff-, Schwefel- oder Chlorverbindungen statt, die den Brennstoff „sauberer“ machen würde als geogene Kohle.

#### **4.3.2 PYREG-Verfahren**

Der PYREG-Prozess ist ein kontinuierliches Verfahren und arbeitet nach dem Prinzip der trockenen Karbonisierung. Dabei werden die Karbonisierungsparameter so gesteuert, dass Kohlenstoffprodukte in verschiedenen Qualitätsstufen hergestellt und Rohstoffe wie Phosphor schonend recycelt werden. Für das Verfahren eignen sich grundsätzlich kohlenstoffhaltige Materialien, wie u. a. Mist, Silage-Abfälle, Schlachtabfälle, Hackschnitzel, Grünschnitt, Lebensmittelabfälle, Altgummi, Altreifen, Stoff/Baumwolle oder Papier.

Den Ursprung hat dieses Verfahren bereits 700 – 1000 n. Christi im Amazonasgebiet. Terra preta, portugiesisch für schwarze Erde, ist die Bezeichnung für einen fruchtbaren, anthropogenen Boden und

wird durch das Vergraben einer Mischung von Pflanzen- und Holzkohle, Siedlungsabfällen, Tonscherben und Fäkalien gewonnen. Dabei werden die Abfälle durch Mikroorganismen und Bodentiere zersetzt.

### Technischer Ablauf

Beim PYREG-Prozess wird das Inputmaterial (mindestens 65 % Trockensubstanzgehalt) nicht verbrannt, sondern zunächst bei einer Temperatur von 500-750 °C entgast. Im Gegensatz zum HTC-Verfahren wird nicht mit hohen Drücken gearbeitet. Anschließend wird es durch Luftzufuhr verkoht. Überschüssige Wärmeenergie kann z. B. ins Nahwärmenetz eingespeist. Das in den PYREG-Reaktoren erzeugte Brenngas (Produktanteil ca.30 Gew.-%) wird per flammenlose Oxidation bei einer Temperatur von 1.000 °C in einer separaten Brennkammer vollständig verbrannt. So wird thermisches NO<sub>x</sub> vermieden sowie die Bildung von Stoffen wie Öle oder Teer unterdrückt. In einem Rauchgasreinigungssystem werden schädliche Gase mittels eines alkalischen Rauchgaswäschers absorbiert, während flüchtige Bestandteile, wie z. B. Quecksilber, durch Aktivkohlefilter zurückgehalten werden.

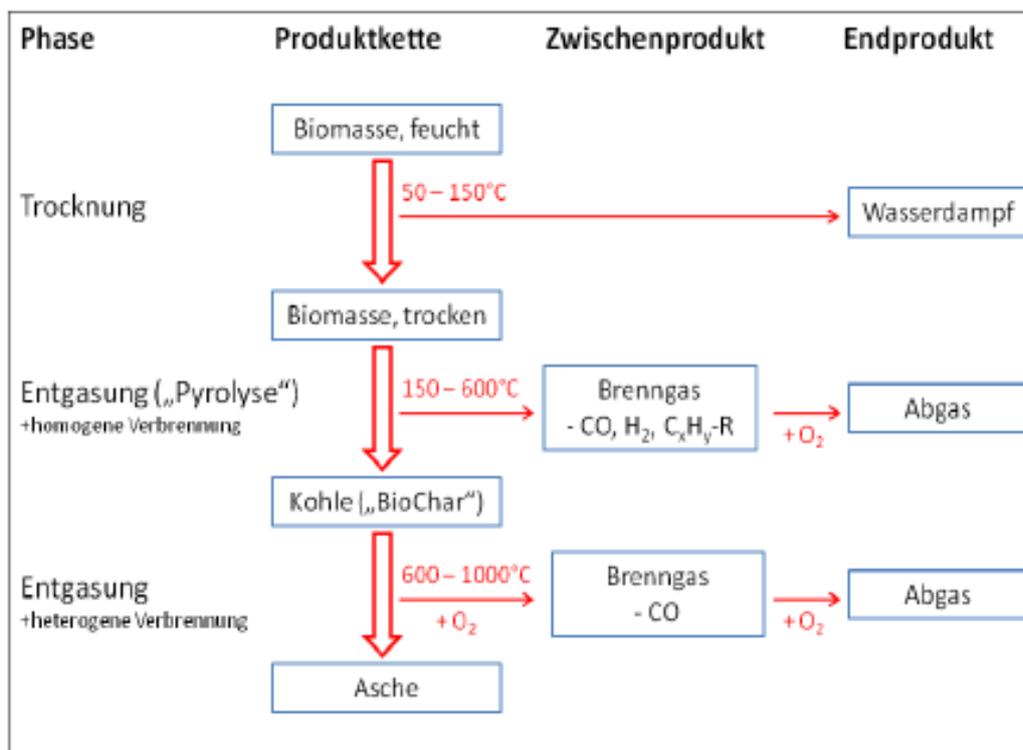


Abbildung 10: Ablaufkette des PYREG-Verfahrens (Quelle: Gerber)<sup>54</sup>

<sup>54</sup> Gerber, H. (2009): „Dezentrale CO<sub>2</sub>-negative energetische Verwertung von land- und forstwirtschaftlichen Produktionsreststoffen“. Forschungsverbund PYREG-Reaktor – Schließung von Stoffkreisläufen vom UBA, Dessau.

Wie beim HTC-Verfahren sind die Ausbeuten an Biokohle von der Art und dem Wassergehalt des Ausgangsstoffs sowie von den jeweiligen Prozessbedingungen abhängig. Die Ausbeute liegt laut PYREG zwischen 20 und 30 Gew.-%.<sup>55</sup> Zusätzlich entsteht Pyrolyseöl mit 30 – 50 Gew.-%.<sup>56</sup> Setzt man für das Gesamtbiossepotenzial von rd. 27.800 t/a eine mittlere Ausbeute von 25 % an, so läge der potenzielle Biokohleertrag bei rd. 7.000 t jährlich. Bei einem Heizwert von 20 MJ/t könnten mit der Biokohle somit rd. 39 MWh Wärmeenergie erzeugt werden.

### Ökologische Aspekte

Der PYREG-Prozess ist autotherm, das heißt, es wird nur die Energie verwendet, die durch die Verkohlung des Abfallmaterials erzeugt wird. Es wird ausschließlich für die Aktivierungsphase externe Energie zum Betrieb des Prozesses benötigt. Die erzeugte Überschusswärme kann zur Trocknung feuchter Biomasse, zum Heizen oder zur Stromerzeugung genutzt werden. Darüber hinaus können durch die Temperaturen von bis zu 750 °C organisch basierte Schadstoffe wie z. B. Lösungsmittel und Mikroplastik eliminiert und mineralische Schadstoffe herausgefiltert werden.

Für die Karbonisate gibt es bereits heute vielfältige ökologische Verwendungsmöglichkeiten, z. B. als hochwertiger Futtermittelzusatz, wo es die Verdauung verbessert und die Milchsäuregärung fördert, als Bodenverbesserer mit hohem Phosphoranteil, als Einstreu, wo es Flüssigkeit speichert und Ammoniak adsorbiert, als Füllmaterial in Baustoffen oder in Asphalt, um langfristig CO<sub>2</sub> zu sequestrieren.

Im Rahmen eines vom Bundesforschungsministerium geförderten Projektes "ClimaCarbo" wurde 2012 in Gartow ein Feldversuch mit dem Ziel angelegt, die Wirkung von Pflanzenkohle auf Treibhausgas-Produktion, Humusaufbau, Nährstoffauswaschung, Biomassertrag und mikrobielle Zusammensetzung zu untersuchen. Hierfür wurden verschiedene praxisnahe Düngungsvarianten (z. B. Biogasgülle, Kompost aber auch konventioneller NPK Dünger) zum Teil mit Pflanzenkohlebeimengung kombiniert.

Der Versuch ist von der Biogas Gartow GmbH (Gräflich Bernstorff'sche Betriebe) mit der Universität Halle und dem Anlagenbauer PYREG durchgeführt worden, die Finanzierung übernahm das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Zielsetzung war, durch den Einsatz von Pflanzenkohle die Reste des organischen Materials, das zur Biogaserzeugung fermentiert wird, wirkungsvoller als bisher als Dünger für die Landwirtschaft nutzbar zu machen.<sup>57</sup>

---

<sup>55</sup> PYREG: „Unsere Technologie – Systemdaten“. PYREG GmbH: Dörth. Zugriff über: <https://pyreg.com/de/unsere-technologie/>

<sup>56</sup> Libra et al., (2011): „Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis“. Artikel in Biofuels von der future science group, Ausgabe Januar 2011, Seite 89-124. Zugriff über: [https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-reaction-conditions-and-typical-product-yields-for-thermochemical\\_tbl1\\_48856368](https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-reaction-conditions-and-typical-product-yields-for-thermochemical_tbl1_48856368)

<sup>57</sup> Artikel in der Elbe-Jeetzel Zeitung vom 27.04.2012: „Terra preta aus Biogas“. Zugriff über: [https://www.ejz.de/lokales/lokales/terra-preta-aus-biogas\\_50\\_110023400-28-.html](https://www.ejz.de/lokales/lokales/terra-preta-aus-biogas_50_110023400-28-.html)

### 4.3.3 Praxisreife und Wirtschaftlichkeit HTC und PYREG-Verfahren

Die hydrothermale Carbonisierung HTC wie auch das PYREG-Verfahren werden als Verfahren technisch grundsätzlich beherrscht. Es gibt in Deutschland bereits einige Unternehmen, die über die Phase des Pilotmaßstabes hinaus mit der Umsetzung von Demonstrationsanlagen oder ersten großtechnischen Anlagen begonnen haben.

Aus heutiger Sicht stellen diese innovativen Verfahren interessante Alternativen zur Vergärung von Biomassen dar; denkbar ist jedoch auch die Kombination von Vergärung der Biomassen und einer pyrolytischen Nachbehandlung der entstehenden Gärreste zur Gewinnung von Biokohle. Ein solches Konzept hätte gegenüber der herkömmlichen Vergärung von Biomassen, die als eingeführtes und bewährtes Verfahren anzusehen ist, auch noch einen innovativen Charakter, was die Möglichkeiten einer investiven Förderung verbessern könnte.

Biokohle gewinnt derzeit als Struktur- und Bodenhilfsstoff ein immer größeres Interesse hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Bodenverbesserung. Für die thermochemische Umwandlung von Biomasse in Kohle ist eine große Bandbreite an biogenen Reststoffen geeignet.

Bei der Biokohleherstellung können somit erhebliche Aufwendungen insbesondere für die Reststoffbehandlung entfallen. Durch die hohen Prozesstemperaturen können Kohlenstoff stabilisiert, pathogene Erreger und potenzielle organische Schadstoffe zerstört werden. Zudem können die Transportkosten durch die starke Massereduzierung der ursprünglichen Biomasse gesenkt werden. Dies bietet insbesondere für die Herstellung organischer Dünger aus holzartigen Reststoffen, Festmist, Gülle und Gärresten neue Optionen. Die Biokohle ermöglicht eine lang andauernde positive Wirkung auf die Bodenphysik und des Wasserhaushaltes und bietet durch die mittel- bis langfristige Kohlenstoffspeicherung daher Chancen für den Klimaschutz.

## 4.4 Fazit zu den möglichen technischen Verfahren

Wie bereits dargestellt, sind verschiedene Verfahren in der Lage, aus Biomassen Strom, Wärme, Wärmeträger wie Holzpellets sowie stofflich verwertbare Produkte wie Kompost zu erzeugen.

Aus unserer Sicht ist eine Vergärungsanlage nach dem Trockenfermenterprinzip ein geeignetes Herzstück eines Biomassehofs, aber es können ergänzend weitere Technologien wie eine Hackschnitzelfeuerung, die Herstellung von Pellets oder das Pyrolyse-Verfahren zur Herstellung von Biokohle zum Einsatz kommen. Eine Technologieentscheidung muss dabei auch von Art und Menge der verfügbaren Biomassen sowie von Art und Menge der vermarktbareren Energie und sonstigen Produkten abhängen. Bei der Konzeption eines Biomassehofs sind auch Überlegungen einzubeziehen, ob ein Zubau weiterer Kapazitäten bestimmter Verwertungstechnologien überhaupt anzuraten ist, wenn im Gebiet des Landkreises bereits ein ausreichendes Angebot besteht. Diese Frage stellt sich zum Beispiel bei der Aufbereitung von Biogas zu Biogaskraftstoff, die bereits im Landkreis erfolgt. Sofern nicht durch Nachfrageerhöhungen ein weiterer Zubau der Biogaskraftstoffherstellung vertretbar wäre, scheint es sinnvoller

zu sein, bei der Konzeption des Biomassehofs die Biogaskraftstoffherstellung nicht in den Blick zu nehmen. Anders wäre der Sachverhalt bei der Herstellung von Erdgas, welches lediglich in das Erdgasnetz eingespeist werden müsste. Ähnlich verhält es sich mit der Einspeisung von Strom. Bei der Vermarktung von Wärme ist wiederum ein Biomassehof auf Abnehmer in der Nähe angewiesen.

Der herausragende Aspekt der Wirtschaftlichkeit wird im Nachfolgekaptel behandelt. Die wirtschaftlichen Rahmendaten eines Biomassehofs müssen ihn in die Lage versetzen, die erforderlichen Biomassen zu beschaffen, zu verwerten und zu vermarkten.

## 5. Umsetzung eines Biomassehofs

Nachfolgend werden Hinweise zur Umsetzung eines Biomassehofs gegeben. Diese befassen sich mit den wirtschaftlichen Rahmendaten, der Vermarktung der Produkte und Dienstleistungen und den Erfolgsfaktoren eines Biomassehofs. Angaben zu den rechtlichen Rahmenbedingungen finden sich in Kap. 5.8.

### 5.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Nachfolgend werden für die Bereiche Biomassevergärung, Biogasaufbereitung, Hackschnitzelfeuerung und Pyrolyse Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angestellt. Soweit nicht anders angegeben, verstehen sich alle Kosten ausschließlich als Nettokosten. Die gewählten Ansätze bilden dabei den derzeitigen Preisstand zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung ab.

#### 5.1.1 Biomassevergärung (zentraler Ansatz)

Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Biomassevergärung ist eine Anlage nach dem Prinzip der Trockenfermentation, wobei der Gärrest einer Nachkompostierung unterzogen wird. Weiterhin wird der strauchige Anteil der Grünabfälle kompostiert. Die nachfolgenden Angaben basieren auf einer Kalkulation der Firma Herhof, die u. A. die Bioabfallvergärungsanlage für den Landkreis Uelzen errichtet hat. Die Anlage ist modular aufgebaut.

Die Auslegungsgröße ist mit 23.000 t/a größer als die ermittelte Potenzialmenge, das modulare Prinzip würde jedoch einen stufenweisen Ausbau ermöglichen. Bei der genannten Auslegungsgröße ist von 8 Trockenfermentern sowie einem Perkolatspeicher auszugehen. Die Trockenfermenter haben die Abmessungen 24 m \* 5,2 m \* 4,5 m. Für den Kompostierungsteil sind 6 Rotteboxen (30 m \* 5 m \* 4,2 m) angesetzt, dazu kommt ein Biofilter zur Abluftbehandlung. Es wird für die Verstromung von einem Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einer installierten elektrischen Leistung von 400 kW ausgegangen. Dieses Anlagenkonzept ist aufwendiger als z. B. die Trockenfermenteranlage, die in Kap. 4.1.2 erwähnt wurde; sie stellt sozusagen die High-Tech-Variante einer Trockenfermentation da.

Neben den Investkosten für die biologische Behandlung und für das BHKW werden Baukosten für den Annahmehbereich sowie für die Waage angesetzt. Weiterhin werde für Radlader und Trommelsieb Kosten angesetzt. Kosten für die Grundstückserwerb oder Pacht werden nicht berücksichtigt. Der Flächenbedarf der Anlage kann bei der genannten Auslegungsgröße etwa mit 10.000 bis 15.000 m<sup>2</sup> abgeschätzt werden.

Der Gesamtinvest beträgt 10 Mio. € netto, wie der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen ist. Baukostenzuschüsse aufgrund verschiedener Förderprogramme sind nicht berücksichtigt worden.

Die sich aus den gewählten Ansätzen ergebende kalkulatorische Kosten für die Abschreibung (Absetzung für Abnutzung, AfA) werden differenziert nach verschiedenen Nutzungsdauern der einzelnen Baugruppen (von 8 Jahren für BHKW und mobile Geräte bis 25 Jahre für den Bauteil) ermittelt. Die Kreditkosten werden mit einem Zins von 2,5 % angesetzt.

**Tabelle 13: Investitionen und kalkulatorische Kosten Trockenfermentation**

Beschreibung	Invest [€]	Nutz.-dauer (Jahre)	AfA [€/a]	Zins (2,5 %) [€/a]	Summe kalk. Kosten [€/a]	kalk. Kosten spezifisch [€/t]
Trockenfermenter mit Perkolatspeicher	4.000.000	15	266.667	100.000	366.667	16 €/t
Invest Rotteboxen mit Biofilter	4.500.000	15	300.000	112.500	412.500	18 €/t
<b>Gesamtinvest biologische Behandlung</b>	<b>8.500.000</b>		<b>566.667</b>	<b>212.500</b>	<b>779.167</b>	<b>34 €/t</b>
BHKW	500.000	8	62.500	12.500	75.000	3 €/t
mobiles Gerät (Radlader, Trommelsieb)	500.000	8	62.500	12.500	75.000	3 €/t
Betriebsgebäude, Waage	500.000	25	20.000	12.500	32.500	1 €/t
<b>Gesamtinvest Sonstiges</b>	<b>1.500.000</b>		<b>145.000</b>	<b>37.500</b>	<b>182.500</b>	<b>8 €/t</b>
Grundstückskosten	<i>nicht angesetzt</i>					
<b>Gesamtinvest</b>	<b>10.000.000</b>		<b>711.667</b>	<b>250.000</b>	<b>961.667</b>	<b>42 €/t</b>

Aus den obigen Ansätzen ergeben sich kalkulatorische Ansätze von rund 40 €/t Abfallinput (Frischmasse). Die Betriebskosten gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

**Tabelle 14: Betriebskosten Trockenfermentation**

Nr.	Beschreibung	Kosten Menge	Einheit
1	<i>benötigtes Personal</i>	3	MA
2	<i>Kosten je Person inkl. Absenzanteil</i>	45.000	€/a
<b>3</b>	<b>Summe Personalkosten</b>	<b>135.000</b>	<b>€/a</b>
<b>4</b>	<b>Versicherung 0,5 % vom Invest</b>	<b>50.000</b>	<b>€/a</b>
<b>5</b>	<b>Wartungskosten biologische Behandlung (4 % vom Invest)</b>	<b>340.000</b>	<b>€/a</b>
<b>6</b>	<b>Wartungskosten BHKW, Geräte (6 % vom Invest)</b>	<b>60.000</b>	<b>€/a</b>
<b>7</b>	<b>Wartungskosten Bauteil (2 % vom Invest)</b>	<b>10.000</b>	<b>€/a</b>
8	<i>Dieserverbrauch Radlader Sieb</i>	15.000	l/a
9	<i>spezifische Dieseldkosten</i>	1,30	€/l
<b>10</b>	<b>Kosten Diesel</b>	<b>19.500</b>	<b>€/a</b>
11	<i>spez. Entsorgungskosten Störstoffe</i>	50	€/t
12	<i>Anteil Störstoffe vom Input (5 %)</i>	1.150	t/a
<b>13</b>	<b>Kosten Störstoffentsorgung</b>	<b>57.500</b>	<b>€/a</b>
14	Abwasserentsorgung	10.000	€/a
15	Strombezug	50.000	€/a
<b>16</b>	<b>Summe jährliche Betriebskosten</b>	<b>732.000</b>	<b>€/a</b>
<b>17</b>	<b>kalkulatorische Kosten</b>	<b>961.667</b>	<b>€/a</b>
<b>18</b>	<b>Summe Betriebskosten inkl. kalkulatorische Kosten</b>	<b>1.693.667</b>	<b>€/a</b>
<b>19</b>	<b>Betriebskosten inkl. kalkulatorische Kosten spezifisch</b>	<b>73,64</b>	<b>€/t</b>

Den Jahreskosten werden die erzielten Erlöse gegenübergestellt. Erlöse für Strom ergeben sich aus dem EEG-2021. Erlöse für Wärme sind dabei von der Vertragsgestaltung abhängig; es wird ein durchschnittlicher Preis für Wärme aus Biogasanlagen in H. v. 3 Ct/kWh<sup>58</sup> angesetzt. Die Erlöse werden gemäß der Variante 1 in Kap. 5.7.3.4

<sup>58</sup> RINNINGER (2020): „Wärmeentnahmen bei Biogasbetrieben“. RINNINGER & Partner mbB Steuerberater und Rechtsanwalt: Isny im Allgäu.

Tabelle 22 (Zeile 9 und 11) angesetzt.

**Tabelle 15: Erlöse sowie saldierte Gesamtkosten**

Beschreibung	Betrag	Einheit
eingespeister Strom	160	kWh/t
	3.680.000	kWh/a
EEG-Vergütung Neuanlagen > 150 kW 0,164 €/kWh Höchstgebot	0,164	€/kWh
Degression jährlich -1 %	0,134	€/kWh
rechnerische ges. Einspeisevergütung Strom über 20 Jahre, Degression 1 %	0,134	€/kWh
<b>Einspeisevergütung Strom</b>	<b>-493.623</b>	<b>€/a</b>
Eingespeiste Wärme	40	kWh/t
	920.000	kWh/a
Vergütung	0,03	€/kWh
<b>Einspeisevergütung Wärme</b>	<b>-27.600</b>	<b>€/a</b>
Menge Kompost	11.500	t/a
spezifischer Erlös Vermarktung Kompost	10	€/t
<b>Jahreserlös Vermarktung Kompost</b>	<b>-115.000</b>	<b>€/a</b>
Entsorgungsentgelt spezifisch (nicht angesetzt)		
<b>Summe Erlöse</b>	<b>-636.223</b>	<b>€/a</b>
<b>Übertrag Betriebskosten inkl. kalk. Kosten</b>	<b>1.693.667</b>	<b>€/a</b>
<b>Saldo Kosten Erlöse jährlich</b>	<b>1.057.443</b>	<b>€/a</b>
<b>Saldo Kosten Erlöse spezifisch</b>	<b>46</b>	<b>€/t</b>

Ein Entsorgungsentgelt wurde nicht angesetzt, nach der letzten Zeile wäre bei einem mittleren Entsorgungsentgelt von 46 €/t ein kostenneutraler Betrieb möglich. Bei zusätzlichen investiven Förderungen würde sich das Saldo aus Kosten und Erlösen weiter verringern. Wird mittels Fördermittel der Anlageninvest vollständig gedeckt, so reduzieren sich die Betriebskosten auf rd. 32 €/t; für ein kostenneutralen Betrieb wäre noch ein mittleres Entsorgungsentgelt von 4 €/t erforderlich.

### 5.1.2 Biomassevergärung (dezentraler Ansatz)

Beim dezentralen Ansatz gehen wir davon aus, dass im Kreisgebiet verteilt zwischen 4 und 5 Biogasanlagen errichtet werden. Je Anlage wird eine Durchsatzmenge von ca. 5.000 t/a angenommen. Der Flächenbedarf je Anlage liegt bei etwa 2.000 m<sup>2</sup>.

Die Vergärung erfolgt wie beim zentralen Ansatz in anaeroben Trockenfermentern (2 Stück), allerdings werden für die Nachrotte keine Rotteboxen vorgesehen, sondern sie erfolgt als offene Mietenkompostierung. Ein Sieb zur Kompostaufbereitung gehört nicht zum Bestand der Anlage, sondern die Siebleistungen werden bei Bedarf extern eingekauft (bzw. der Anlagenverbund betreibt ein Trommelsieb für

alle Anlagen, welches im Wechsel an den Standorten zur Kompostaufbereitung eingesetzt wird). Ansonsten entsprechen die Ansätze denen der zentralen Variante, sind aber entsprechend herunterskaliert.

**Tabelle 16: Investitionen und kalkulatorische Kosten Trockenfermentation (je Anlage)**

Beschreibung	Invest [€]	Nutz- dauer (Jahre)	AfA [€/a]	Zins (2,5 %) [€/a]	Summe kalk. Kosten [€/a]	kalk. Kosten spezifisch [€/a]
2 Trockenfermenter mit Perkolatspeicher	2.000.000	15	133.333	50.000	183.333	37 €/t
Rottefläche	300.000	15	20.000	7.500	27.500	6 €/t
<b>Gesamtinvest biologische Behandlung</b>	<b>2.300.000</b>		<b>153.333</b>	<b>57.500</b>	<b>210.833</b>	<b>42 €/t</b>
BHKW 100 kW elektrisch	150.000	8	18.750	3.750	22.500	5 €/t
mobiles Gerät (Radlader)	200.000	8	25.000	5.000	30.000	6 €/t
Betriebsgebäude, Waage	500.000	25	20.000	12.500	32.500	7 €/t
<b>Gesamtinvest Sonstiges</b>	<b>850.000</b>		<b>63.750</b>	<b>21.250</b>	<b>85.000</b>	<b>17 €/t</b>
Grundstückskosten	<i>nicht angesetzt</i>					
<b>Gesamtinvest</b>	<b>3.150.000</b>		<b>217.083</b>	<b>78.750</b>	<b>295.833</b>	<b>59 €/t</b>

Aus den obigen Ansätzen ergeben sich kalkulatorische Ansätze von rund 60 €/t Abfallinput (Frischmasse). Bei 4 dezentralen Anlagen beläuft sich der Gesamtinvest demnach auf 12,6 Mio. €, also 2,6 Mio. € mehr als bei einer zentralen Lösung. Die Betriebskosten gehen aus der folgenden Tabelle hervor.

**Tabelle 17: Betriebskosten Trockenfermentation (je Anlage)**

Nr.	Beschreibung	Kosten / Menge	Einheit
1	<i>benötigtes Personal</i>	1	MA
2	<i>Kosten je Person inkl. Absenzzanteil</i>	45.000	€/a
<b>3</b>	<b>Summe Personalkosten</b>	<b>45.000</b>	<b>€/a</b>
4	<b>Versicherung 0,5 % vom Invest</b>	<b>15.750</b>	<b>€/a</b>
5	<b>Wartungskosten Trockenfermenter (4 % vom Invest)</b>	<b>80.000</b>	<b>€/a</b>
6	<b>Wartungskosten BHKW, Geräte (6 % vom Invest)</b>	<b>21.000</b>	<b>€/a</b>
7	<b>Wartungskosten Bauteil inkl. Rottefläche (2 % vom Invest)</b>	<b>16.000</b>	<b>€/a</b>
8	<i>Dieserverbrauch Radlader</i>	2.000	l/a
9	<i>spezifische Dieseldkosten</i>	1,30	€/l
<b>10</b>	<b>Kosten Diesel</b>	<b>2.600</b>	<b>€/a</b>
11	<i>spez. Entsorgungskosten Störstoffe</i>	50	€/t
12	<i>Anteil Störstoffe vom Input (5 %)</i>	250	t/a
<b>13</b>	<b>Kosten externe Kompostsiebung</b>	<b>27.500</b>	<b>€/a</b>
<b>14</b>	<b>Kosten Störstoffentsorgung/Siebung</b>	<b>40.000</b>	<b>€/a</b>
15	Abwasserentsorgung	2.000	€/a
16	Strombezug	10.000	€/a
<b>17</b>	<b>Summe jährliche Betriebskosten</b>	<b>232.350</b>	<b>€/a</b>
<b>18</b>	<b>kalkulatorische Kosten</b>	<b>295.833</b>	<b>€/a</b>
<b>19</b>	<b>Summe Betriebskosten inkl. kalk. Kosten</b>	<b>528.183</b>	<b>€/a</b>
<b>20</b>	<b>Betriebskosten inkl. kalkulatorische Kosten spezifisch</b>	<b>105,64</b>	<b>€/t</b>

Den Jahreskosten werden die erzielten Erlöse gegenübergestellt.

**Tabelle 18: Erlöse sowie saldierte Gesamtkosten (je Anlage)**

Beschreibung	Betrag	Einheit
eingespeister Strom	160	kWh/t
	800.000	kWh/a
EEG-Vergütung Neuanlagen > 150 kW 0,164 €/kWh Höchstgebot	0,164	€/kWh
Degression jährlich -1 %	0,134	€/kWh
rechnerische ges. Einspeisevergütung Strom über 20 Jahre, Degression 1 %	0,134	€/kWh
<b>Einspeisevergütung Strom</b>	<b>-107.309</b>	<b>€/a</b>
Eingespeiste Wärme	40	kWh/t
	200.000	kWh/a
Vergütung	0,03	€/kWh
<b>Einspeisevergütung Wärme</b>	<b>-6.000</b>	<b>€/a</b>
Menge Kompost	2.500	t/a
spezifischer Erlös Vermarktung Kompost	10	€/t
<b>Jahreserlös Vermarktung Kompost</b>	<b>-25.000</b>	<b>€/a</b>
Entsorgungsentgelt spezifisch (nicht angesetzt)		
<b>Summe Erlöse</b>	<b>-138.309</b>	<b>€/a</b>
<b>Übertrag Betriebskosten inkl. kalkulatorische Kosten</b>	<b>528.183</b>	<b>€/a</b>
<b>Saldo Kosten Erlöse jährlich</b>	<b>389.874</b>	<b>€/a</b>
<b>Saldo Kosten Erlöse spezifisch</b>	<b>78</b>	<b>€/t</b>

Die Gesamtkosten liegen um 32 €/t höher als bei der zentralen Variante, obwohl durch den Verzicht auf die Rotteboxen eine einfachere Technik zum Einsatz kommen kann.

Es stellt sich die Frage, ob durch die aus der Dezentralisierung resultierenden günstigeren Logistikkosten für den Transport des Inputs wie auch der erzeugten Komposte eine Kompensation des Kostennachteils möglich ist. Dazu folgende überschlägige Überlegung:

Die Kosten für einen Schubboden-LKW liegen mit Fahrer bei 70 €/h. Bei einer durchschnittlichen Zuladung von z. B. 15 t wären dies rund 5 € je t und Stunde. Eine durchschnittliche Verlängerung der Anfahrtsstrecke bei der zentralen Konzeption um z. B. 25 km (50 km hin und zurück) dürfte etwa einen zusätzlichen Zeitbedarf von einer Stunde verursachen. Somit würde der Antransport der Bioabfälle rund 5 € je Tonne Bioabfall kosten. Die gleichen Kosten würden wir beim Transport der zu verwertenden Komposte erwarten (geringere Mengen aufgrund des Rotteverlustes, aber auch geringere Zuladungen, weil nicht unbedingt Schubbodenfahrzeuge zum Einsatz kommen, die sich auf dem Feld festfahren können, sondern Traktoren mit Anhänger.

Somit ist zu erwarten, dass eine dezentrale Vergärungsvariante einen Logistikkvorteil im Bereich von 10 €/t Bioabfall ermöglichen könnte, was den Kostennachteil einer dezentralen Verwertung zumindest teilweise kompensieren könnte. Das tatsächliche Kostengeschehen hängt jedoch von der konkreten Umsetzung ab, so dass es auch zu anderen Ergebnissen kommen kann.

Wird mittels Fördermittel der Anlageninvest vollständig gedeckt, so reduzieren sich die Betriebskosten auf rd. 46 €/t; für ein kostenneutralen Betrieb wäre noch ein mittleres Entsorgungsentgelt von 19 €/t erforderlich.

### 5.1.3 Hackschnitzelfeuerung

Die Investitionskosten für Hackschnitzel-Heizungen sind aufgrund der aufwendigeren Technik deutlich höher als bei Gas oder Öl befeuerten Heizungsanlagen. Bei einem Kessel von z. B. 500 kW Nennwärmeleistung sind spezifische Investitionskosten von 100 bis 200 €/kW zu rechnen, somit ca. 500.000 bis 1.000.000 €. <sup>59</sup>

Der Preis für Hackschnitzel liegt je nach Qualität, Menge und Transportweg zwischen 20 und 30 € je Schüttraummeter. Eine kWh-Heizleistung kostet damit etwa zwischen 2 und 3 Cent. Bei Heizöl sind es 5,6 und bei Erdgas 7,5 Cent/kWh. Nachfolgend ist eine vergleichende Beispielkalkulation für eine Heizung mit Erdgas sowie für Holz hackschnitzel für ein Schulzentrum mit Sporthalle mit einem Wärmeverbrauch von 1.800 MWh dargestellt. <sup>60</sup>

**Tabelle 19: vergleichende Kalkulation Erdgas/Holz hackschnitzel**

Beschreibung	Einheit	Erdgas	Holz hackschnitzel
Anlageninvest	€	105.000	286.000
Kapitalkosten	€/a	7.400	20.000
Brennstoffmenge Erdgas	MWh/a	2.000	600
Brennstoffmenge Holz	MWh/a		1.500
Brennstoffpreis Erdgas	ct/kWh	7,5	7,5
Brennstoffpreis Holz	ct/kWh		2,5
Brennstoffkosten	€/a	150.000	82.500
Betriebskosten	€/a	5.300	14.000
<b>Gesamtkosten</b>	<b>€/a</b>	<b>162.700</b>	<b>116.500</b>

Nicht berücksichtigt sind etwaige Zuschüsse, die sich aufgrund verschiedener Förderinstrumente ergeben können. Deren Ansatz würde zu einem weiteren wirtschaftlichen Vorteil für die Biomasseheizung

<sup>59</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Handbuch zum Qualitätsmanagement von Holz hackschnitzeln

<sup>60</sup> KRALEMANN (2012): Präsentation „Wärmeerzeugung aus Holz hackschnitzeln – Wie konkurrenzfähig sind schnellwachsende Hölzer gegenüber Heizöl und Erdgas?“. 3N-Kompetenzzentrum Nachwachsende Rohstoffe: Göttingen. Zugriff über: [https://www.energieagentur-goettingen.de/fileadmin/files/downloads/120228\\_MichaelKralemann\\_klein.pdf](https://www.energieagentur-goettingen.de/fileadmin/files/downloads/120228_MichaelKralemann_klein.pdf)

führen. Letztlich spielt auch die Entwicklung der Brennstoffpreise eine entscheidende Rolle für die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Heizsysteme.

#### **5.1.4 Hackschnitzeltrocknung**

Frische Hackschnitzel haben einen Ausgangswassergehalt von bis zu 50 %.<sup>61</sup> Je nach angestrebter Lagerdauer und der nachfolgender Feuerungstechnik ist es erforderlich, die Hackschnitzel zu trocknen. Größere Feuerungsanlagen wie Biomassekraftwerke bzw. -heizwerke haben Feuerungssysteme mit einem Vortrocknungsbereich; sie können Hackschnitzel auch mit einem Wassergehalt bis zu 40 % verwerten. In der Regel ist es jedoch energetisch günstiger, nur getrocknete Hackschnitzel mit einer Feuchte von ca. 20 % und weniger in die Feuerung einzubringen.

Zudem werden bei längerer Lagerdauer feuchte Hackschnitzel biologisch abgebaut, so dass sich der Energiegehalt der Hackschnitzel verringert. Zusätzlich steigt die Gefahr einer Selbstentzündung durch einen Wärmestau, der durch heiße Außentemperaturen wie auch durch biologische Abbauprozesse entstehen kann.

Für Hackschnitzeltrocknungen gibt es verschiedene Möglichkeiten:

##### **Passive Verfahren**

- Vortrocknung vor der Zerkleinerung: z. B. durch Lagerung des eingeschlagenen Holzes im Wald
- Trocknung der zerkleinerten Hackschnitzel (unter Dach oder mit Abdeckung durch luftdurchlässige Vliese)

##### **Aktive Verfahren**

- Satzrockner/Containertrockner: häufig werden Container mit einen Belüftungsboden ausgestattet, die Wärme wird von unten (teilweise auch seitlich) zugeführt. Die Wärme kann z. B. aus der Abwärme eines BHKW stammen. Satzrockner sind eine sinnvolle Ergänzung bei Biogasanlagen, um die Abwärme in den Sommermonaten zu nutzen. Hierzu können normale Hakenliftcontainer umgebaut werden (siehe nachfolgende Abbildung).

---

<sup>61</sup> FNR (2017): „Handbuch zum Qualitätsmanagement von Holzhackschnitzeln“. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Gülzow.



**Abbildung 11: Containertrocknung (Quelle: Lauber)<sup>62</sup>**

- Bandtrockner: Bandtrockner trocknen die Hackschnitzel kontinuierlich. Diese werden auf ein luftdurchlässiges Förderband gegeben, welches von unten mit warmer Luft beaufschlagt wird.
- Trommeltrockner: die Hackschnitzel werden in einer rotierenden Trommel mit warmer Luft beaufschlagt.

Welche der Verfahren sich am besten eignen, hängt von der gewünschten Restfeuchte sowie auch vom geplanten Durchsatz ab. Die passiven Verfahren wie auch die Trocknung im Container haben gegenüber Band- oder Trommeltrockner den Vorteil der geringeren Investitionen; die Umsetzung kann auch notfalls mit Eigenmitteln erfolgen (Umbau eines ausgedienten Containers, Anschluss an das BHKW der vorhandenen Biogasanlage). Nachteilig bei diesen genannten Verfahren ist, dass durch die statische Lagerung der Hackschnitzel unterschiedliche Trocknungsverläufe stattfinden, da die Hackschnitzel nicht durchmischt werden. Dadurch verringern sich der Wirkungsgrad der Anlage und die Trocknungshomogenität. Diese Durchmischung findet dagegen bei Bandtrocknern und Trommeltrocknern statt.

Technische Trocknungssysteme benötigen immer mehr Energie für die Trocknung als die Hackschnitzel an zusätzlichem Energiegehalt gewinnen. Daher sollte möglichst nur ohnehin anfallende Abwärme genutzt werden. Dabei bieten Hackschnitzel den Vorteil, dass sie nicht wie andere Trocknungsgüter (beispielsweise Getreide) innerhalb eines bestimmten, kurzen Zeitfensters verarbeitet beziehungsweise getrocknet werden müssen. Sie können zunächst auch natürlich vortrocknen oder gelagert werden, ohne dass es zu erheblichen Einbußen hinsichtlich der Qualität kommt.

Die Kosten der Trocknung werden in einer Studie des FNR<sup>61</sup> mit 25 bis 30 € netto je  $t_{\text{atro}}$  angegeben (bei externer Trocknung bei einem Betreiber von Biogasanlagen). Sie können jedoch auch niedriger liegen,

---

<sup>62</sup> Lauber GmbH: „Lauber-EnergieNutzZentrale – Vielseitige Schüttgut-trocknung und intelligente Wärmenutzung in Einem“. Zugriff über: <https://www.lauber-holz-trockner.de/de/produkte/schuetttgut-trockner/lauber-l-enz-schuetttgut-trockner>

wenn die Wärme ohnehin vorhanden ist und auf einfache technische Lösungen gesetzt wird. Von einem Maschinenring aus Schleswig-Holstein werden die Kosten auf ca. 10 € je Tonne Trockenmasse geschätzt (Trocknung der Hackschnitzel auf 15 bis 20 % Restfeuchte inklusive zusätzliche Umschlagskosten).<sup>63</sup>

Allgemeingültige Aussagen können jedoch nicht getroffen werden.

### 5.1.5 Biogasaufbereitung

Sofern Biogas nicht direkt im angeschlossenen BHKW verwertet wird, sondern in das Erdgasnetz eingespeist werden oder als Kraftstoff vermarktet werden soll, muss es weitergehend aufbereitet werden. Während für die Nutzung im BHKW eine Trocknung und Entschwefelung des entstehenden Biogases ausreichen, müssen bei einer Aufbereitung in Erdgasqualität eine Aufkonzentrierung des Methans sowie eine weitergehende Konditionierung (z. B. Verdichtung) erfolgen. Die Kosten hierfür betragen für eine Anlage mit 250 m<sup>3</sup> Rohbiogas/h rund 1 Mio. €, die spezifischen Aufbereitungskosten liegen bei rund 2 ct je kWh.<sup>64</sup> Dies ist etwa die Größenordnung der in Kap. 5.1.1 beschriebenen zentralen Anlagen. Ab einer Aufbereitungskapazität von 1.500 m<sup>3</sup>/h Rohbiogas sinken die spezifischen Kosten auf ca. 1 ct/kWh. Dazu kommen im Fall einer Einspeisung in ein Erdgasnetz neben den Aufbereitungskosten noch Kosten für die Herstellung des Einspeisepunktes sowie z. B. Netznutzungsentgelte, Konzessionsabgaben, Biomethanbilanzierung und -nachweisführung.

Kleinere Biogasaufbereitungsanlagen, die für die Vergärungsanlagen der dezentralen Variante gemäß Kap. 5.1.2 geeignet wären, werden nach unserer Kenntnis nicht angeboten und dürften wirtschaftlich derzeit noch nicht darstellbar sein.

Die Biogasaufbereitung zur Kraftstoffherstellung betrachten wir an dieser Stelle nicht weiter, da bereits ein Anbieter allein im Landkreis Lüchow-Dannenberg 3 Biogastankstellen betreibt (siehe auch Kap. 5.2.3)

### 5.1.6 Herstellung von Biokohle

Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Herstellung von Biokohle ist eine Pyrolyseanlage. Als Inputmaterial kann zum einen der für die Vergärung weniger geeignete krautige Grünabfall aus extensiv gepflegten Bereichen, aber auch der Gärrest aus der Trockenfermentation dienen.

---

<sup>63</sup> Nova-Institut GmbH: „Auf dem Weg zu vergleichbaren Hackschnitzelpreisen“. Artikel vom 17.09.2009. Zugriff über: <https://renewable-carbon.eu/news/auf-dem-weg-zu-vergleichbaren-hackschnitzelpreisen/>

<sup>64</sup> FNR (2014): „Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung“. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Leipzig.

Da Langzeiterfahrungen noch fehlen, ist eine Vergleichbarkeit und Bewertung dieser Konzepte schwierig. Zur Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gibt es bislang noch keine belastbaren Angaben. Die nachfolgenden Angaben basieren auf einer Kalkulation der Firma PYREG, die u. A. die Pyrolyseanlage für die Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg GmbH errichtet hat. Die Anlage ist modular aufgebaut.

Die Auslegungsgröße ist mit rd. 1.000 t/a (bei 40 % Wassergehalt) kleiner als die potenzielle Biomassemenge, das modulare Prinzip würde jedoch einen stufenweisen Ausbau ermöglichen. Das PYREG P500 System hat die Abmessungen (LxBxH) 9 m x 3 m x 5,8 m sowie das zusätzlich erforderliche Technik-Modul mit 3 m x 3 m x 2,8 m.<sup>65</sup> Das Modul verfügt über eine Leistung von 500 kW. Es wird von jährlich ca. 7.500 Betriebsstunden und einer nutzbaren Abwärme von ca. 135 kW<sub>th</sub> ausgegangen. Der Flächenbedarf einer solchen Anlage liegt insgesamt bei etwa 150 m<sup>2</sup>.

Die Investitionskosten für eine Pyrolyseanlage liegen bei ca. 335.000 €.<sup>66</sup>

Nachfolgend ist eine Beispielkalkulation für eine Anlage der Firma PYREG GmbH mit einem jährlichen Durchsatz von 1.800 t Inputmaterial bei einem TS-Gehalt von 65 % und 7.500 Betriebsstunden dargestellt.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> PYREG (2019): „Broschüre Biomasse“. PYREG GmbH: Dörth. S. 20. Zugriff über: [https://pyreg.com/wp-content/uploads/2020\\_pyreg\\_broschure\\_biomasse\\_DE.pdf](https://pyreg.com/wp-content/uploads/2020_pyreg_broschure_biomasse_DE.pdf)

<sup>66</sup> Nick, M. (2015): „Das PYREG-Verfahren Pflanzkohle und ihre Einsatzmöglichkeiten“. Präsentation der PYREG GmbH beim 6. Biomassetag an der Hochschule Schmalkalden am 04.12.2015. Hochrechnung: NICK gibt kalkulatorische Kosten in H.v. 41.705 €/a an; diese setzen sich aus der Abschreibung (Nutzungsdauer 5 Jahre) und den kalk. Zinsen (2,5%) zusammen.

<sup>67</sup> KRALEMANN (2012): Präsentation „Wärmeerzeugung aus Holzhackschnitzeln – Wie konkurrenzfähig sind schnellwachsende Hölzer gegenüber Heizöl und Erdgas?“. 3N-Kompetenzzentrum Nachwachsende Rohstoffe: Göttingen. Zugriff über: [https://www.energieagentur-goettingen.de/fileadmin/files/downloads/120228\\_MichaelKralemann\\_klein.pdf](https://www.energieagentur-goettingen.de/fileadmin/files/downloads/120228_MichaelKralemann_klein.pdf)

**Tabelle 20: Kalkulation Pyrolyse-Anlage**

Beschreibung	Einheit	Wert
Anlageninvest	€	335.000
Nutzungsdauer	a	10
Afa	€/a	33.500
kalkulatorische Zinsen (2,5%)	€/a	8.400
<b>kalkulatorische Kosten</b>	<b>€/a</b>	<b>41.900</b>
unveränderliche Betriebskosten (Wartung, Personal, Versicherung, Sonstiges)	€/a	26.000
variable Betriebskosten (Strom, Brauchwasser, Flüssiggas für Start)	€/a	10.300
<b>Summe Betriebskosten inkl. kalk. Kosten</b>	<b>€/a</b>	<b>78.200</b>
<b>Summe Betriebskosten inkl. kalk. Kosten spezifisch</b>	<b>€/t Biokohle</b>	<b>237</b>
nutzbare Wärmeenergie	kWh/t Input	560
	MWh <sub>th</sub> /a	1.000
Vergütung	€/kWh	0,03
<b>Einspeisevergütung Wärme</b>	<b>€/a</b>	<b>-30.000</b>
<b>Saldo Kosten und Erlös Wärme jährlich</b>	<b>€/a</b>	<b>48.200</b>
<b>Saldo Kosten und Erlös Wärme spezifisch</b>	<b>€/t Biokohle</b>	<b>146</b>
Biokohlemenge	kg Biokohle/t Input	180
	t/a	330
spezifischer Marktpreis Vermarktung Biokohle	€/t Biokohle	480
<b>Jahreserlös Vermarktung Biokohle</b>	<b>€/a</b>	<b>-158.400</b>
<b>Saldo Kosten und Erlöse Wärme+Biokohle jährlich</b>	<b>€/a</b>	<b>-110.200</b>
<b>Saldo Kosten und Erlöse Wärme+Biokohle spezifisch</b>	<b>€/t Biokohle</b>	<b>-334</b>

Insgesamt können in der Anlage ca. 330 t Biokohle jährlich hergestellt werden. Somit belaufen sich die spezifischen Produktionskosten auf rd. 237 €/t; durch den Erlös für die erzeugte Wärme können etwa 38 % der Produktionskosten gedeckt werden. Zur Kostendeckung müsste somit für die Biokohle ein Erlös von mindestens 146 €/t erzielt werden. Derzeit liegen die Marktpreise für Biokohle je nach Qualität, Menge und Verwendungszweck: für den Einsatz als Bodenverbesserer zwischen 35 und 65 €/t, als Aktivkohle bei ca. 800 €/t sowie als Futterkohle bei bis zu 1.000 €/t.<sup>68</sup> Die hohen Marktpreise sind dabei eher den hohen Produktionskosten und nicht der Nachfrage am Markt geschuldet. Wird im Mittel ein Erlös von 480 €/t angesetzt, so könnten durchschnittlich rd. 334 € je Tonne Biokohle saldiert erwirtschaftet werden.

Es ist anzunehmen, dass Landwirte die größten Abnehmer der hergestellten Biokohle sein könnten. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht besteht jedoch für landwirtschaftliche Betriebe bei derzeitigen

<sup>68</sup> Dr. Casaretto, R., Dr. Vith, W. (2020): „Vom Gärrest zum Wertstoff – Alternativen und neue Vermarktungswege durch Pyrolyse – Vortrag FNR Tagung Gärprodukte vom 15.09.2020“. Zusammenarbeit zwischen Niersbergeer Group, EcoTech und Hochschule Flensburg.

Marktpreisen kein Anreiz zum Kauf der Biokohle und einen flächigen Einsatz der genannten Anwendungsmöglichkeiten, da sich die Kosten vermutlich erst über einen sehr langen Zeitraum durch Ertragssteigerungen und einer erhöhten Düngereffizienz amortisieren. Neben dem positiven Nutzen der Biokohle müssten daher auf politischer Ebene für den Landwirt weitere finanzielle Anreize geschaffen werden, wie zum Beispiel durch Umweltleistungen für die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung.

Nicht berücksichtigt sind etwaige Zuschüsse, die sich aufgrund verschiedener Förderinstrumente ergeben können. Deren Ansatz würde zu einem weiteren wirtschaftlichen Vorteil für die Biomassenutzung führen. So könnten die Produktionskosten bei vollständiger Deckung der Investitionskosten auf etwa 110 €/t Biokohle gesenkt werden; abzgl. des Erlöses für die erzeugte Wärme müsste für die Biokohle zur Kostendeckung lediglich noch ein Erlös von 20 €/t erzielt werden.

### 5.1.7 Fazit

Es ist darauf hinzuweisen, dass Invest- und Betriebskosten wie auch die Erlöse sehr von der konkreten Ausgestaltung des Biomassehofs abhängig sind, so dass die Angaben sich bei einer konkreten Umsetzung noch deutlich verändern können. Insbesondere können investive und sonstige Förderungen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen noch deutlich verbessern.

Trotz des geplanten Einsatzes einer einfacheren Technik für die dezentrale Vergärungsvariante liegen die spezifischen Gesamtkosten saldiert mit 78 €/t deutlich höher als bei der zentralen Variante mit 46 €/t. Dabei kann der Logistivorteil der dezentralen Lösung diesen Kostennachteil zumindest teilweise kompensieren. Würde man Anlagenbetreiber von bereits im Landkreis vorhandener Biogasanlagen mit der Biomasseverwertung beauftragen, so könnten spezifische Gesamtkosten saldiert von etwa 30 €/t erzielt werden. Allerdings ist fraglich, ob sich eine geeignete Anlage für die Abfälle des Biomassehofs finden wird. Denn von den 35 Biogasanlagen im Landkreis handelt es sich fast ausschließlich um NawaRo-Anlagen. Diese verfügen keine Genehmigung für die Verwertung von als Abfall deklarierte Biomassen. Darüber hinaus müssten die NawaRo-Anlagen ggf. technisch umgerüstet bzw. erweitert werden. Die meist in NawaRo-Anlagen angewandte mesophile Vergärung erfüllt nicht die Anforderungen der BioAbfV für die Verwertung von Grünabfällen. Stattdessen müsste der Anlage eine thermophile Vergärung vorgeschaltet bzw. auf eine thermophile Vergärung mit anschließender Nachrotte umgestellt werden. Des Weiteren könnten die Betreiber Störstoffe in den Abfällen des Biomassehofes befürchten, welche die Landwirte nicht zusammen mit dem Gärsubstrat auf ihren Acker aufbringen möchten. Wird die Anlage vollständig mittels Fördermittel finanziert, so wären für einen kostenneutralen Betrieb mittlere Entsorgungsentgelte von 4 €/t (zentraler Ansatz) bzw. 19 €/t (dezentraler Ansatz) möglich.

Um einen wirtschaftlichen Betrieb der Pyrolyse-Anlage gewährleisten zu können, müssen für die Biokohle Marktpreise von mindestens 146 €/t bzw. bei Erhalt von Zuwendungen in voller Höhe der Investitionskosten von mindestens 20 €/t erzielt werden. Es ist anzunehmen, dass in Lüchow-Dannenberg

landwirtschaftliche Betriebe die größten potenziellen Abnehmer der Biokohle sein könnten. Um möglichst eine hohe Abnahme zu garantieren, sollte daher der Marktpreis möglichst niedrig sein. Dies lässt lediglich der Betrieb einer Pyrolyseanlage mit Förderung zu.

## 5.2 Vermarktung der Produkte und Dienstleistungen

Biomassehöfe erzeugen und vermarkten nicht nur direkte Energie in Form von Strom und Wärme, sondern können ergänzend als Logistik- und Handelszentren für biogene Brennstoffe sowie sonstige Produkte (aus biogener Herkunft) betrieben werden. Häufig werden folgende Produkte und Dienstleistungen von einem Biomassehof i. d. R. angeboten:

- Direkte Energie in Form von Strom und Wärme
- Ankauf und/oder Bereitstellung von Biomassen
- Ankauf und Aufbereitung von energetisch verwertbarem Holz, wie Waldrestholz, Industrie-  
restholz, Landschaftspflegeholz sowie ggf. Holz aus Kurzumtriebsplantagen
- Vermarktung von Holzbrennstoffen wie Scheitholz, Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Grillkohle
- Vermarktung von Rost- oder Kesselasche (Holzasche)
- Komposte der unterschiedlichen Güteklassen
- Sonstige holzbasierte Produkte wie Rindenmulch, Holzeinstreu
- Lieferservice für die Produkte

Weniger verbreitet ist die Vermarktung von Pflanzenkohle, die entweder als Zusatz zu Futtermitteln, Einstreu oder Gülle verwendet werden kann, um Nährstoffverluste bei der Lagerung und Ausbringung zu reduzieren sowie Bodengüte und Humusaufbau zu fördern. Dazu kommen noch Sonderdienstleistungen, z. B. Lohnunternehmung, Wärme- und Kältecontracting (meistens mit spezialisierten Partnerfirmen aus der Heizungs-Klima-Gewerke).

### 5.2.1 Vermarktung von Strom

Der aus dem Biogas erzeugte Strom kann gemäß Erneuerbaren Energiegesetz (EEG) vergütet werden. Voraussetzung für Neuanlagen ist die erfolgreiche Teilnahme am Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur. Zur Förderung einer am Bedarf orientierten flexiblen Stromerzeugung besteht die Möglichkeit der Beantragung einer Flexibilitätsprämie. Diese wird dann gewährt, wenn die betreffende Anlage bestimmte Anforderungen erfüllt. Der Betriebsweise wird dann so geführt, dass die Stromerzeugung mittels BHKW ruht, wenn genügend regenerativer Strom verfügbar ist. Das fortlaufend entstehende Biogas wird im währenddessen im Biogasspeicher aufgefangen und steht zur Verfügung, wenn bei höherem Bedarf eine höhere Leistung eingespeist werden muss.

EEG-Anlagen mit mehr als 100 kW müssen zwingend an der sogenannten Direktvermarktung teilnehmen. Dabei wird der eingespeiste Strom nicht mehr an den Netzbetreiber geliefert, sondern an einen Direktvermarkter. Von ihm erhält der Anlagenbetreiber den durchschnittlichen Börsenpreis. Den Differenzbetrag zwischen EEG-Vergütung und dem Marktwert gleicht der Netzbetreiber aus (Marktprämie). Für die Teilnahme an der Direktvermarktung erhält der Anlagenbetreiber einen zusätzlichen Bonus. Im Gegensatz zur bisherigen Vergütung ergeben sich durch die Direktvermarktung größere wirtschaftliche Vorteile für Bestandsanlagen.

Insgesamt erfordert die Vermarktung von Strom keine Marketingaufwendungen im engeren Sinn, es müssen jedoch die technischen und administrativen Voraussetzungen für die Teilnahme am Strommarkt geschaffen werden.

## 5.2.2 Vermarktung von Wärme

Solange die Wärme nicht im eigenen Betrieb verwendet werden kann, könnte eine externe Vermarktung direkt an benachbarte Abnehmer oder indirekt durch Einspeisung in ein Wärmenetz erfolgen. Eine direkte Belieferung eines Verbrauches in der Nähe wäre die einfachste Möglichkeit zur Wärmevermarktung. Größere Entfernungen sind aufgrund der damit verbundenen Investitionen für den Wärmetransport und der Transportverluste schnell unwirtschaftlich, wobei als Alternative der Transport von aufbereitetem Biogas mit dezentralen BHKW zur Wärmeauskopplung geprüft werden kann.<sup>69</sup>

Für eine direkte Wärmenutzung sind Betriebe mit hohem und kontinuierlichem Wärmeverbrauch gut geeignet, wie insbesondere die Lebensmittelverarbeitung, weniger gut sind Verbraucher mit geringerem und schwankendem Wärmeverbrauch wie Gärtnereien, Hotels, Großküchen und Handel.

Ebenso sind Liegenschaften wie Schulzentren, Krankenhäuser, Hallenbäder oder Verbunde aus mehreren kleineren Objekten interessant. Dies gilt besonders, wenn die Wärmeversorgung aufgrund des Alters der Heizungsanlagen ohnehin neu konzipiert werden muss.

Den Wärmekunden kann je nach örtlicher Situation eine Grundlastlieferung oder Vollversorgung angeboten werden. Im ersteren Fall liefert die Biogasanlage nur die Wärme in dem Maße, wie sie zur Verfügung steht. Die Spitzenlast und die Ausfallreserve werden durch eine separate Kesselanlage abgedeckt. Bei der Vollversorgung wird auch die Spitzenlast und die Ausfallreserve bereitgestellt.

Eine Sonderform der Vermarktung von Wärme ist ein **Energiecontracting**. Dies ist ein Modell, welches von Energieversorgern häufig angeboten wird. Das Energieliefercontracting oder auch Anlagencontracting bedeutet, dass der Anbieter z. B. eine Heizanlage auf eigenes Risiko errichtet und auch betreibt. Die Kosten für die Errichtung und den Betrieb werden durch den Verkauf der entstehenden Wärme verkauft. Dies geschieht über langfristige Verträge mit Laufzeiten zwischen 10 und 15 Jahren, die zwischen Energieversorger und Gebäudeeigentümer geschlossen werden. Die Gebäudeeigentümer

---

<sup>69</sup> KRALEMANN (2007): „Wärmenutzung bei Biogasanlagen - Biogaswirtschaft auf dem Weg zur Nachhaltigkeit“. Fachkongress am 20. November 2007, Hitzacker, Veranstalter: Region Aktiv Wendland/Elbetal.

müssen also keine Investitionen tätigen und sich auch nicht um den Betrieb der Heizungsanlage kümmern. Die Biomassehöfe Regensburg, Achenal oder Borlinghausen bieten z. B. ein solches Energiecontracting an. Für die Errichtung und den Betrieb der Heizungsanlagen werden in der Regel Firmen aus dem Heizungsbereich eingebunden.

### 5.2.3 Vermarktung von Biogas als Kraftstoff

Dies ist ein Sonderthema, welches i. d. R. nicht mit einem Biomassehof in Verbindung gebracht wird, dennoch mit den Zielen der Klimaschutzinitiative des Landkreises Lüchow-Dannenberg in Verbindung steht. Aus Biogas lässt sich durch Aufbereitung ein Energieträger erzeugen, der in seinen chemischen Eigenschaften Erdgas gleicht. Wegen dieser identischen Beschaffenheit kann es in beliebiger Menge in das Erdgas-Netz geleitet und auch dort gespeichert werden.

Verschiedene Pilotprojekte zeigen, wie mit dem neuen Power-to-Gas-Verfahren langfristig Energie in Form von Biomethan ( $\text{CH}_4$ ) gespeichert werden kann. Bei der sogenannte Methanisierung wird der  $\text{CO}_2$ -Bestandteil des Biogases in Biomethan umgewandelt. Dabei wird das Biogas ohne vorherige  $\text{CO}_2$ -Abtrennung in der Methanisierung eingesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass die aufwändige  $\text{CO}_2$ -Abtrennung z. B. durch eine Aminwäsche entfallen kann. Im ersten Schritt wird durch Elektrolyse aus Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) mit Hilfe von Strom Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) gewonnen; im zweiten Schritt reagiert das  $\text{H}_2$  mit dem  $\text{CO}_2$  des Biogases zu  $\text{CH}_4$ . Damit kann der Strom in Form von Bioenergie im Erdgas-Netz gespeichert und das Stromnetz entlastet werden. Darüber hinaus lässt sich die Abwärme des Methanisierungsprozesses direkt für die Beheizung der Fermenter der Biogasanlage nutzen.

Bereits 2006 wurde eine Biogastankstelle in Jameln errichtet, die bundesweit die erste Biogastankstelle war. Diese wurde 2017 geschlossen. Mittlerweile befinden sich im Kreisgebiet insgesamt 3 Biogastankstellen (Dannenberg, Lüchow und Clenze), im Umkreis von 50 km um Lüchow insgesamt 5 Biogastankstellen (+ Wittenberge und Salzwedel).

Die Vermarktung gestaltet sich analog zu Diesel, Benzin oder Autogas. Zapfsäulen sowie Druckspeicheranlage mit Verdichter können bei geeigneten Baulichkeiten an bestehenden Tankstellen ergänzt werden; es ist nicht der Neubau einer kompletten Tankstelle erforderlich.

Allerdings bestehen Hemmnisse gegenüber diesen Kraftstoffen (Umrüstung der Fahrzeuge ist aufwendig, geringes Angebot an geeigneten Neufahrzeugen, außerdem geringe Dichte an Biogastankstellen in Deutschland). Im Landkreis sind demzufolge nur rund 300 Erdgasfahrzeuge gemeldet, was etwa 1 % des Fahrzeugbestandes entspricht (gemäß Masterplan „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“).

Aus unserer Sicht bieten sich für den Biogaskraftstoff vor allem Fahrzeuge an, die vorwiegend regional eingesetzt werden (z. B. Behördenfahrzeuge, Linienbusse, regionaler Stückgutverkehr, landwirtschaftliche Fahrzeuge). Der Dieselverbrauch der kommunalen Tochter LSE, die Personenbeförderung im konzessionierten Linienbusverkehr sowie Anmietverkehr im Landkreis Lüchow-Dannenberg durchführt,

lag z. B. im Jahr 2019 bei rund 300.000 Liter<sup>70</sup>. Dazu kommen noch die Verbräuche der sonstigen kommunalen Fahrzeuge inkl. der Sammelfahrzeuge bei der Abfallwirtschaft. Diese könnten perspektivisch auf Biogasbetrieb umgestellt werden. Für einen wirtschaftlichen Betrieb einer CNG-Tankstelle (CNG: Compressed Natural Gas) zu den marktüblichen CNG-Preisen ist ein Mindestumsatz von 15 Tonnen CNG/Biomethan im Monat erforderlich<sup>71</sup>, dies entspricht bei einer Umrechnung von 1 kg Erdgas auf 1,3 l Diesel einer Dieselmenge von monatlich 19.200 l bzw. jährlich 230.000 l. Somit wäre theoretisch allein der Verbrauch der Flotte der LSE in der Lage, eine Tankstelle zu einem wirtschaftlichen Betrieb zu führen. Wenn die Fahrzeuge zudem mit deutlich sichtbaren Hinweisen „Ich fahre mit 100 % Biogas“ ausgestattet werden, kann dies möglicherweise auch Nachahmungseffekte auslösen.

Die Abgabe des Biogases kann entweder an einer autarken Zapfsäule direkt in unmittelbarer Nähe zur Biogasanlage erfolgen, oder an einer integrierten Zapfsäule in einer bestehenden öffentlichen Tankstelle. Sofern die Tankstelle sich nicht in ausreichender Nähe zur Biogasanlage befindet, ist das aufbereitete Biogas zunächst in das öffentliche Gasnetz anzuschließen. Bei Einspeisung des Biogases in das öffentliche Gasnetz wäre dann eine virtuelle Nutzung des Biogases an allen Gastankstellen in Deutschland und unter Umständen auch in weiteren Ländern möglich. Dies ist das gängige Konzept zur Erzeugung und Nutzung von Biogas als Kraftstoff in Deutschland heute. Zu berücksichtigen ist, dass sich die Füllkupplungen für LKW und Busse von denen für PKW unterscheiden. Sollen also sowohl PKW, als auch LKW und Busse das Biogas tanken können, ist eine sogenannte Kombi-Zapfsäule notwendig.<sup>72</sup>

Horst Seide von der Kraft und Stoff Dannenberg GmbH & Co. KG aus Landsatz betreibt im Landkreis Lüchow-Dannenberg drei Biogastankstellen, weitere 9 Biogastankstellen werden in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern betrieben. Herr Seide bietet an, die Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Biogas mit einem namhaften Zuschuss zu unterstützen.

In diesem Zusammenhang ist das *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz – SaubFahrzeugBeschG* zu nennen, welches die "Green-Vehicle"-Richtlinie 2019/1161/EU in nationales Recht umgesetzt hat.

Das Gesetz soll die Nachfrage an emissionsarmen und emissionsfreien Straßenfahrzeugen fördern und damit die Emissionen im Verkehrsbereich reduzieren. Dies soll u.a. durch verbindliche Beschaffungsquoten erreicht werden, die öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber bei der Beschaffung von „sauberen“ Straßenfahrzeugen zu beachten haben.

Mindestens 45 % aller neu anzuschaffenden Linienbusse müssen dann „saubere“ Fahrzeuge im Sinne der Richtlinie sein, für Lkw gilt eine Quote von 10 %. Für Busse gilt zusätzlich: Jeweils die Hälfte davon muss wiederum komplett emissionsfreie Antriebe haben. Ab Jahresbeginn 2026 gelten 65 % für Busse

---

<sup>70</sup> E-Mail vom F. Dittmer, Stabsstelle Klimaschutz LK DAN vom 13. Januar 2021

<sup>71</sup> SCHOLWIN et. al. (2017): „Durchführbarkeitsstudie - Biogas als Kraftstoff aus landwirtschaftlichen und kommunalen Reststoffen in Neukirch/Lausitz“. Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie im Auftrag der Agrargemeinschaft Oberland GmbH: Weimar.

<sup>72</sup> SCHOLWIN et. al. (2017): „Durchführbarkeitsstudie - Biogas als Kraftstoff aus landwirtschaftlichen und kommunalen Reststoffen in Neukirch/Lausitz“. Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie im Auftrag der Agrargemeinschaft Oberland GmbH: Weimar.

und 15 % für Lkw. Mit Biomethan betriebene Fahrzeuge gelten hierbei als „saubere“ Fahrzeuge, so dass die Umstellung auf solche Fahrzeuge zur Erreichung der genannten Quote beitragen würde.

#### 5.2.4 Vertriebskanäle für feste Produkte

Nachfolgend werden für feste Produkte des Biomassehofs mögliche Vertriebskanäle benannt, die auch als Kombination betrieben werden können:

- Direkter Verkauf beim Biomassehof, der Biomassehof fungiert als Verkaufsstelle
- Verkauf über den Einzelhandel (z. B. Baumärkte, Gartencenter)
- Großhändler/ Handelsvertreter
- Maschinenringe
- Agrargenossenschaften
- Onlineshop, der Bestellvorgang ist auch online möglich (dies kann über ein eigenes Portal wie auch über Fremdportale wie Amazon Marketplace erfolgen)
- Lieferung durch den Biomassehof, der Biomassehof kann den Transport des Brennstoffs direkt zum Kunden übernehmen.
- Selbstabholung durch den Kunden, der Kunde holt sein Produkt selbst beim Biomassehof ab.

#### Verpackung von Holzprodukten

Sofern die Produkte nicht lose in Big Bags abgegeben werden, sind sie mit einer geeigneten Verpackung zu vermarkten. Dies gilt insbesondere, wenn sie in Konkurrenz zu anderen Produkten stehen (z. B. beim Verkauf von Kaminholz in Gartencentern oder Baumärkten, wo die Verpackung nicht nur den Schutz und den Transport des Produktes dient, sondern auch der Werbung). Beispiele sind nachfolgend dargestellt.



**Abbildung 12: Anzünder aus Holzwolle, Holzbriketts mit und ohne Zugloch (Quelle: Biomassehof Allgäu)<sup>73</sup>**

<sup>73</sup> Fotos: Biomassehof Allgäu eG in Kempten, Biomassehof Achental

### 5.2.5 Vermarktung von Kompost

Die wertgebenden Komponenten von Kompost sind in erster Linie sein Humusgehalt und sein Düngewert.

#### **Humus → Bodenverbesserung**

Der Humusgehalt macht den Kompost zu einem Bodenverbesserungsmittel, dessen Anwendung u. a. die Wasser- und Nährstoffhaltekapazität des Bodens erhöht. Dies ist insbesondere in der Landwirtschaft und für den Garten- und Landschaftsbau relevant.

Ob ein landwirtschaftlich genutzter Boden Humusbedarf aufweist, hängt von der Nutzung und von Standortfaktoren wie der Bodenart und dem Klima ab. Stark humuszehrende Kulturen sind zum Beispiel der Rüben-, Mais- und Kartoffelbau. Beim Energiemais-Anbau wird die Humuszehrung allerdings durch Rückführung des Gärprodukts teilweise wieder ausgeglichen. Bodenarten mit hohem Humusnachlieferungsbedarf (bei Bewirtschaftung) sind zum Beispiel Sandböden, Tonböden und grundwasserbeeinflusste Moorböden.

Detaillierte Verfahren ermöglichen den Landwirten bzw. landwirtschaftlichen Beratern die Berechnung des Humusbedarfs ihrer jeweiligen Äcker und Kulturen. Dabei kann lediglich eine Humusnachlieferung oder auch ein Humusaufbau erforderlich sein.

Die Gabe von Kompost ist allerdings nur *ein* möglicher Weg, dem Acker Humus zuzuführen, andere organische Dünger haben eine ähnliche Wirkung, ebenso das Unterpflügen von Ernterückständen, Stroh oder angebauten Zwischenfrüchten.

#### **Düngewert des Kompostes**

Kompost ist – anders als bspw. Klärschlamm – kein besonders nährstoffreiches Substrat; dennoch enthält er einen gewissen Gehalt an basisch wirksamen Substanzen, Phosphat und Kalium, der beim Einsatz entsprechende Düngemittelgaben spart und deshalb – insbesondere bei hohen Düngemittelpreisen – bares Geld wert ist.

Des Weiteren enthält Kompost Mikronährstoffe, die z. B. auf Böden des Gemüsebaus häufig im Mangel sind. Durch die basisch wirksamen Stoffe ist die Anwendung von Kompost einer Erhaltungskalkung gleichzusetzen.

In einem Merkblatt der Bundesgütegemeinschaft Kompost zum Komposteinsatz im Gemüsebau wird zur Düngewirkung folgendes festgehalten:

- Die Aufwandmengen an Kompost werden bei Düngung nach guter fachlicher Praxis i.d.R. durch Phosphat begrenzt.
- Der Bedarf an Phosphat, Magnesium, Kalk und organischer Substanz ist bei alleiniger Kompostdüngung i. d. R. für 3 Jahre ausreichend gedeckt. Eine zusätzliche Düngung ist in der Regel nicht erforderlich.

- Kalium kann bei alleiniger Kompostdüngung im Anwendungsjahr ausreichen. Je nach Bodenvorrat und Kulturfolge ist eine Ergänzungsdüngung zu prüfen. In Folgejahren (ohne Kompostdüngung) muss Kalium gedüngt werden.
- Kompost ist kein Stickstoffdünger. Stickstoff ist zu über 90 % in der organischen Substanz gebunden (über Jahre verzögerte und unvollständige Freisetzung). Stickstoff muss also in jedem Fall zusätzlich gedüngt werden. Kompost erhöht aber den Stickstoffvorrat im Boden und ist daher in der Betrieblichen Nährstoffbilanz anzurechnen.
- In Abhängigkeit von den Nährstoffgehalten des eingesetzten Kompostes sowie den Ergebnissen der Düngebedarfsrechnung betragen die empfohlenen Aufwandmengen 30 – 50 t je Hektar in 3 Jahren.“

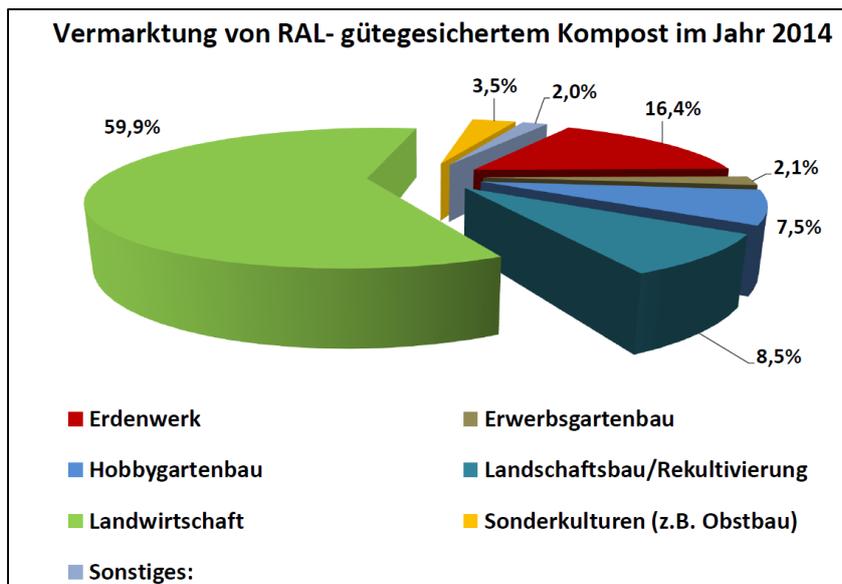
### 5.3 Einsatzbereiche und Abnehmergruppen

Für Bio- und Grünabfallkomposte stellt die Landwirtschaft den mengenmäßig bedeutendsten Einsatzbereich dar. Daneben sind folgende weitere Einsatzbereiche zu nennen:

- Erwerbsgartenbau und Sonderkulturen, z. B. Gemüsebau, Zierpflanzenbau, Obstbau, Baumschulen,
- Hobbygartenbau, hierzu rechnet man generell die Kompost-Abgabe an private Nutzer,
- Landschaftsbau und Rekultivierung, hier werden meist einfache Mischungen von Kompost als Humusträger und mineralischen Böden eingesetzt,
- Erdenwerke: Komposte als Komponente von Blumenerden und ähnlichen Produkten

In der folgenden Abbildung ist die Verteilung der bundesweit produzierten, gütegesicherten Komposte auf diese Einsatzbereiche dargestellt. Nach dem landwirtschaftlichen Bereich ist somit vor allem der Absatzmarkt Erdenwerke, Landschaftsbau und die private Nutzung von Relevanz.

Dies wird von statistischen Angaben zur Kompostverwertung bestätigt: Laut Statistischem Bundesamt (Fachserie 19, Reihe 1, 2013) werden in Niedersachsen rund 60 % der in Abfallbehandlungsanlagen erzeugten Komposte in der Landwirtschaft verwertet, 14 % in der Landschaftsgestaltung und Rekultivierung und 27 % an Erdenwerke, private Haushalte oder für sonstige Zwecke abgegeben.



**Abbildung 13: Vermarktung gütegesicherten Kompostes im Jahr 2014 (Quelle: BGK)**

### 5.3.1 Einsatzbereich Landwirtschaft

In der Landwirtschaft wird Kompost als Dünger und Humuslieferant eingesetzt, ein hoher mineralischer Anteil oder Wassergehalt ist eher unerwünscht, da er die Transport- und Ausbringungskosten erhöht. In diesem Bereich werden in erster Linie Frischkomposte eingesetzt, da sie einerseits einen höheren Nährstoff- und Organikgehalt aufweisen als Fertigungskomposte und andererseits günstiger zu produzieren sind.

Die Aufbringung von Komposten als organische Dünger konzentriert sich auf den Herbst und – in geringerem Maße – das Frühjahr. Wegen des Aufbringungsaufwandes und der länger vorhaltenden Wirkung erfolgen Kompostgaben in der Regel in einem 3-Jahres-Abstand, wobei nach derzeitigem Recht maximal 30 t TS pro Hektar Ackerland zulässig sind. Ein Großbetrieb mit 100 ha Ackerland könnte somit bis zu 1.500 t Kompost pro Jahr abnehmen (bei 65 % TS-Gehalt).

Der landwirtschaftliche Komposteinsatz unterliegt einer Reglementierung sowohl durch das Abfall- als auch durch das Düngerecht (siehe Kap. 5.8.2).

Die Komposte stehen in Konkurrenz mit organischen Wirtschaftsdüngern, von denen es in Gebieten mit hohem Nutztierbestand und hohem Anteil an Energiepflanzenproduktion oft schon zu viel gibt. Es besteht weiterhin eine Konkurrenz mit Klärschlamm (entweder/oder), die jedoch von untergeordneter Relevanz ist: Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ging in den letzten Jahrzehnten bereits stark zurück. Aktuell wird es vom BMUB als politisches Ziel bezeichnet, die Klärschlammausbringung zu Düngezwecken ganz zu beenden und zukünftig Phosphor und andere Nährstoffe aus dem Klärschlamm zurück zu gewinnen.

Eine Erschließung des Absatzmarktes Landwirtschaft erfolgt in der Regel über „Vermittler“, die sich in der landwirtschaftlichen Praxis sowie den rechtlichen Untersuchungs- und Dokumentationspflichten auskennen und mit einer größeren Zahl potenzieller Abnehmer in Kontakt stehen. Dies sind vor allem:

- landwirtschaftliche Maschinenringe
- landwirtschaftliche Lohnunternehmen

Diese Vermittler treten mitunter auch als Bieter in Ausschreibungsverfahren für die Kompostvermarktung auf.

### 5.3.2 Einsatzbereich Erdenwerke

Im Westen und Nordwesten Niedersachsens gibt es große Torfabbaugelände und damit eine Vielzahl von Erdenwerken, die – traditionell auf Grundlage von Torf – Erdengemische für den gewerblichen und privaten Bereich produzieren. Da die Torfvorräte bestehender Abbaugelände endlich und neue Abbaugenehmigungen aus Naturschutzgründen zunehmend schwerer zu erlangen sind, wenden sich viele Erzeuger alternativen Einsatzstoffen wie Komposten zu, ein Prozess, der von Seiten der Umwelt- und Naturschutzbehörden stark gefördert wird.

Die Erdenwerke sehen den Kompost primär als Massekomponente, Strukturmaterial und Humusträger. Sein Düngewert ist von eher geringer Bedeutung, Komposte mit geringem Nährstoffgehalt werden bevorzugt. Preise werden in der Regel volumenbezogen verhandelt.

Voraussetzungen für den Einsatz von Kompost in Erdenwerken sind ein hoher Rottegrad (feines, geruchsarmes Material) und geringe Fremdstoffgehalte, vor allem an Glassplittern und sichtbaren Folieneinrückständen.

Wie sich im Zuge einer von ATUS durchgeführten Markterkundung zeigte, werden Komposte fast ausschließlich zur Produktion von Blumenerden u. ä., das heißt von Produkten für den Privatverbraucher sowie von Einfacherden für den Landschaftsbau eingesetzt. Für die „Profi-Segmente“ - gewerblicher Gartenbau, Spargelbau und ähnlich – bedarf es einer definiert konstanten Qualität, die nach Ansicht der befragten Erdenwerksbetreiber mit Kompostanteilen nicht zu gewährleisten ist (zu starke Schwankungen in der Zusammensetzung).

Viele Erdenwerke beschränken sich wegen des Störstoffrisikos auf den Einsatz von Grünabfallkomposten. Manche betreiben – zur Gewährleistung der gewünschten Qualität – eigene Kompostierungsanlagen. Wenn jedoch Kompost eingesetzt wird, geschieht dies meist in Größenordnungen von 1.000 bis weit über 10.000 t pro Jahr. Derzeit zeigt es sich, dass die Torfwerke weniger Torf abbauen dürfen und daher auch Bioabfallkomposten offener gegenüberstehen.

Das Erdengeschäft ist stark saisongebunden, Erden-Komponenten werden daher vor allem in der Zeit von Januar bis April/Mai benötigt.

### 5.3.3 Einsatzbereich Gartenbau

Gartenbaubetriebe bewirtschaften in der Regel eine erheblich kleinere Fläche als Landwirtschaftsbetriebe, im Mittel Niedersachsens sind es etwa 7 ha je Betrieb.

Die abfallrechtlichen Reglementierungen, insbesondere die Bioabfallverordnung gelten auch für diesen Bereich, ebenso das Düngerecht.

Aufgrund der eher geringen Betriebsgrößen wäre eine Direktvermarktung in diesem Bereich mit hohem Aufwand verbunden. Ein Teil des Bedarfs wird sicher über den regionalen Erdenhandel gedeckt (dieser bietet z. B. Spezialerden und -zusätze für die Spargelproduktion an). Es ist daher sinnvoll, auch in diesem Segment auf „Multiplikatoren“ wie landwirtschaftliche Lohnunternehmen u. ä. zu setzen.

### 5.3.4 Einsatzbereich Hobbygartenbau

Die Abgabe an private Nutzer wird von vielen kommunalen Kompostproduzenten praktiziert. Sie setzt eine gute Kompostqualität (kaum Fremdstoffe wie Folienschnipsel oder Glasscherben) und intensive Öffentlichkeitsarbeit voraus. Siedlungsgebiete mit größeren Gartenflächen sowie gut erreichbare Verkaufsstellen verbessern die Absatzmöglichkeiten. Der Aufwand für den Verkauf ist jedoch im Vergleich zu den gewerblichen Einsatzbereichen hoch und der auf diesem Weg absetzbare Anteil der Gesamtproduktion eher gering.

Gleichwohl ist u. E. die Abgabe von Kompost an private Nutzer, die durch ihre Abfalltrennung zur Erzeugung dieses Produkts beigetragen haben, unverzichtbarer Bestandteil eines Vermarktungskonzepts, nicht zuletzt zur Sensibilisierung und Verankerung des Kreislaufgedankens in der Bevölkerung.

### 5.3.5 Einsatzbereich Landschaftsbau / Rekultivierung

Der Einsatz von Kompost in Landschaftsbau und Rekultivierung stellt den geringwertigsten der verschiedenen Einsatzbereiche dar, da die wertgebenden Inhaltstoffe kaum genutzt werden. Er steht in diesem Anwendungsfeld auf einer Stufe mit z. B. humushaltigem Bodenaushub (Mutterboden). Zugleich erfordert sein Einsatz als Substratkomponente eine hohe Rottestufe, d. h. eine lange Produktionsdauer. Der Absatz an gewerbliche Landschaftsbauunternehmen ist kampagnenabhängig und daher schwer planbar und nicht verlässlich.

Sofern aber genug Lagermöglichkeiten bestehen, stellt die Anmischung und der Verkauf einfacher Substrate für den Landschaftsbau eine – andere Absatzwege ergänzende - Möglichkeit dar, mit dem Kompost Erträge zu erwirtschaften.

## 5.4 Erfolgsfaktoren für einen Biomassehof

Es liegt auf der Hand, dass ein Biomassehof wettbewerbsfähige Produkte bzw. Dienstleistungen anbieten muss. Dies bezieht sich nicht nur auf den Preis, sondern auch auf die Qualität. Die nachfolgenden Aussagen basieren u. A. auf eine Projektarbeit der TU München, bei der die Erfolgsfaktoren von Biomassehöfen ermittelt wurden<sup>74</sup>. Hierzu wurden Betreiber von Biomassehöfen befragt.

**Lage und Infrastruktur des Hofes:** Dies ist wichtig in Bezug auf die Versorgung mit Biomassen, aber auch in Bezug auf die Erreichbarkeit für die Kunden. Ein Biomassehof kann zudem dazu dienen, die Wertschöpfung von aus der Biomasse gewonnenen Produkten im Landkreis zu belassen, was nicht nur in einer strukturellen Stärkung der Region, sondern auch in einer erhöhten Akzeptanz und einem regionalen Wertebewusstsein unter der Bevölkerung mündet.

**Preise der Produkte und Dienstleistungen:** Für Biomassehöfe ergeben sich hauptsächlich drei Gruppen von Abnehmern:

- Energieversorger / sonstige Gewerbebetriebe
- Öffentliche Einrichtungen
- Private Haushalte

Es liegt auf der Hand, dass die Preise für die Produkte und Dienstleistungen wettbewerbsfähig sein müssen. Dabei haben die beiden Gruppen Energieversorger / sonstige Gewerbebetriebe und öffentliche Einrichtungen eine hohe Preissensitivität. Aufgrund der großen Abnahmemenge sowie des hohen Spardrucks öffentlicher Einrichtungen haben bereits kleine Preisunterschiede eine große Hebelwirkung auf die beschaffte Menge und die absolute gezahlte Summe. Bei privaten Haushalten hingegen haben neben dem Preis auch die Nachhaltigkeit und die Nutzung regionaler Ressourcen einen hohen Stellenwert bei der Kaufentscheidung. Beim Preisniveau ist zudem auf die Konkurrenzfähigkeit zu Öl/Gas zu achten.

Höhere Preise für Produkte können über weitergehende Dienstleistungen durchgesetzt werden (z. B. Anlieferung des Materials bis zur Einbringung in die Lagerräume der Kunden), ebenso gibt es Kunden, die für das Merkmale „nachhaltiges Produkt“ oder „regionales Produkt“ höhere Preise zahlen. Wichtige Einflussfaktoren auf die Kosten der erzeugten (Energie)-produkte sind:

- Art und Größe der technischen Anlagen des Biomassehofs
- Personelle Ausstattung des Biomassehofs

---

<sup>74</sup> Möhring, Schoeller (2012): „Untersuchung der Erfolgsfaktoren von Biomassehöfen und Entwicklung einer Strategie zur Errichtung eines Biomassehofs“. Lehrstuhl für Entrepreneurial Finance, TUM School of Management: München.

- Höhe der eingeworbenen Fördermittel (z. B. gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz, aber auch investive Förderungen aus z. B. Landesmitteln)
- Kosten für die Beschaffung der eingesetzten Biomassen (oder auch Erlöse aus der Entsorgung bestimmter Biomassen wie z. B. kommunale Bioabfälle)

**Qualität der Produkte und Dienstleistungen (z. B. Normbrennstoffe mit definierter Qualität):** Die verschiedenen Produkte eines Biomassehofes unterliegen teilweise Zertifizierungen mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen. Je nach Zertifizierung gibt es verschiedene Anforderungen, die in DIN-Normen oder anderen Zertifizierungsvorschriften definiert sind und die jeweiligen Eigenschaften festlegen. Zum Beispiel können Hackschnitzel nach prCEN/TS 14961 oder Briketts nach DIN 5173140 zertifiziert werden. Durch die Zertifizierung wird eine gleichbleibende Qualität sichergestellt. So können die Qualitätsbedürfnisse von Feuerungsanlagen eingehalten werden.

**Logistik:** Transportintensive Produkte wie Komposte oder Pellets werden nicht unbedingt von den Kunden abgeholt, sondern müssen meistens gebracht werden. Ein aus Kundensicht ungünstiger Standort kann zumindest teilweise kompensiert werden, wenn die vom Biomassehof organisierte Logistik die Bedürfnisse der Kunden erfüllt. Somit ist die Logistik des Biomassehofs ein wichtiger Faktor.

Der Biomassehof Allgäu bietet z. B. eine Energiemittelfahrzentrale an, bei der Pellets mit einer Tour zu mehreren Kunden geliefert werden. Preise und Termine werden unmittelbar mitgeteilt. Je kürzer bei einer Tour die Entfernung zum vorher belieferten Kunden ist, desto niedriger ist der Pelletpreis.

Anderes Beispiel: Der Biomassehof Achenal bietet kostenlos PKW-Anhänger für den Transport der gekauften Produkte an (siehe Foto).<sup>75</sup>



**Marketing:** Die angebotenen Produkte und Dienstleistungen müssen beworben und verkauft werden, dies geht nicht ohne Marketing. Einige Marketinginstrumente wie Preisgestaltung, Produkt- und Dienstleistungsqualität sowie Logistik sind bereits angesprochen worden. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, die verschiedenen Ansatzpunkte für gelungenes Marketing zu erörtern. Generell sollten die Argumente für die Nutzung von erneuerbaren Energien und für die Förderung regionaler Struktu-

<sup>75</sup> Biomassehof Achenal GmbH & Co. KG: „Spartensegmente“. Zugriff über: <https://www.biomassehof-achental.de/produkte-leistungen/spartensegmente/>

ren benannt werden (am Beispiel Grillkohle: nach einer Untersuchung des WWF und des Thünen-Instituts<sup>76</sup> fand sich in der Hälfte der untersuchten Grillkohlen Holz aus subtropischen und tropischen Regionen, hier könnte der Biomassehof den Vorteil einer regional erzeugten Grillkohle thematisieren).

Wichtig ist auch der Aufbau eines positiven Unternehmensimages. Dies kann erreicht werden

- durch transparente Unternehmensprozesse
- Informationen zur Nachhaltigkeit
- Übernahme von gesellschaftlicher Verantwortung in Form von Spenden – z. B. an Umweltverbänden
- fairer Umgang mit Kunden und Mitarbeitern

Damit wird das Vertrauen in das Unternehmen und somit auch das Vertrauen in dessen Produkte gestärkt.

Es ist auch hilfreich, die Kunden über die Anwendungsmöglichkeiten der angebotenen Produkte zu beraten. Will man z. B. hochwertige Komposte und sonstige Bodenverbesserungsmittel vermarkten, kann ein Showgarten unmittelbar die Qualität dieser Produkte zeigen (z. B. durch „anfassbare“ Qualität des Bodenkrume oder durch einen hohen Besatz an Regenwürmern).

**Verankerung in der Gesellschaft und bei den politischen Entscheidungsträgern:** Beteiligungsmodelle wie Energiegenossenschaften können die Akzeptanz des Biomassehofs steigern. Dies gilt sinngemäß auch, wenn verschiedene Akteure aus dem privaten oder öffentlichen Bereich eine Kooperation eingehen.

**Regionales Netzwerk mit Lieferanten und Kunden:** Dies dient nicht nur zur langfristigen Biomasseversorgung, sondern auch zur Sicherung eines Kundenkreises, der die Grundauslastung gewährleisten kann. Dabei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der Biomassehof im Wettbewerb zu anderen Verwertern im Wettbewerb stehen kann. Ebenfalls Bestandteil eines regionalen Netzwerks können strategische Partner aus verschiedenen Fachbereichen sein (z. B. Baumärkte als Verkaufsstellen, Heizungsfirmen zur Umsetzung von Contracting-Angeboten, Logistik-Unternehmen zur Beschaffung der Biomassen wie auch zur Verteilung der Produkte).

**Ausreichende Liquidität:** nachfragearme Zeiten (z. B. außerhalb der Heizperiode) oder Engpässe in der Beschaffung von Biomassen müssen überdeckt werden können. Wenn über die Sommermonate der

---

<sup>76</sup> KUBATTA-Große (2020): „Fast die Hälfte aller Grillkohlen enthalten Tropenholz“. Artikel vom 20.11.2020. Zugriff über <https://www.forst-praxis.de/fast-die-haelfte-der-grillkohle-enthaelt-tropenholz/>

Lagerbestand an Holzbrennstoffen aufgefüllt wird, um über die Wintermonate eine ausreichende Versorgung gewährleisten zu können, muss dies entsprechend vorfinanziert werden. Bei Genossenschaften kann dies über die Einlagen der Genossen geregelt werden (z. B. verfügt der Biomassehof Allgäu z. B. über ein Darlehen, welches er von einem Genossenschaftsmitglied zur Verfügung gestellt bekommt).<sup>77</sup>

**Technik und Betriebsführung:** Die vom Biomassehof eingesetzte Technik zur Aufbereitung und Verwertung der Biomassen muss möglichst störungsarm und für die eingesetzten Produkte geeignet sein. Dies gilt verstärkt, wenn z. B. eine garantierte Wärmelieferung angeboten wird; dann muss bei Störungen z. B. durch Spitzenlastkessel oder andere Vorkehrungen die Wärmelieferung fortgeführt werden können. Nachfolgend werden Anmerkungen zu den einzelnen Stufen des Gesamtprozesses gemacht:<sup>78</sup>

- Mobilisierung der Biomassen: hier ist bereits auf eine Sortierung der Qualitäten des Ausgangsmaterials zu achten, um später die Brennstoffe leichter nach Normen trennbar zu halten. Entsprechend werden verschiedene Fahrzeuge benötigt.
- Lagerung: dabei kann zwischen der Ganzholzlagerung oder der Brennstofflagerung unterschieden werden; hier gibt es jeweils unterschiedliche Techniken (Poltern, Hallen, Mieten). Die Lagermöglichkeiten müssen so ausreichend dimensioniert werden, dass stets genügend Material für den Verkauf bzw. für die eigene energetische Verwertung vorhanden ist. Weil Biomassen eine erhebliche Brandlast bilden können, sind entsprechende Maßnahmen zur Branderkennung und -bekämpfung vorzusehen.
- Zerkleinerung: in diesem Schritt ist die Güte der verwendeten Maschinen entscheidend, da nur mit hochwertigen Hackern auch eine hohe Brennstoffqualität erreicht werden kann.
- Siebung: damit kann auch nach der Zerkleinerung noch zwischen diversen Qualitätsstufen getrennt werden.
- Trocknung: Während die Biomassen, die zur Vergärung eingesetzt werden sollen, direkt nach einer etwaigen mechanischen Aufbereitung in die Anlagentechnik eingebracht werden können, müssen Brennstoffe zur Vermeidung von Schimmelbildung und Biomasseverlust für die Lagerung trocken sein (maximal 30 % Wassergehalt). Meist wird dafür eine technische Trocknung benötigt, da die Lufttrocknung keine garantierten Wassergehalte liefert und mehrere Monate dauern kann. Wegen der Komplexität des Trocknungsvorgangs gibt es zahlreiche un-

---

<sup>77</sup> Möhring, Schoeller (2012): „Untersuchung der Erfolgsfaktoren von Biomassehöfen und Entwicklung einer Strategie zur Errichtung eines Biomassehofs“. Lehrstuhl für Entrepreneurial Finance, TUM School of Management: München.

<sup>78</sup> Schauburger et al (2013): „Optimierung regionaler Kreisläufe zur Bereitstellung biogener Brennstoffe für Energieerzeugungsanlagen am Beispiel Biomassehof Achental“. Biomassehof Achental GmbH & Co. KG, agnion Operating GmbH & Co. KG und agnion energy GmbH: Grassau, Pfaffenhofen, Graz.

terschiedliche Verfahren: unter anderem Container-, Hallen-, Mieten-, Dom- und Trommel-trocknung. Diese Varianten kommen abhängig von der Logistik und den Anforderungen an Qualität und Wirtschaftlichkeit zum Einsatz.

- Verwertung: Biogasanlagen wie auch Anlagen zur Holzverbrennung müssen in ihren Betriebsparametern so betrieben werden, dass hohe Energieausbeuten, eine geringe Störungsanfälligkeit und gute Produktqualitäten erzielt werden.

## 5.5 Betreibermodelle

Ein Biomassehof kann von Privatpersonen, privaten Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen, Vereinen und Genossenschaften oder von Kooperationen der genannten Träger betrieben werden. Aus der Sicht des Landkreises Lüchow-Dannenberg bietet es sich an, einen Biomassehof nicht selbst zu betreiben, sondern hierzu Dritte z. B. in einer Betreiber- oder Projektgesellschaft einzubinden, wobei zahlreiche Varianten und Mischformen denkbar sind. Es wäre auch denkbar, eine bereits bestehende Verwertungsanlagen zu erweitern (z. B. landwirtschaftliche Trockenfermentationsanlagen, die absehbar aus der Förderung herausfallen). Die dann geltenden Anforderungen des Abfallrechts wären dabei zu beachten.

Partner können z. B. Unternehmen sein, die Zugriff auf Biomassen haben oder auf Verwertungswege haben (wie z. B. ein Maschinenring). Ebenso kommen Energieversorger in Frage, die z. B. ein Nahwärmenetz betreiben wollen.

Bei der Entscheidung für ein Betreibermodell sind verschiedene Fragen zu diskutieren:

- Wer steuert das erforderliche technische, wirtschaftliche und juristische know how bei?
- Wie werden die personellen Voraussetzungen geschaffen?
- Wer übernimmt die Finanzierung, wer trägt das finanzielle Risiko und übernimmt die Haftung?
- Wer ist die treibende Kraft, um das Vorhaben auch gegen Widerstände umzusetzen?
- Ist eine strategische Einbindung von Biomasselieferanten oder Wärmeabnehmern sinnvoll, um eine sichere Versorgung mit Biomasse sowie die langfristige Wärmeabnahme zu gewährleisten?
- Sollen auch Bürger eingebunden werden, um die Akzeptanz für die geplante Biomassehof erhöhen.

Für den Betrieb von Biomassehöfen können unterschiedliche Rechtsformen gewählt werden.

- Eigenbetrieb durch den Landkreis oder die Kommune
- Personengesellschaften (z. B. Gesellschaft bürgerlichen Rechts GbR),
- Kommanditgesellschaft (KG),

- Kapitalgesellschaften (z. B. Gesellschaft mit beschränkter Haftung, GmbH)
- Mischformen (z. B. GmbH & Co. KG)
- (Energie-)Genossenschaften

Häufig verbinden sich Biomasseerzeuger (z. B. Forstverbände und/oder holzverarbeitende Unternehmen), teilweise schließen diese sich mit teils mit den Kommunen oder des Landkreises zusammen.

Während die Kommunen bzw. der Kreis z. B. die Grünabfallsammelplätze stellen und ggf. die Verwaltung des Biomassehofs übernehmen, werden die operativen Aufgaben von den Forstverbänden, der Landwirtschaft oder den holzverarbeitenden Unternehmen durchgeführt.

Sofern Privatunternehmen auf eigene Rechnung einen Biomassehof betreiben und die Biomassen selbst beschaffen, gibt es keine kommunal- oder vergaberechtlichen Aspekte zu betrachten. Das Vergaberecht kommt dann zum Tragen, wenn Biomassen verwertet werden, für die die öffentliche Hand zuständig ist. Dann ist eine Dienstleistungsauftrag (oder ggf. eine Dienstleistungskonzession) öffentlich auszuschreiben (analog zur 2020 erfolgten EU-weiten Ausschreibung für die Entsorgung der Grünabfälle).

### 5.5.1 Öffentlich-Private Partnerschaften (ÖPP)

Wenn der Landkreis mit einem privaten Unternehmen eine gemeinsame Gesellschaft gründen will, sind u. A. vergaberechtliche Regelungen zu beachten:

Sogenannte gemischt-wirtschaftliche Gesellschaften – oder auch Öffentlich-Private Partnerschaft (ÖPP) oder auch Public-Private-Partnership (PPP) genannt - sind in der Abfallwirtschaft nicht selten. Dabei handelt es sich um eine rechtlich geregelte Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Auftraggebern und Unternehmen aus der Privatwirtschaft. Die Beweggründe für ein Zusammengehen von öffentlichen Auftraggebern und privaten Unternehmen liegen häufig in der Erwartung, dass die Effizienz und die Professionalität eines privatwirtschaftlich organisierten Unternehmens mit der Möglichkeit einer Kontrolle durch die Öffentliche Hand zusammengehen. Der öffentliche Auftraggeber ist dabei eher als bei einer bloßen Drittbeauftragung in der Lage, gemeinsam mit dem privaten Partner flexibel auf neue Anforderungen zu reagieren.

Ziel der ÖPP kann die Finanzierung, der Bau, die Renovierung, die wirtschaftliche Nutzung einer Infrastruktureinrichtung oder die Erbringung einer Dienstleistung sein. Solche ÖPP werden üblicherweise in der Konstellation 49 % privater Gesellschafter und 51 % öffentlicher Gesellschafter betrieben.

Die Aufnahme privater Mitgesellschafter in eine zu gründende gemeinsame Gesellschaft mit einer privaten Beteiligung von z. B. 49 % stellt einen ausschreibungspflichtigen Vorgang dar, sofern die Gesellschaftsgründung mit der Vergabe eines „Auftragspakets“ an die gemeinsame Gesellschaft verknüpft wird, was bei der hier vorliegenden Fragestellung ja der Fall wäre. Eine spätere freihändige Beauftragung einer solchen gemeinsamen Gesellschaft – separat vom Auftragspaket bei Gesellschaftsgründung

– ist grundsätzlich vergaberechtlich unzulässig. Der öffentliche Auftraggeber muss die den Mitgesellschafter und die von der ÖPP zu erbringenden Leistungen ausschreiben und den Vertragspartner im Wettbewerb auswählen.

Somit wäre es nicht zulässig, wenn der Landkreis Lüchow-Dannenberg ohne Ausschreibung gemeinsam mit einem der privatwirtschaftlich agierenden Akteure im Bereich der Biomassenutzung ein gemeinsames Unternehmen gründet und dieses Unternehmen mit der Verwertung von Biomassen des Landkreises beauftragt. Üblicherweise erfolgen ÖPP-Ausschreibungen als Verhandlungsverfahren mit vorgeschalteten Teilnahmewettbewerb gemäß § 17 Vergabeverordnung (VgV), aber auch ein wettbewerblicher Dialog gemäß § 18 VgV kann angewendet werden. Das Verhandlungsverfahren hat folgenden Ablauf:

1. Teilnahmewettbewerb: Nach der öffentlichen Bekanntmachung des Projektes können sich die interessierten Unternehmen um die Teilnahme am Vergabeverfahren zu bewerben. Sie müssen hierzu in einem ersten ihre Eignung, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit nachweisen und ihre Vorgehensweise zur Umsetzung eines solchen Projektes erläutern.
2. Angebotsphase: Aus dem Kreis der Bewerber werden diejenigen zur Abgabe eines Angebots aufgefordert, die anhand der vorgelegten Unterlagen für die Durchführung des Projektes am besten geeignet erscheinen. Die von den Bietern ausgearbeiteten Angebote werden von der Vergabestelle ausgewertet.
3. Verhandlungsphase: Die Bieter mit den besten Angeboten werden zu Vertragsverhandlungen eingeladen. Die Bieter und der Auftraggeber können Verhandlungspunkte vorschlagen, die in diesem Rahmen erörtert werden. Am Ende der Verhandlungsphase werden die bevorzugten Bieter zur Abgabe ihrer optimierten Angebote aufgefordert (sog. endgültige Angebote). Diese werden wiederum vom Auftraggeber ausgewertet.
4. Der Zuschlag erfolgt dann auf das wirtschaftlichste Angebot. Die Zuschlagskriterien müssen dabei vorher bekannt gemacht werden (entweder in der Bekanntmachung oder in den Vergabeunterlagen).

### 5.5.2 Beispiele für unterschiedliche Trägermodelle

Der Biomassehof Allgäu eG in **Kempton** wird vom Zweckverband für Abfallwirtschaft in Kempton sowie von Sägewerken, Forstbetrieben, Logistik- und Hackunternehmen betrieben. Der Biomassehof bezieht fast ausschließlich PEFC-zertifiziertes Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie Altholz von den Wertstoffhöfen, welche als Hackschnitzel für ein Holzheizkraftwerk eingesetzt werden. Darüber hinaus dient das Holz im Winter zur Unterstützung des Müllheizkraftwerks in Kempton. Auf dem Gelände des Biomassehofs befinden sich Großanlagen zur Lagerung und technischen Trocknung der Hackschnitzel, ein Pelletwerk zur Absackung der Pellets sowie eine moderne Pyrolyseanlage zur Herstellung von Pflanzenkohle. Darüber hinaus werden Produkte wie Rindenmulch, Holanzünder und Massivholzhausbauteile vermarktet.

Im **Kreis Hörter** wird der Biomassehof Hörter-Warburg e.V. in Borlinghausen vom dortigen Maschinenring betrieben. Normierte und zertifizierte Qualitätshackschnitzel für die Energieerzeugung, als Garten- und Landschaftsgestaltungsmaterial sowie für das energetische Bauen mit naturbelassenen Rohstoffen stehen im Portfolio. Zusätzlich werden weitere Produkte wie Rindenmulch, Feinkompost, Einstreu, Brennholz, Pellets und Briketts vermarktet. Dabei werden alle Brennstoffe angelehnt an die Qualitätshackschnitzel Norm DIN EN ISO 17225-4 hergestellt. Zur Qualitätseinhaltung werden alle Produkte abgeseibt und weitestgehend von Feinmaterial und Überlängen befreit. Der Nahwärmeverbund Brakel betreibt seit 2004 ein Hackschnitzelwerk, welches mehrere Schulen und öffentliche Gebäude mit Wärme aus nachhaltiger Biomasse versorgt.

Der **Biomassehof Bergisches Land** wird vom Trägerverein Bergischen Energiekompetenzzentrum e.V. betrieben. Diesem gehören u.a. folgende Mitglieder an, wie dem Oberbergischen Kreis und dem Rheinisch-Badischen-Kreis und dessen gemeinsam gegründeten Bergischen Abfallwirtschaftsverband, die Stadt Leverkusen und dem Landesbetrieb Wald und Holz NRW. Das Bergische Energiekompetenzzentrum ist im Rahmen des Projekts *:metabolon* im Jahr 2010 entwickelt worden. Das Projekt *:metabolon* entstand im Rahmen der Regionale 2010, einem Strukturförderprogramm des Landes NRW. Der Zukunftsstandort integriert zum einen vorhandene Kompetenzen, entwickelt sie weiter und setzt sie neu in Szene.

Im **Werra-Meißner-Kreis** werden Grüngutplätze durch die jeweiligen Kommunen betrieben. Die Koordination der Aufbereitung und Verwertung erfolgt durch den Zweckverband Abfallwirtschaft Werra-Meißner-Kreis. Bioabfall der Biotonne sowie krautiger Grünabfall werden in einer Vergärungsanlage energetisch und stofflich verwertet. Holziger Grünabfall sowie holziges Landschaftspflegematerial werden zu Hackschnitzel und Schreddergut verarbeitet. Die erzeugten Hackschnitzel werden zur Beheizung von Schulzentren verwendet; Schreddergut wird in Heizzentralen für das Nahwärmenetz eingesetzt (Modellvorhaben Energetische Quartierssanierung KfW 432). Die gewonnenen Feinanteile werden einer dezentralen Kompostierung zugeführt. Die Kompostverwertung erfolgt überwiegend in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer v. a. im Ökolandbau.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass sich Landkreise als gleichberechtigte Gesellschafter für den Betrieb von Biomassehöfen zusammenschließen, wie z. B. dem **Main-Taunus-Kreis und der Hochtaunuskreis**, welche als gleichberechtigte Gesellschafter der Rhein-Main Deponie GmbH (RMD) den Biomassehof Grävenwiesbach betreiben. Die RMD hält mit 75,02 % die Mehrheit an ihrer Tochtergesellschaft MTR Main-Taunus-Recycling GmbH. Die Städte Flörsheim und Hochheim sind mit jeweils 14,99 % beziehungsweise 9,99 % an der MTR beteiligt. Darüber hinaus gehören der RMD 25 % der Geschäftsanteile der SAVAG Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH. Am Biomassehof werden bis zu 14.500 t/a Grünabfälle angenommen, welche vor Ort zerkleinert und gesiebt werden. Die Verwertung der Grobfraction erfolgt im Biomassekraftwerk Wicker. Die Weiterbehandlung der Feinfraction indes ist Aufgabe der Kilb Entsorgung GmbH. Das Unternehmen stellt daraus in den Kompostierungsanlagen Weilbach oder Kelkheim Kompostmaterial her, das der regionalen Landwirtschaft als organischer Dünger dient. Der Dünger ist zertifiziert und unterliegt regelmäßigen Güteüberwachungen durch die Bundesgütegemeinschaft Kompost.

Eingebettet zwischen Chiemsee und Chiemgauer Alpen liegt das Tal der Tiroler Achen. Der Biomassehof **Achental** der Achental Betriebs- und Entwicklungs-GmbH & Co. KG in Grassau verfügt über vier Burkhardt-Holzvergaser und zwei BHKWs mit einer Leistung von 730 kWel und 1.150 kWth betrieben. Das entspricht in etwa dem Strombedarf von ca. 3.300 Haushalten und dem Wärmebedarf von ca. 460 Haushalten. Die Finanzierung der erforderlichen Investitionen übernahmen private Investoren und Banken. Das Sortiment umfasst Holzpellets (lose und Sackware), Hackschnitzel, Holzbriketts, Scheitholz, Anzünder und Pferdeboxeneinstreu aus Weichholz. Darüber hinaus werden Beratungs- und Dienstleistungen im Bereich Wärme Contracting inkl. Planung und Installation von Heizungsanlagen, Wartung und Finanzierung sowie Brennstoff-Lieferverträgen mit Langzeit-Preisgarantie und Logistik der Brennstoff-Transporte angeboten.

Der Biomassehof Waldhessen in **Bebra** wurde 2004 von Andreas Richter und Georg Reuss als Richter und Reuss GbR gegründet. Der Biomassehof steht in Kooperation mit den Werraland Werkstätten in Eschwege und arbeitet mit den soz. Förderstätten in Bebra zusammen. Ihr Sortiment umfasst Hartholzbriketts, Rindenbriketts, Holzpellets (Sackware) und Anzünder. Als zweites Standbein im Sortiment hat sich der Bereich Holz im Garten entwickelt. So werden Rindenmulch lose in verschiedenen Körnungen und Hackschnitzel zum Mulchen, aber auch Konstruktionsholz, Terrassendielen sowie Bretter in Lärche und Douglasie vertrieben.

Die Biomassehof **Everswinkel** Heitmann GbR wird seit 2005 von der Familie Heitmann betrieben. Der Biomassehof umfasst eine Biogasanlage sowie die Produktion von Hackschnitzel und Kaminholz. Die Biogasanlage wird mit den im eigenen Ackerbau produzierten Pflanzen und dem Mist und der Gülle aus der Tierhaltung gefüttert. Über ein BHKW werden Strom und Wärme erzeugt. Dabei wird die anfallende Abwärme zum Trocknen der Hackschnitzel und des Kaminholzes verwendet.

## 5.6 Bestimmung der möglichen Sammel-Verwertungspunkte

Die räumliche Lage eines Biomassehofs kann sich einerseits nach der Herkunft der zu verwertenden Biomassen richten, andererseits nach dem Absatz der erzeugten Produkte. Weiterhin sind neben der Frage der Logistik für die Inputmaterialien bzw. für die erzeugten Produkte auch standortbezogene Fragen in die Überlegungen einzubeziehen (Belange der Raumordnung, des Genehmigungsrechtes wie auch ggf. Vorbehalte der betroffenen Nachbarschaft). Ein weiterer Aspekt kann eine bereits vorhandene Betriebsstätte des künftigen Betreibers sein, der vielleicht Synergien zu seinen sonstigen betrieblichen Aktivitäten nutzen will und daher möglichst in der Nähe seiner Betriebsstätte bleiben möchte.

### 5.6.1 Kriterium Herkunft der Biomassen

Große Einzugsbereiche sind bei transportkostensensiblen Rohstoffen wie Landschaftspflegematerial problematisch. Weiterhin ist darauf zu achten, dass es möglichst zu keinen regionalen Konkurrenzen der Verwerter kommt, die sich gegenseitig die Biomassen streitig machen können.

Wenn die Herkunft der **Grünabfälle** betrachtet wird, sind die drei anlieferstärksten Standorte für die Grünabfallsammlung Hitzacker (Seerau), Lüchow und Wustrow mit 37 %, 16 % und 15 % Anteil an der Gesamtmenge. Im Anhang sind die Biomassepotenziale noch einmal in Form einer georeferenzierten Karte von Lüchow-Dannenberg dargestellt.

Für die Abfälle aus der **Biotonne** sind die drei anzuschließenden Städte Lüchow, Dannenberg und Hitzacker die Anfallgebiete. Wenn die Sammlung wie bei Restabfall durch den Betrieb Abfallwirtschaft durchgeführt werden würde, wäre ein Anlagenstandort in der Nähe von Lüchow in logistischer Hinsicht günstig gelegen, weil sich der Betrieb Abfallwirtschaft in Lüchow befindet und zudem in Lüchow und dem relativ nahe gelegenen Seerau bereits die Hälfte der Grünabfälle angeliefert werden.

### 5.6.2 Kriterium Abnahme der erzeugten festen oder flüssigen Produkte

Produkte wie Komposte, Gärreste, Hackschnitzel oder Biokohle können zumindest über eine gewisse Entfernung transportiert werden, sie sind weniger transportpreissensibel wie die Eingangsprodukte, weil sie durch die Aufbereitung an Volumen und Masse verloren haben.

Der Absatz von Bodenverbesserungsmittel wie Gärreste oder Komposte innerhalb der Landwirtschaft wäre vor allem für die ackerbaulich genutzten Gebiete interessant. Diese konzentrieren sich überwiegend auf die zentralen Bereiche der Geestniederungen im Landkreis und erstreckt sich hier von Dannenberg aus über Lüchow bis in den Süden des Landkreises.<sup>79</sup>

### 5.6.3 Kriterium Abnahme der erzeugten Energien

Die Einspeisung von elektrischem Strom (sofern keine Abgabe an konkrete Verbraucher projiziert wird) ist an vielen Punkten im Landkreis möglich (in Abhängigkeit von den Ergebnissen von Netzverträglichkeitsprüfungen der Stromnetzbetreiber). Angesichts sinkender Einspeisevergütungen dürfte jedoch der Direktvertrieb an benachbarte Verbraucher vorteilhaft sein.

Die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das Erdgasnetz dürften sich schon deutlich weniger geeignete Einspeisepunkte finden, aber es besteht keine direkte räumliche Abhängigkeit von den Erdgasverbrauchern. Hierzu ist ein Einspeisungsantrag beim zuständigen Gasnetzbetreiber (Avacon oder EVE Netz GmbH) zu schließen. Vorher ist eine Netzverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Die externe Verwertung von Wärme (oder auch von Kälte) kann dagegen nur dort erfolgen, wo sich in ausreichender Nähe geeignete Abnehmer befinden. Aufgrund der Siedlungsstruktur des Landkreises mit 94 % Ein- und Zweifamilienhäusern bieten sich für die Nutzung von Raumwärme für Wohnzwecke

---

<sup>79</sup> „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“ Fachbericht: „Treibhausgas-Bilanzierung und Sektoranalyse für die Landwirtschaft im Landkreis Lüchow-Dannenberg“ Auftraggeber: Landkreis Lüchow-Dannenberg, Klimaschutzleitstelle

eher die urbanen Zentren an, wo auch der Bedarf von Wärme für öffentliche Gebäude bis hin zu Schwimmbädern etc. größer ist. In der Fläche wird sich ein Wärmeverteilnetz eher nicht lohnen.

**Nahwärmenetze:** Im Landkreis Lüchow-Dannenberg werden bereits einige Nahwärmenetze betrieben:

- Seit 2010 betreibt die **EVE Energieversorgung Elbtalae GmbH**, Tochterunternehmen der Wasserverband Dannenberg-Hitzacker kAÖR, ein Hackschnitzel-BHKW am Freibad (Hiddobad) in Dannenberg. Die Wärme wird in das Nahwärmenetz eingespeist und versorgt neben dem Stadtbad selbst, mehrere Privathaushalte in den Straßen Bäckergrund, Thielenburger Weg und Am Landgraben in Danneberg sowie die Grundschule Hitzacker.
- In Gartow wird die Biogasanlage mit Einspeisung ins Fernwärmenetz von der **Biogas Gartow GmbH & Co. KG** betrieben. Auf rd. 280 ha werden von acht Landwirten aus der Region hauptsächlich Mais, aber auch Grünroggen angebaut, der neben Rinder- und Schweinegülle als Rohstoff in der Biogasanlage eingesetzt wird. Die Blockheizkraftwerke liefern 750 kW elektrische Leistung und 810 kW thermische Leistung pro Stunde. Der Eigenbedarf der Biogasanlage liegt bei 75 kW elektrisch und 150 kW thermisch. Seit 2007 werden ausgewählte Liegenschaften mit hohem Wärmeverbrauch über ein Fernwärmenetz von 3,3 km Länge mit der Überschusswärme versorgt. Hierzu gehören das Schloss Gartow, das DRK-Senioren- und Pflegeheim Gartow, die Grundschule und die Elbtalschule sowie die Wendlandtherme, welche eine Gesamtleistung von 1.500 kW thermischer Energie beanspruchen.<sup>80</sup>
- Das **Bioenergie-Modelldorf Breese in der Marsch** liegt etwa 6 km nordöstlich von Dannenberg im Landkreis Lüchow-Dannenberg. Die Bioenergieanlage Breese in der Marsch arbeitet nach dem System der Trockenfermentation im so genannten Batch-Verfahren. Die Abwärme des BHKW wird seit dem Herbst 2007 in ein Nahwärmenetz in der Ortschaft Breese (und später in dem Nachbardorf Gümse) eingespeist. Zur Abdeckung der Spitzenlast ist noch Hackschnitzel-Kessel installiert. Die Hackschnitzel werden im Sommer mit der dann nicht benötigten Abwärme aus dem BHKW getrocknet.<sup>81</sup>

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg trifft derzeit Vorbereitungen zur Prüfung des Einsatzes der biogenen Reststoffe für die Wärme- und Stromversorgung öffentlicher Liegenschaften im Rahmen sog. Energetischer Quartierskonzepte. Ein erstes Konzept für den Schulcampus Dannenberg wird im 2. Quartal 2022 abgeschlossen.

---

<sup>80</sup> Webseite des Landkreises Lüchow-Dannenberg: Rubrik Klimaschutz "Fernwärmenetz Gartow - Praktizierter Klimaschutz und Förderung regionaler Kreisläufe". Zugriff über: <https://www.luechow-dannenberg.de/home/bauen-wohnen-umwelt/klima-umwelt-und-naturschutz/klimaschutz/fernwaermenetz-gartow-praktizierter-klimaschutz-und-foerderung-regionaler-kreislaeufe-12.aspx/createcomment-1/>

<sup>81</sup> 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.: "Trockenfermentation Breese". Zugriff über: <https://www.3-n.info/themenfelder/praxisbeispiele/projektdatenbank-bioenergie/biogas/trockenfermentation-breese.html>

Für die Erstellung von energetischen Quartierskonzepten werden Fördermittel der KfW genutzt (Produkt 432). Die KfW fördert Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz von Kommunen. Auch Landkreise und andere Gemeindeverbände können Zuschüsse beantragen, um diese an ihre Kommunen weiterzuleiten. Dabei können Zuschüsse in H. v. 75 % der förderfähigen Kosten erhalten werden. Auch eine Kombination mit weiteren öffentlichen Fördermitteln ist möglich: die NBank stockt weitere 20 Prozentpunkte, max. 10.000 € für die Erstellung der energetischen Quartierskonzepte auf.

Weitere Potentiale können in der Belieferung fremdbetriebener Biogasanlagen gesehen werden. Dabei könnte der Landkreis den Anlagenbetreiber mit Biomasse beliefern, der dann im Auftrag des Landkreises diese verwertet und die erzeugte Energie in das Netz einspeist. Wichtig ist, dass die Anlage so ausgestaltet ist, dass nicht nur der erzeugte Strom, sondern auch die Wärme genutzt werden.

Wärmenetze haben zwar den Vorteil, dass sie technologieoffen sind, somit verschiedenste erneuerbare Energien und Abwärmequellen genutzt werden können. Sie sind dementsprechend nicht auf Dauer von der Bioenergie abhängig. Andererseits erfordert der Ausbau von Wärmenetzen hohe Investitionen, somit sind Wärmenetze bei sinkendem Verbrauch (wärmere Winter durch Klimawandel, bessere Wärmedämmung der Gebäude, Bevölkerungswegzug) langfristig wirtschaftlich riskanter. Zudem sind die Amortisationszeiten recht lang, was gewerbliche oder industrielle Verbraucher abschrecken kann. Weitere Hemmnisse bei Biowärmeprojekten können wirtschaftliche Gegenspieler sein, wie z. B. das Installationsgewerbe, weil es bei solchen Projekten Einzelaufträge für Heizungen verliert.

Diese Probleme sind bei kommunalen Liegenschaften weniger gegeben, da eine entsprechende politische Beschlusslage die Leitlinie für die entsprechenden Entscheidungen vorgeben kann. Neben kommunalen Liegenschaften sind eher lokale Abnehmer von Wärme oder Kälte interessant, dazu gehören z. B. Betriebe im Bereich der Erzeugung von Nahrungs- und Genussmitteln, zur Herstellung von chemischen Produkten oder Trocknungsanlagen für Holz, Getreide, Kräuter etc. oder Gewächshäuser.

Hierzu wurden einige Lebensmittel bzw. Holz verarbeitende Betriebe im Landkreis Lüchow-Dannenberg angefragt; jedoch konnte kein konkreter Bedarf identifiziert werden, weil diese Betriebe bereits ihren Wärmebedarf über regenerative Energien decken (Biogasanlagen sowie Hackschnitzelfeuerungen).

Auch Möglichkeiten einer räumlich mobilen Nutzung erzeugter Energie soll hier kurz angesprochen werden: eine Möglichkeit, Wärme mittels Tanks (sogenannte Latentwärmespeicher) zu transportieren, setzt der Zweckverband Abfallwirtschaft Region Hannover um.



**Abbildung 14: Latentwärmespeicher**

Die Fotos zeigen sogenannte Latentwärmespeicher, die am BHKW am Deponiestandort Hannover-Lahe mit Wärme „beladen“ werden (Foto rechts), dann per Elektro-LKW zur Schule Isernhagen (ca. 5 km entfernt) transportiert und dort „entladen“ werden. Dadurch kann die Abwärme aus dem BHKW verwertet werden, die sonst ungenutzt bliebe. Je Speicherladung wird die Energiemenge von 2.500 kWh bzw. 300 l Heizöl transportiert. Diese Lösung ist allerdings mit hohen Investitionskosten verbunden: ein Speicher kostet ca. 100.000 € netto, ein Sattelauflieger zum Transportieren ca. 20.000 € netto. Dazu kommen noch die Kosten für die Zugmaschine. Daher wird diese Lösung hier nicht weiter betrachtet.

## 5.7 Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale

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 oder Motoren.

Nachfolgend werden auf der Grundlage der zuvor erfolgten Potenzialabschätzungen die CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale ermittelt.

Dabei wird angenommen, dass auf dem Biomassehof eine Trockenfermentationsanlage mit Nachkompostierung betrieben wird. Darüber hinaus wird angenommen, dass Teile der krautigen Biomasse zu Biokohle verarbeitet und Teile der holzigen Biomasse einem Hackschnitzel-BHKW zugeführt werden.

### 5.7.1 Methodisches Vorgehen

Bei der Abfallerfassung und -entsorgung ergeben sich Treibhausgasemissionen – oder die Vermeidung von Treibhausgasemissionen – aus folgenden Vorgängen:

- A Belastung: Energieverbrauch der Transporte und der Behandlungsanlagen (Einsatz von Strom, Brennstoffen oder anderen Energieträgern)
- B Belastung: direkte Emissionen von Treibhausgasen durch die Abfallbehandlung (z. B. Methanschlupf)
- C Entlastung: Erzeugung von Energie- oder Energieträgern aus Abfall (z. B. Biogas, Strom, Wärme)
- D Entlastung vermiedener Primärmaterial Einsatz durch stoffliche Verwertung (Kompostanwendung), Energiebedarf und Emissionen der Primärmaterialbereitstellung (Torf, Mineraldünger) werden gutgeschrieben.

Für die verbrauchten Energieformen (A) gehen die mit ihrer Bereitstellung und ggf. ihrer Verbrennung verbundenen Emissionen an CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen in die Bilanz ein. Bei erzeugten Energieformen (C) wird angenommen, dass diese fossilen Energieträger bzw. Strom aus fossilen Energieträgern ersetzen. Die verwendeten Verrechnungsfaktoren sind in Kap. 5.7.3.1 dargelegt.

An direkten Emissionen (B) spielen neben CO<sub>2</sub> weitere Treibhausgase eine Rolle, in der Abfallwirtschaft vor allem Methan und Lachgas. Diese anderen Gase haben in der Regel ein wesentlich höheres Treibhauspotenzial als CO<sub>2</sub> und werden zwecks Summierung auf „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ umgerechnet. Im Folgenden wird daher generell die Einheit CO<sub>2</sub>e = CO<sub>2</sub>-Äquivalente verwendet.

Bei CO<sub>2</sub>-Emissionen wird zwischen CO<sub>2</sub> aus regenerativen und aus nicht regenerativen (fossilen) Quellen unterschieden. Da Kohlenstoff aus biogenen Materialien Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs ist, tragen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus biogenem Material nicht zur Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bei und bleiben in der Bilanz unberücksichtigt. Das betrifft zum Beispiel CO<sub>2</sub> aus der Kompostierung, aus der Biomassevergärung oder -verbrennung.

Soweit biogener Kohlenstoff als Methan emittiert wird, ist er des höheren Treibhauspotenzials wegen zu berücksichtigen; wird dieses Methan verbrannt (d. h. zu CO<sub>2</sub> oxidiert), gilt dieses wieder als biogenes CO<sub>2</sub> und fließt deshalb nicht in die Bilanz ein.

Um den Vorteil der stofflichen Verwertung (D) darstellen zu können, werden die durch das Sekundärmaterial jeweils ersetzten Primärmaterialien oder -prozesse herangezogen. Die mit deren Erzeugung/Bereitstellung/Anwendung verbundenen Energiebedarfe und Emissionen gehen somit positiv in die Bilanz ein, da sie infolge der Verwertung vermieden werden.

Viele der betrachteten Prozesse sind sowohl mit Belastungen als auch mit Entlastungen der Treibhausgasbilanz verbunden. Überwiegt die Entlastung, ergibt sich für den Prozess eine Emissions-Gutschrift.

**Emissions-Gutschriften werden im Folgenden mit negativen Werten ausgedrückt, positive Emissionswerte sind Lastschriften.**

## 5.7.2 Organikmengen und ihre voraussichtliche Behandlung

Im Folgenden sind die relevanten, d. h. in die Bilanz aufzunehmenden Abfallströme und abfallwirtschaftlichen Prozesse des Biomassehofs zusammengestellt.

**Tabelle 21: Übersicht der relevanten Abfallströme und -prozesse**

Logistik		
Sammlung von Bio- und Lebensmittelabfall einschl. Transport zur Behandlungsanlage		
Annahme von Grünabfällen einschl. Transport zur Behandlungsanlage		
Erfassung und Transport von sonstigen Biomassen		
Abfallentsorgung		
Bioabfall	2.500 t/a	Vergärung und Nachkompostierung am Biomassehof, Verwertung im Erdenwerk, im Gartenbau sowie der Landwirtschaft
Lebensmittelabfall	1.000 t/a	
krautige Biomasse von Siedlungsflächen sowie etwa 1/3 der Menge von Verkehrswegen, Vegetations- und Wasserflächen	10.400 t/a	Teilweise Vergärung bzw. Kompostierung am Biomassehof,
holzige Biomasse von Siedlungsflächen, Verkehrswegen, Vegetations- und Wasserflächen, Naturschutzgebieten	7.250 t/a	teilweise als Strukturmaterial für die Nachkompostierung teilweise energetische Nutzung in Hackschnitzel-Feuerung, Abgabe Wärme in ein Nahwärmenetz
krautige Biomasse von Naturschutzgebieten sowie etwa 2/3 der Menge von Verkehrswegen, Vegetations- und Wasserflächen	6.650 t/a	Pyrolyse zur Herstellung von Biokohle, Verwertung in der Landwirtschaft

## 5.7.3 Basisdaten und -ansätze zu den relevanten Prozessen

### 5.7.3.1 CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingesparter und verbrauchter Energieträger

Bei Verbrauch oder Erzeugung von Strom hängt die damit verbundene oder vermiedene Treibhausgasemission wesentlich von der Art der zu seiner Erzeugung eingesetzten Energieträger ab.

- Für aus Abfällen erzeugten und ins allgemeine Netz eingespeisten Strom wird angenommen, dass er Strom aus fossilen Energieträgern ersetzt (Steinkohle-, Braunkohle- und Gaskraftwerke) und damit ein höherer Faktor, 794 kg CO<sub>2</sub>e/kWh, zur Anwendung kommt.<sup>82</sup>

<sup>82</sup> Quelle: Datenbank GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme), Version 5.0, Stand Juli 2021, erstellt und gepflegt im Auftrag des Umweltbundesamtes (u.a.)

- Für erzeugte und abgegebene Wärmeträger wie Prozessdampf, Fernwärme u. ä. wird, sofern nichts Abweichendes begründet ist, vereinfachend angenommen, dass sie Wärme von Erdgas-Heizungen ersetzen: Emissionsfaktor 0,247 kg CO<sub>2</sub>e/kWh.<sup>82</sup>
- Für den Verbrauch von fremd erzeugtem Strom aus dem lokalen Netz wird ein Emissionsfaktor von 0,505 kg CO<sub>2</sub>e/kWh angesetzt.<sup>82</sup>

### 5.7.3.2 Klimafaktoren Abfallsammlung und Transport

Zur CO<sub>2</sub>-Belastung der **Bioabfallsammlung** innerhalb eines Landkreises (bis zu einer im Landkreis gelegenen Anlage) wurden von SCHEFFOLD (2007) folgende Angaben gemacht: 2,2 kg CO<sub>2</sub>/t für den Landkreis Grafschaft Bentheim (Einwohnerdichte 138 E/km<sup>2</sup>) und ca. 10 kg CO<sub>2</sub>/t bei einer Tages-Sammelleistung pro Fahrzeug von 25 t (ländliches Gebiet). Springer (2010) setzt als mittlere Größenordnung ca. 4 kg CO<sub>2</sub>/t an. Für den besonders dünn besiedelten Landkreis Lüchow-Dannenberg (Einwohnerdichte 40 E/km<sup>2</sup>) wird die Abfallerfassung per MGB-Abfuhr mit einer Lastschrift von 5 kg CO<sub>2</sub>/t Bioabfall eingestellt.

Die mengenmäßig bedeutsamen **Grünabfallmengen** werden von den Besitzern direkt an die Annahmestellen angeliefert. Die Anlieferung von Abfällen in Privatfahrzeugen und Klein-LKW zu den Annahmestellen ist hinsichtlich des damit verbundenen Treibstoffverbrauchs nicht quantifizierbar (unbekannte Entfernungen, Anlieferungen werden vermutlich häufig mit anderen Wegen kombiniert), die Sammelfahrten des Landkreises selbst sind dem gegenüber untergeordnet. Da es sich bei den Grünabfallannahmestellen i. d. R. um einfache Schotter- oder Grünflächen ohne technische Ausstattung handelt, kann der Betrieb hinsichtlich ihres Beitrages zur Klimabilanz vernachlässigt werden.

Vereinfachend wird auch für den getrennt erfassten Grünabfall eine CO<sub>2</sub>-Last von 5 kg je erfasster t angenommen; gleiches gilt für die Anlieferung des **Landschaftspflegematerials**.

### 5.7.3.3 Klimafaktoren Grünabfallkompostierung einschl. Kompostverwertung

Im Landkreis Lüchow-Dannenberg werden derzeit die Grünabfälle einerseits mit geringem Technikeinsatz verarbeitet und andererseits nur landwirtschaftlich bzw. eine Teilmenge zur Rekultivierung genutzt. Es wird angenommen, dass nach Ablauf der Verwertungsverträge künftig Grünabfälle vollständig zunächst einer Behandlungsanlage zugeführt werden sollen. Für das Verwertungskonzept des Biomassehofes wird daher eine teilweise Kompostierung der Grünabfälle vorgesehen, für einen Teilstrom wird die Vergärung mit Nachkompostierung vorgeschaltet. Der erzeugte Kompost kann anschließend in Erdenwerken, im Gartenbau, in der Landwirtschaft oder in anderen Anwendungsbereichen regional verwertet werden.

Zur Ermittlung des CO<sub>2</sub>e-Beitrags der Biomassenutzung wird als Basis eine Studie des Umweltbundesamtes herangezogen, in der die Treibhausgasbeiträge verschiedener biologischer Behandlungsverfahren im bundesdeutschen Mittel, jedoch teilweise differenziert nach Input (Bioabfall/Grünabfall), Emis-

sionsstandard (offen/geschlossen), Produkten (Fertigkompost, Frischkompost) und Anwendungsbereich des erzeugten Kompostes ermittelt wurden.<sup>83</sup> Die Werte schließen Lasten aus der Kompostausbringung (Transporte, Emissionen) und Gutschriften der Kompostanwendung (Ersatz von Düngemitteln, anderweitiger Humusanreicherung, ggf. Torf usw.) mit ein.

Für die Klimabilanz der Behandlung sind nun folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Der holzige Grünabfall wird tlw. als Strukturmaterial bei der Nachkompostierung der Biogasanlage eingesetzt; dabei handelt es sich um eine geschlossene Kompostierung. Für die direkte Emissionen der Herstellung werden die Emissionsangaben für Lachgas und Methan aus der Studie für das Land Mecklenburg-Vorpommern (MinWAT 2011<sup>84</sup>) angesetzt. Diese wurden mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren (gemäß IPCC 2007<sup>85</sup>) in CO<sub>2</sub>eq umgerechnet. Für die Herstellung von Grünabfall-Fertigkompost wird demnach ein Wert von **38 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je t Input** angesetzt.
- Emissionen der Kompostausbringung, hier wird der von ifeu 2012 für die Ausbringung von Grünabfall-Fertigkompost ausgewiesene Faktor von **30 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je t Input** angesetzt.
- positive Effekte der Kompostanwendung: die positiven Effekte (Düngerersatz, Torfersatz, Humusanreicherung usw.) variieren je nach Anwendungsbereich z. B. Landwirtschaft, Gartenbau, Erdenwerk. Nach ifeu 2012 kann für den Einsatz von Fertigkompost in diversen Anwendungsbereichen wie Landwirtschaft, Gartenbau, Erdenwerken u.a. eine Gutschrift von rund **-134 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je t Fertigkompost** veranschlagt werden. Dafür ist der Ersatz von Torf ausschlaggebend; das Belassen von Torf im Untergrund vermeidet ein Vielfaches der Emissionen.

Die Grünabfallkompostierung ergibt eine Gutschrift von **66 kgCO<sub>2</sub>e/t Grünabfall**.

#### 5.7.3.4 Klimafaktoren Vergärung mit Gärrückstandsverwertung (zentraler Ansatz)

Nachfolgend wird die Klimawirkung des zentralen Ansatzes betrachtet, also einer Trockenfermentationsanlage mit anschließender Nachkompostierung und Gärrestverwertung. Die erfassten Bioabfälle, Lebensmittelabfälle sowie krautige Grünabfälle können in der Anlage vergoren, nachkompostiert und

---

<sup>83</sup> ifeu (2012): "Optimierung der Verwertung organischer Abfälle", Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3709 33 340.

<sup>84</sup> MinWAT (2011): „Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz“, Studie des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus.

<sup>85</sup> IPCC (2007): „Climate Change 2007: Synthesis Report“. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)], Genf. Der Bericht nutzt auf 100 Jahre bezogene GWPs und Zahlenangaben, die mit der UNFCCC konsistent sind (S. 36 Fußnote 6). Zugriff auf UNFCCC über: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/frequently-asked-questions/global-warming-potentials-ippc-fourth-assessment-report>

anschließend im Erdenwerk, im Gartenbau und in der Landwirtschaft verwertet werden. Darüber hinaus werden etwa 35 % des Holzigen Grünabfalls als Strukturmaterial für die Nachkompostierung vorgesehen; dies entspricht etwa 10 % des Fermenter-Inputs.

Das in der Vergärungsanlage erzeugte Biogas kann anschließend in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verstromt werden, wobei die als Koppelprodukt anfallende Wärme zur Beheizung der Anlage selbst genutzt und/oder einem Nahwärmenetz eingespeist werden kann. Wir gehen nachfolgend von einem Betrieb eines Nahwärmenetzes aus.

In einer Vergärungsanlage nach Stand der Technik können je t Bioabfall 80 – 120 m<sup>3</sup> Biogas mit Heizwerten von 5,0 – 7,5 kWh/m<sup>3</sup> gewonnen werden.<sup>86</sup> Bei Nutzung des Biogases in modernen Gas-BHKW kann daraus bis zu 40 % Strom plus 45 % Nutzwärme erzeugt werden. Üblich sind zurzeit jedoch eher 38 % Strom und eine externe Nutzung der erzeugten Wärme in einer Größenordnung von 20 %. Wir legen für die weiteren Berechnungen folgende Ansätze zugrunde; sie beruhen auf eigenen Erfahrungen zur Leistungsfähigkeit mesophiler *Trockenvergärungsverfahren* (Variante 1):

Biogas je t Bioabfall:	90 m <sup>3</sup>
Heizwert Biogas:	5,5 kWh/m <sup>3</sup>
el. Wirkungsgrad BHKW:	38 %
Eigenbedarf Strom:	ca. 11 % der Stromerzeugung
Netzverluste Strom:	6 %
th. Wirkungsgrad BHKW:	45 %
Abgabe Nutzwärme:	20 %
Netzverluste Wärme:	20 %

In der folgenden Tabelle wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz der Trockenfermentationsanlage aufgestellt, in die die spezifischen Energieverbrauchs- und -erzeugungsdaten des Biomassehofs eingehen (bezogen auf den Anlageninput). Weitere für die Treibhausgasbilanz wichtige Größen - Emissionen des Anlagenbetriebs, der Gärrestausrückführung und durch landwirtschaftliche Gärrestverwertung vermiedene Emissionen – werden der in Kap. 5.7.3.3 genannten Studie von ifeu 2012<sup>87</sup> entnommen.

Darüber hinaus werden die Einsparpotenziale der Vergärung anhand zwei weiterer Varianten betrachtet:

- Variante 2: Eigenbedarf Strom in H. v. 50 % der Stromerzeugung
- Variante 3: erzeugte Wärme bleibt ungenutzt

---

<sup>86</sup> UBA TEXTE 115/2019: „« BioRest : Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor)“. Ifeu, IZES, Öko-Insitut im Auftrag des Umweltbundesamtes: Heidelberg, Saarbrücken, Darmstadt, Berlin.

<sup>87</sup> ifeu (2012): "Optimierung der Verwertung organischer Abfälle", Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3709 33 340.

**Tabelle 22: Spezifische Emissionslast- und -gutschriften der Trockenfermentation**

Nr.	Beschreibung	je t Input	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Quelle/Anmerkung
1	Last Behandlung	kg CO <sub>2</sub> e/t	140	129	140	Summe Emissionen + Behandlung
2	davon Last Emissionen	kg CO <sub>2</sub> e/t	128	128	128	Ifeu 2012 für mittl. Standard
3	davon Behandlung	kg CO <sub>2</sub> e/t	12	1*	12	Var. 1+3: Ifeu 2012 für mittl. Standard Var. 2: Energiebedarf durch Eigenproduktion gedeckt
4	Last Ausbringung	kg CO <sub>2</sub> e/t	22	22	22	Ifeu 2012 für komp. Gärrest
<b>5</b>	<b>Summe Lastschrift</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>162</b>	<b>151</b>	<b>162</b>	<b>Zeile 1 + Zeile 4</b>
6	abgegebenes Biogas	Nm <sup>3</sup> /t	90	90	90	Annahme vgl. UBA-Texte 115/2019: 80-120 Nm <sup>3</sup> / t Abfall
7	Heizwert abgegebenes Biogas	kWh/t	500	500	500	bei 5,5 kWh/m <sup>3</sup> Methan
8	Strom aus Biogas	kWh/t	190	190	190	bei Annahme 38 % el. Wirkungsgrad im BHKW
9	<b>davon eingespeister Strom</b>	<b>kWh/t</b>	<b>160</b>	<b>90</b>	<b>160</b>	<b>Var. 1+3: 11 % Eigennutzung, Var. 2: 50 % Eigennutzung abzgl. 6% Netzverlust</b>
10	Wärme aus Biogas	kWh/t	230	230	-	Var. 1+2: Annahme 45 % th. Wirkungsgrad des BHKW und ganzjähriger Wärmeabnahme
11	<b>davon eingespeiste Wärme</b>	<b>kWh/t</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	-	<b>Var. 1+2: Annahme 20 % Wärmeabgabe nach Abzug Eigenbedarf; abzgl. 20% Netzverlust</b>
12	Gutschrift Strom	kg CO <sub>2</sub> e/t	-130	-70	-130	Zeile 9 x 0,794 kg CO <sub>2</sub> e/kWh
13	Gutschrift Wärme	kg CO <sub>2</sub> e/t	-10	-10	-	Zeile 11 x 0,247 kg CO <sub>2</sub> e/kWh
<b>14</b>	<b>Summe Energiegutschriften</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>-140</b>	<b>-80</b>	<b>-130</b>	<b>Summe Zeile 12 und Zeile 13</b>
15	Gutschrift Kompostwirkung mit C-Senke	kg CO <sub>2</sub> e/t	-99	-99	-99	Ifeu 2012 für kompostierten Gärrest
<b>16</b>	<b>Summe Gutschriften</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>-239</b>	<b>-179</b>	<b>-229</b>	<b>Summe Zeile 14 und Zeile 15</b>
17	Saldo	kg CO <sub>2</sub> e/t	-77	-28	-67	Summe Zeile 5 und Zeile 16

Variante 1 = 89 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 2 = 50 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 3 = 89 % Strom- und keine Wärmeeinspeisung

\* der Stromverbrauch der BGA wird Großteils aus der Eigenproduktion im BHKW gedeckt, hier geht nur der darüber hinaus benötigte Strom ein

### 5.7.3.5 Klimafaktoren Vergärung mit Gärrückstandsverwertung (dezentraler Ansatz)

Bei einem dezentralen Ansatz mit Trockenfermentation und anschließender offener Nachrotte steigt die Belastung bei der Behandlung vor allem durch die freiwerdenden Treibhausgase Lachgas und Methan; die Gutschrift für die Kompostwirkung bleibt dabei unverändert.

Auch hier kann das in der Vergärungsanlage erzeugte Biogas anschließend in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verstromt werden, wobei die als Koppelprodukt anfallende Wärme zur Beheizung der Anlage selbst genutzt und/oder einem Nahwärmenetz eingespeist werden kann. Für Berechnung der Energie- und Treibhausgasbilanz werden die Ansätze wie in Kap. 5.7.3.4 herangezogen.

**Tabelle 23: Spezifische Emissionslast- und -gutschriften der Trockenfermentation**

Nr.	Beschreibung	je t Input	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Quelle/Anmerkung
1	Last Behandlung	kg CO <sub>2</sub> e/t	202	191	202	Summe Emissionen + Behandlung
2	davon Last Emissionen	kg CO <sub>2</sub> e/t	190	190	190	Ifeu 2012 für mittl. Standard und UBA Texte 39/2015
3	davon Behandlung	kg CO <sub>2</sub> e/t	12	1*	12	Var. 1+3: Ifeu 2012 für mittl. Standard Var. 2: Energiebedarf durch Eigenproduktion gedeckt
4	Last Ausbringung	kg CO <sub>2</sub> e/t	22	22	22	Ifeu 2012 für komp. Gärrest
<b>5</b>	<b>Summe Lastschrift</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>224</b>	<b>213</b>	<b>224</b>	<b>Zeile 1 + Zeile 4</b>
6	abgegebenes Biogas	Nm <sup>3</sup> /t	90	90	90	Annahme vgl. UBA-Texte 115/2019: 80-120 Nm <sup>3</sup> / t Abfall
7	Heizwert abgegebenes Biogas	kWh/t	500	500	500	bei 5,5 kWh/m <sup>3</sup> Methan
8	Strom aus Biogas	kWh/t	190	190	190	bei Annahme 38 % el. Wirkungsgrad im BHKW
9	<b>davon eingespeister Strom</b>	<b>kWh/t</b>	<b>160</b>	<b>90</b>	<b>160</b>	<b>Var. 1+3: 11 % Eigennutzung, Var. 2: 50 % Eigennutzung Abzgl. 6 % Netzverlust</b>
10	Wärme aus Biogas	kWh/t	230	230	-	Var. 1+2: Annahme 45 % th. Wirkungsgrad des BHKW und ganzjähriger Wärmeabnahme
11	<b>davon eingespeiste Wärme</b>	<b>kWh/t</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	-	<b>Var. 1+2: Annahme 20 % Wärmeabgabe nach Abzug Eigenbedarf abzgl. 20 % Netzverlust</b>
12	Gutschrift Strom	kg CO <sub>2</sub> e/t	-130	-70	-130	Zeile 9 x 0,794 kg CO <sub>2</sub> e/kWh
13	Gutschrift Wärme	kg CO <sub>2</sub> e/t	-10	-10	-	Zeile 11 x 0,247 kg CO <sub>2</sub> e/kWh
<b>14</b>	<b>Summe Energiegutschriften</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>-140</b>	<b>-80</b>	<b>-130</b>	<b>Summe Zeile 12 und Zeile 13</b>
15	Gutschrift Kompostwirkung mit C-Senke	kg CO <sub>2</sub> e/t	-99	-99	-99	Ifeu 2012 für kompostierten Gärrest
<b>16</b>	<b>Summe Gutschriften</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t</b>	<b>-239</b>	<b>-179</b>	<b>-229</b>	<b>Summe Zeile 14 und Zeile 15</b>
17	Saldo	kg CO <sub>2</sub> e/t	-15	34	-5	Summe Zeile 5 und Zeile 16

Variante 1 = 89 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 2 = 50 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 3 = 89 % Strom- und keine Wärmeeinspeisung

\* der Stromverbrauch der BGA wird Großteils aus der Eigenproduktion im BHKW gedeckt, hier geht nur der darüber hinaus benötigte Strom ein

### 5.7.3.6 Klimafaktoren energetische Verwertung von holzigem Grünabfall

Werden Grünabfälle in unterschiedlichen Fraktionen nach Art und Herkunft erfasst, so ist eine Kombination von einer stofflichen und energetischen Verwertung möglich. Zum einen können holzige Grünabfälle wie Astwerk in Garten- und Parkabfällen für die energetische Verwertung vorab getrennt und separat gesammelt werden. Zum anderen können relevante Mengen an holzreichen Siebrückständen, die bei der Fraktionierung von Komposten anfallen, thermisch genutzt werden. Das holzige Material aus der Siebrestaufbereitung ist vorbehandelt und besitzt einen höheren Heizwert (3.333 kWh/t) als vor der Kompostierung, da bei der Kompostierung ein Teil des enthaltenen Wassers verdampft. Bei der Auskreisung von holzigem Material ist allerdings sicherzustellen, dass genügend Strukturmaterial für die Kompostierung verbleibt (vgl. Kap. 5.7.3.4: Es wird eine holzige Grünabfallmenge von etwa 10 % des Fermenter-Inputs als Strukturmaterial für die Nachkompostierung benötigt).

Wir gehen für das Konzept des Biomassehofs davon aus, dass aufbereiteter Strauchschnitt/Grünabfall einem Hackschnitzel-BHKW zugeführt werden. Diese Form der energetischen Verwertung wird mit einem Gutschriftwert von 790 kg CO<sub>2</sub>/t (Schätzung nach<sup>88</sup>) bewertet. Hier sind zwei Stoffströme zu berücksichtigen:

- Vom gehäckselten Baum- und Strauchschnitt, der auf den Grünabfallannahmestellen gesammelt wird, werden etwa 65 - 70 % energetisch verwertet.
- Von dem am Biomassehof angelieferten holzigen Landschaftspflegematerial sowie Strauchschnitt aus der Landwirtschaft werden etwa 65 - 70 % energetisch verwertet.

Die Berechnung erfolgt am Beispiel des Schulzentrums Dannenberg, wobei für eine vereinfachte Betrachtung in den folgenden Berechnungen davon ausgegangen wird, dass eine Vollversorgung durch biogene Reststoffe erfolgt<sup>89</sup>. Bei den kreiseigenen Gebäuden des Quartiers lag der Stromverbrauch im Jahr 2019 bei rund 400 MWh, der Wärmebedarf bei rd. 2.000 MWh.<sup>90</sup> Für das BHKW wurden wie in Kap. 5.7.3.4 ein elektrischer Wirkungsgrad von 38 %, ein thermischer Wirkungsgrad von 45 % angenommen. Da sich die Leistungsabgabe des BHKW nach dem lokalen Wärmebedarf richtet, handelt es sich hier um ein wärmegeführtes BHKW. Um die erzeugte Wärme vollständig ins Nahwärmenetz abzugeben, ist ein Wärmespeicher vorzusehen, dieser wird durch Regelung der Heizleistung im Intervallbetrieb geladen.

---

<sup>88</sup> Gallenkemper et al. (2008): „Ressourcen- und Klimaschutz in der Siedlungsabfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen – Zukünftige Potenziale und Entwicklungen“. INFA - ISFM e.V., LASU und UMSICHT, S. 69

<sup>89</sup> Das energetische Quartierskonzept für den Schulcampus Dannenberg wird derzeit erstellt und in 2022 abgeschlossen. Nach derzeitigen Erkenntnissen wird davon ausgegangen, dass biogene Reststoffe „lediglich“ die Spitzenlast übernehmen werden und die Grundlast über Umweltwärme erfolgen wird. Zudem wird durch Sanierungen, Abrisse und energieeffiziente Neubauten der Energieverbrauch am Schulcampus Dannenberg sukzessive verringert.

<sup>90</sup> E-Mail vom F. Dittmer, Stabsstelle Klimaschutz LK DAN vom 21. April 2021

Für die Hackschnitzel werden ein Brennwert von 4,3 kWh/kg<sup>91</sup> und Wassergehalte von 40 % für Landschaftspflegematerial bzw. 55 % für Grünabfälle angenommen.

**Tabelle 24: CO<sub>2</sub>-Bilanz Hackschnitzel-BHKW am Beispiel eines Schulzentrums**

1	Hackschnitzel-BHKW	Betrag	Einheit	Quelle / Anmerkung
2	Brennwert holzige Grünabfälle/Landschaftspflegematerial	4.300	kWh/t atro	vgl. Kap. 4.2.1 Heizwert = 4 kWh/kg Hackschnitzel atro; Umrechnungsfaktor von Heizwert zu Brennwert = 1,08
3	Strom aus Hackschnitzelfeuerung	1.600	kWh/t atro	bei Annahme 38 % el. Wirkungsgrad im BHKW
4	<b>davon eingespeister Strom</b>	<b>1.300</b>	<b>kWh/t atro</b>	<b>bei Annahme 11 % Eigennutzung; abzgl. 6% Netzverlust</b>
5	<b>Saldierte Stromgutschrift aus Hackschnitzelfeuerung</b>	<b>-610</b>	<b>g CO<sub>2e</sub>/kWh<sub>el</sub></b>	Gallenkemper 2008: -790 kg CO <sub>2e</sub> /t / Zeile 4
6	Wärme aus Hackschnitzelfeuerung	1.900	kWh/t atro	bei Annahme 45 % th. Wirkungsgrad des BHKW und ganzjähriger Wärmeabnahme
7	<b>davon eingespeiste Wärme</b>	<b>1.520</b>	<b>kWh/t atro</b>	<b>wenn Wärmespeicher vorhanden; abzgl. 20% Netzverlust</b>
8	<b>Saldierte Wärmegutschrift Hackschnitzelfeuerung</b>	<b>-500</b>	<b>g CO<sub>2e</sub>/kWh<sub>th</sub></b>	<b>Gallenkemper 2008: -790 kg CO<sub>2e</sub>/t / Zeile 7</b>
9	<b>Am Beispiel Schulzentrum</b>			
10	Potenzial holzige Grünabfälle von Siedlungsflächen	6.000	t FM/a	vgl. Kap. 3 und 5.1.3; Wassergehalt GrünA 55 %
11		2.700	t atro/a	Zeile 10 x 55 %
12	Potenzial holziges Landschaftspflegematerial	1.250	t FM/a	vgl. Kap. 3 und 5.1.3; Wassergehalt Land.pf.holz 40%
13		750	t atro/a	Zeile 12 x 40%
14	davon Nutzung in Hackschnitzel-BHKW	70%		
15	<b>Potenzial Hackschnitzelmenge</b>	<b>2.400</b>	<b>t atro/a</b>	<b>(Zeile 11+ Zeile 13) x Zeile 14</b>
16	nutzbarer Strom gesamt	3.100	MWh/a	Zeile 4 x Zeile 15 / 1.000
17	Stromverbrauch Schulzentrum	300	MWh/a	Daten DAN 2019
18	<b>Anteil an gesamten produzierten Strom</b>	<b>10%</b>		<b>Zeile 17 / Zeile 16 x 100</b>
19	nutzbare Wärme gesamt	3.600	MWh/a	Zeile 7 x Zeile 15 / 1.000
20	Wärmebedarf Schulzentrum	2.700	MWh/a	Daten DAN 2019
21	<b>Anteil an gesamter produzierter Wärme</b>	<b>75%</b>		<b>Zeile 20 / Zeile 19 x 100</b>

Allerdings scheidet Holz gegenüber fossilen Brennstoffen im Bereich Feinstaubemission weniger gut ab. So liegt die Feinstaubemission für Hackschnitzel bei etwa 75 mg/kWh; Heizölkessel kommen auf etwa 20 mg/kWh, Erdgaskessel auf nur 6 mg/kWh.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> Vgl. Kap.4.2.1 Heizwert = 4 kWh/kg Hackschnitzel atro; Umrechnungsfaktor von Heizwert zu Brennwert = 1,08

<sup>92</sup> Deutsches Pelletinstitut GmbH: „Staub- und CO<sub>2</sub>-Emissionen von Heizsystemen“.. Zugriff über: <https://www.effizienzhaus-online.de/heizung-energetraeger-und-klimabilanz/>

Insgesamt können durch die Verfeuerung von Hackschnitzeln CO<sub>2</sub>-Gutschriften für die Produktion von Strom in H. v. 610 g CO<sub>2</sub>e/kWh<sub>el</sub> und 500 g CO<sub>2</sub>e/kWh<sub>th</sub> für Wärme erzielt werden. Bei einer Hackschnitzelmenge von rd. 5.050 t FM/a bzw. 2.700 t atro/a ergeben sich 3.100 MWh<sub>el</sub> und 3.600 MWh<sub>th</sub>, welche von den Endverbrauchern genutzt werden können. Mit der erzeugten Energie können ein Schulzentrum mit Wärme und etwa 10 Schulzentren mit Strom versorgt werden. Durch das Hackschnitzel-BHKW mit einem Input von 5.050 t FM/a Hackschnitzeln können allein rd. 320.000 m<sup>3</sup> Erdgas ersetzt werden (je nach Qualität des Gases liegt der Brennwert von Erdgas zwischen 8 und 12,5 kWh/m<sup>3</sup>; hier mit 11,4 kWh/m<sup>3</sup> gerechnet<sup>93</sup>).

### 5.7.3.7 Klimafaktoren Herstellung und Nutzung von Biokohle

Wir gehen für das Konzept des Biomassehofs davon aus, dass krautiger Grünabfall vor allem aus der extensiven Pflege wie Straßenbegleitgrün- oder Landschaftspflege aufgrund ihres geringeren Biogaspotenzials einer Pyrolyseanlage zugeführt werden. Darüber hinaus wäre es möglich, dass bei der Trockenfermentation entstehende Gärprodukt Alternativ der Pyrolyseanlage statt der geschlossenen Nachrotte zuzuführen.

Die Berechnung erfolgt am Beispiel einer Pyrolyseanlage der Firma PYREG. Insgesamt können aus ca. 2.000 t/a Biomasse (Wassergehalt 65 %) ca. 300 t/a Biokohle erzeugt werden.<sup>94</sup>

Der PYREG-Prozess ist autotherm und benötigt ausschließlich für die Aktivierungsphase externe Energie (Strom) zum Betrieb des Prozesses (ca. 75.000 kWh<sub>el</sub> bei 7.500 Betriebsstunden pro Jahr). Die überschüssige Wärme (ca. 1.125 kWh<sub>th</sub> bei 7.500 Betriebsstunden pro Jahr), die nicht für die Verkoklung des Inputmaterials benötigt wird, kann zum Beispiel zur Trocknung von Biomasse oder über ein Nahwärmenetz genutzt werden.<sup>95</sup> Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den Systemdaten ausschließlich um Modellwerte handelt.

Für die Nutzung der Biokohle werden zwei Verwertungswege betrachtet: die landwirtschaftliche Nutzung und die thermische Verwertung. Die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung durch den landwirtschaftlichen Einsatz wird mit einer Gutschrift von -6.000 kg CO<sub>2</sub>e/t Biokohle bewertet.<sup>96</sup> Der Heizwert der Kohle beläuft

---

<sup>93</sup> DEW 21: „Erdgaskennwerte 2020“. Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH: Dortmund. Zugriff über <https://www.dew21.de/fileadmin/Dokumente/Produkte/Erdgas/Erdgaskennwerte.pdf>

<sup>94</sup> Nick, M. (2015): „Das PYREG-Verfahren Pflanzenkohle und ihre Einsatzmöglichkeiten“. PYREG GmbH Präsentation vom 6. Biomassetag Hochschule Schmalkalden vom 04.12.2015.

<sup>95</sup> PYREG (2019): „Broschüre Biomasse“. PYREG GmbH: Dörth. Zugriff über: [https://pyreg.com/wp-content/uploads/2020\\_pyreg\\_broschure\\_biomasse\\_DE.pdf](https://pyreg.com/wp-content/uploads/2020_pyreg_broschure_biomasse_DE.pdf)

<sup>96</sup> HOLWEG & SCHILL (2010): „Abschlussbericht zur Studie Biomasse-Pyrolyse – Machbarkeitsstudie zum Einsatz einer innovativen Technologie zur Bioenergieerzeugung mittels Pyrolyse mit niedrigen Staubemissionen und hohem CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential“. Badenova AG & Co. KG: Freiburg.

sich auf 9,5 kWh/kg.<sup>97</sup> Es wird vereinfacht angenommen, dass die erzeugte Biokohle Steinkohle ersetzt; es wird Emissionsminderungsfaktor von 0,431 kg CO<sub>2</sub>e/kWh angesetzt.<sup>98</sup>

**Tabelle 25: CO<sub>2</sub>-Bilanz Pyrolyseanlage und Verwendung von Biokohle**

Nr.	Beschreibung	Wert	Einheit	Quelle/Anmerkung
1	Input	2.000	t FM/a	PYREG 2015 Wassergehalt 50%
2	Output	300	t/a Biokohle	PYREG 2015
3		150	kg Biokohle/t Input	Zeile 2 / Zeile 1 x 1.000
4	Pyrolyse Stromverbrauch	75.000	kWh/a	PYREG 2019
5		40	kWh/t Input	Zeile 4 / Zeile 1
6		<b>20</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 5 x 0,505 kg CO<sub>2</sub>e/kWh</b>
7	Pyrolyse Wärmeverbrauch / Masseverlust	1.800	kWh/t Input	Zeile 8 x 0,247 kg CO <sub>2</sub> e/kWh
8		<b>450</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	Holweg&Schill 2010: 1281 kg CO <sub>2</sub> /t Grünabfall atro und einem WG von 65%
9	<b>Lastschrift Behandlung</b>	<b>470</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 6 + Zeile 8</b>
10	nutzbare Abwärme	1.125.000	kWhth/a	PYREG 2019
11		560	kWh/t Input	Zeile 10 / Zeile 1
12	<b>davon eingespeiste Wärme</b>	<b>450</b>	<b>kWh/t Input</b>	<b>abzgl. 20% Netzverlust</b>
13	<b>Gutschrift Wärme</b>	<b>-110</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 12 x 0,247 kg CO<sub>2</sub>e/kWh</b>
14	<b>Variante - Landwirtschaftliche Nutzung</b>			
15	Ausbringung	10	kg CO <sub>2</sub> e/t Biokohle	Holweg&Schill 2010: 3 kg CO <sub>2</sub> /t Grünabfall atro und 0,3 t Biokohle/ t Grünabfall atro
16	CO <sub>2</sub> -Sequestrierung	-6.000	kg CO <sub>2</sub> e/t Biokohle	Holweg&Schill 2010: 1.830 kg CO <sub>2</sub> /t Grünabfall atro und 0,3 t Biokohle/ t Grünabfall atro
16	<b>Gutschrift landwirtschaftliche Anwendung</b>	<b>-5.990</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Biokohle</b>	<b>Zeile 15 + Zeile 16</b>
17		<b>-900</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 16 / 1.000 x Zeile 2</b>
18	<b>Saldo Gutschrift Herstellung und Anwendung Biokohle</b>	<b>-540</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 9 + Zeile 13 + Zeile 17</b>
19	<b>Variante - thermische Nutzung</b>			
20	Heizwert Kohle	9,5	kWh/kg Biokohle	SPSC 2021
21	<b>Gutschrift Wärme</b>	<b>-4.100</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Biokohle</b>	<b>Zeile 20 x 1.000 x 0,431 kg CO<sub>2</sub>e/kWh</b>
22		<b>-620</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 21 / 1.000 x Zeile 2</b>
23	<b>Saldo Gutschrift Herstellung und Verbrennung Biokohle</b>	<b>-260</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/t Input</b>	<b>Zeile 9 + Zeile 13 + Zeile 22</b>

<sup>97</sup> SPSC (2021): „Qualitätsmerkmale der SPSC Biokohle“. Zugriff über: <https://www.sp-sc.de/biokohle-der-premium-klasse/>

<sup>98</sup> Quelle: Datenbank GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme), Version 5.0, Stand Juli 2021, erstellt und gepflegt im Auftrag des Umweltbundesamtes (u.a.)

Die bei der Biokohleherstellung entstehende überschüssige Abwärme kann in ein Nahwärmenetz abgegeben werden. Nach Abzug der Netzverluste können etwa 450 kWh/t Input in das Netz eingespeist und den Endverbrauchern zur Verfügung gestellt werden. Für die erzeugte Biokohle bestehen unterschiedliche Verwertungswege.

Der Einsatz von Biokohle in der Landwirtschaft führt saldiert zu einer CO<sub>2</sub>-Gutschrift in H. v. 539 kg CO<sub>2</sub>e/t Inputmaterial bzw. bei einem Output von 150 kg Biokohle je Tonne Inputmaterial 3,6 kg CO<sub>2</sub>e/kg Biokohle. Wird die Biokohle über z. B. einen Kessel verfeuert, so beträgt die CO<sub>2</sub>-Gutschrift in Saldo 260 kg CO<sub>2</sub>e/t Inputmaterial bzw. 1,7 kg CO<sub>2</sub>e/kg Biokohle.

#### **5.7.4 Ergebnis CO<sub>2</sub>-Bilanz**

In der folgenden Tabelle sind für die in Kapitel 3 aufgeführten Potenziale die relevanten Prozesse und Abfallströme die in den vorangegangenen Abschnitten ermittelten Emissionen bzw. Gutschriften an Kohlendioxid-Äquivalenten zusammengefasst. Das Pyrolyseverfahren ist ausschließlich bei der Umsetzung des zentralen Ansatzes für den Biomassehof zu berücksichtigen; vorgesehene Biomasse mengen gehen bei dezentralem Ansatz in die Vergärungsanlage mit ein.

**Tabelle 26: Zusammenfassung der CO<sub>2</sub>e-Bilanz**

	Einheit	Verwertungsweg												
CO <sub>2</sub> e Erfassung/ Transport, gesamt	kg CO <sub>2</sub> e/t	5												
Verwertungsprozess		Vergärung						Grünabfall- kompostierung	Pyrolyse (nur bei zentra- lem Ansatz)	Verbrennung				
		Variante 1		Variante 2		Variante 3								
		zentral	dezentral	zentral	dezentral	zentral	dezentral							
Behandlung	kg CO <sub>2</sub> e/t	140	202	129	191	140	202	38	470	-				
Ausbringung	kg CO <sub>2</sub> e/t	22	22	22	22	22	22	30						
Netto-Stromeinspei- sung	kWh/t	160	160	90	90	160	160		-	-				
Netto-Wärmenutzung	kWh/t	40	40	40	40	-	-		550	-				
CO <sub>2</sub> -Gutschrift Stromeinspeisung	kg CO <sub>2</sub> e/t	-130	-130	-70	-70	-130	-130		-	-				
CO <sub>2</sub> -Gutschrift Wärme	kg CO <sub>2</sub> e/t	-10	-10	-10	-10	-	-		-110	-790				
Gutschrift Kompostwirkung/ Biokohlewirkung mit C-Senke	kg CO <sub>2</sub> e/t	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-134	-899					
CO <sub>2</sub> e Behandlung, ge- samt	kg CO <sub>2</sub> e/t	-77	-15	-28	34	-67	-5	-66	-539	-790				
CO <sub>2</sub> e inkl. Erfas- sung/Transport	kg CO <sub>2</sub> e/t	-72	-10	-23	39	-62	0	-61	-534	-785	bei zentralem Ansatz		bei dezentra- lem Ansatz	
Anmerkungen		Bioabfall/ Lebensmittelabfälle krautige Biomasse						30-35 % der holzigen Grünabfälle als Strukturmaterial für Nachkompostierung	krautige Biomasse aus überwiegend extensiver Pflege	65-70 % der holzi- gen Grünabfälle	max	min	max	min
angesetzte Menge	t/a	13.900	20.550	13.900	20.550	13.900	20.550	2.200	6.650	5.050	27.800			
Summe CO <sub>2</sub> -Gut- schrift	t CO <sub>2</sub> /a	-1.000	-210	-320	800	-860	0	-150	-3.580	-3.964	-8.694	-8.014	-4.324	-3.314

Variante 1 = rd. 90 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 2 = 50 % Strom- und 20 % Wärmeeinspeisung; Variante 3 = rd. 90 % Strom- und keine Wärmeeinspeisung

Für den Betrieb eines Biomassehofs resultiert somit in Abhängigkeit der gewählten Variante der Strom- und Wärmenutzung bei der Vergärung mindestens saldiert eine **Entlastung der Umwelt um rund 8.000 t CO<sub>2</sub>e** bei zentralem Ansatz bzw. mindestens 3.300 t CO<sub>2</sub>e bei dezentralem Ansatz. Die Verbrennung durch die Einsparung fossiler Energieträger liefert die höchste Gutschrift.

Hinweis: Würden zusätzlich die 6.000 t atro Hackschnitzel aus Waldresthölzern energetisch genutzt; ergäbe dies eine weitere CO<sub>2</sub>-Gutschrift in H. v. rd. 4.700 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr.

Um die Höhe der genannten Entlastungsbeiträge einordnen zu können, werden sie nachfolgend als Einwohnergleichwerte (EGW) bzw. PKW-Gleichwerte angegeben. Ein Einwohnergleichwert ist der rechnerisch auf jeden Einwohner entfallende Anteil der Gesamt-Treibhausgasemissionen der Bundesrepublik (gemäß Umweltbundesamt 9,8 t CO<sub>2</sub>e je Einwohner im Jahr 2019<sup>99</sup>). Als PKW-Gleichwert ist hier die Emission zugrunde gelegt, die sich gemäß Handbuch für Emissionsfaktoren im Straßenverkehr<sup>100</sup> für PKW mit Jahreslaufleistung von 20.000 km im Mittel ergibt (Fuhrpark des Jahres 2019: 143 g/Fz-km).

Der Entlastungsbeitrag des Biomassehofs entspricht danach dem Emissionsanteil von mindestens rund 1.200 PKW (mit je 20.000 km/a) bzw. von mindestens rund 340 Bundesbürgern, das entspricht 0,7 % der Bevölkerung des Landkreises.

**Tabelle 27: Entlastungsbeitrag des Biomassehofs**

	Entlastung durch Biomassehof in t CO <sub>2</sub> e/a Minimum	EGW	PKW
zentraler Ansatz	8.000	820	2.797
dezentraler Ansatz	3.300	338	1.154

### 5.7.5 Exkurs Klimafaktoren Biogas als Kraftstoff

Ziel der Klimaschutzinitiative des Landkreises Lüchow-Dannenberg beinhaltet neben dem Betrieb eines Biomassehofs auch die Umstellung öffentlicher Dienstfahrzeuge von Diesel auf Erdgas als Kraftstoff. Auch wenn es bereits ein Unternehmen im Landkreis gibt, welches aus Biogas Kraftstoff herstellt und vermarktet, betrachten wir in diesem Exkurs die quantitativen Auswirkungen, wenn der Biomassehof ebenfalls Biokraftstoff herstellen würde.

<sup>99</sup> Das Umweltbundesamt weist für das Jahr 2019 Treibhausgas-Emissionen in Deutschland in H. v. 810 Mio. t CO<sub>2</sub>eq aus. Bei 83,02 Mio. Einwohnern im Jahre 2019 ergibt sich ein Einwohnergleichwert von 9,8 t CO<sub>2</sub>eq je Einwohner. Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>

<sup>100</sup> Handbuch für Emissionsfaktoren im Straßenverkehr (HBEFA): Basisdaten 2019. Online-Version <http://www.hbefa.net> oder [https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich\\_personenverkehr](https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr)

Die Betrachtung erfolgt am Beispiel der Busflotte, die im Landkreis Lüchow-Dannenberg von der kommunalen Tochter LSE betrieben wird. Diese führt die Personenbeförderung im konzessionierten Linienbusverkehr sowie den Anmietverkehr im Landkreis durch. Der Dieserverbrauch lag im Jahr 2019 bei rund 300.000 Litern, dabei wurden rund 1,4 Mio. km zurückgelegt.<sup>101</sup>

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emission aus dem gesamten Fahrzeugbetrieb wurde ein durchschnittlicher Verbrauch von 20 l Diesel je 100 km ermittelt. Darüber hinaus wurden folgende Äquivalenzfaktoren verwendet, welche mit dem Energiegehalt des jeweiligen Treibstoffs die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben:

**Tabelle 28: Faktoren der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Diesel und Erdgas**

Treibstoff	Äquivalenzfaktor <sup>102</sup>	Energiegehalt	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emission
Diesel	313,6 g CO <sub>2</sub> /kWh	9,9 kWh/l <sup>103</sup>	3.102 g CO <sub>2</sub> /l
Erdgas	255,5 g CO <sub>2</sub> /kWh	13,16 kWh/kg <sup>104</sup>	3.362 g CO <sub>2</sub> /kg

Bei einem Ersatz von Diesel durch Erdgas sinkt der Kraftstoffverbrauch um rd. 25 % aufgrund des höheren Energiegehalts von Erdgas. So werden je Liter Diesel 0,75 kg Erdgas benötigt. Die nachfolgende Tabelle betrachtet die CO<sub>2</sub>-Belastungen des jeweiligen Kraftstoffeinsatzes. Dabei wird angenommen, dass in beiden Fällen der Kraftstoff an einer fremdbetriebenen Tankstelle bezogen wird.

<sup>101</sup> E-Mail vom F. Dittmer, Stabsstelle Klimaschutz LK DAN vom 13. Januar 2021

<sup>102</sup> Fritsche, U.R.; Schmidt, K. (2007): „Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten“. Öko-Institut e.V., Darmstadt. S. 4

<sup>103</sup> LfU (2009): „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Augsburg, 2009.

<sup>104</sup> Roß, S. (2004): „Erdgasfahrzeuge – EVU-Dienstleistungen rund ums Auto“. WiRo Energie&Konnex Consulting GmbH, Aachen. Präsentation vom 16. Juli 2004, Folie 4

**Tabelle 29: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Busflotte LSE – Kraftstoffvergleich Diesel und Erdgas**

1	CO <sub>2</sub> -Emission Busflotte	Betrag	Einheit	Quelle / Anmerkung
2	<b>bei Einsatz von Diesel</b>			
3	Dieserverbrauch 2019	300.000	l/a	Daten DAN 2019
4	gefahrte Kilometer 2019	1.350.000	km/a	Daten DAN 2019
5	spez. Verbrauch	0,2	l/km	Zeile 3 / Zeile 4
6	Äquivalenzfaktor	314	g CO <sub>2</sub> /kWh	Fritsche, Schmidt 2007
7	Energiegehalt	10	kWh/l	LfU 2009
8	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro Liter	3.100	g CO <sub>2</sub> /l	Zeile 6 x Zeile 7
9	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro km	690	g CO <sub>2</sub> /km	Zeile 5 x Zeile 8
10	<b>CO<sub>2</sub>e Dieserverbrauch gesamt</b>	<b>930</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 4 x Zeile 9 /1.000.000</b>
11	<b>bei Einsatz von Erdgas</b>			
12	Erdgasbedarf (1 l Diesel = 0,75 kg Erdgas)	230.000	kg/a	Zeile 3 x 0,75
13	spez. Verbrauch	0,2	kg/km	Zeile 12 / Zeile 4
14	Äquivalenzfaktor	256	g CO <sub>2</sub> /kWh	Fritsche, Schmidt 2007
15	Energiegehalt	13	kWh/kg	Roß 2004
16	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro kg	3.400	g CO <sub>2</sub> /kg	Zeile 14 x Zeile 15
17	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro km	580	g CO <sub>2</sub> /km	Zeile 13 x Zeile 16
18	<b>CO<sub>2</sub>e Erdgasverbrauch gesamt</b>	<b>780</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 4 x Zeile 17 /1.000.000</b>
19	<b>CO<sub>2</sub>-Entlastung durch Ersatz Diesel</b>	<b>-150</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 18 - Zeile 10</b>
20	<b>durch Erdgas</b>	<b>-20%</b>		<b>1 - Zeile 18 / Zeile 10</b>

Werden die Fahrzeuge der Busflotte LSE auf den Einsatz von Erdgas umgerüstet, können rd. 20 % der emittierten CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Darüber hinaus bringt der Wechsel weitere Vorteile mit sich, wie die Reduktion von Lärm um bis zu 43 % sowie des emittierten Feinstaubes um bis zu 99 %.<sup>105</sup>

Darüber hinaus können Erdgasfahrzeuge (CNG-Fahrzeuge) auch mit Biomethan betankt werden. Da Biomethan in denselben Fahrzeugtypen unter den gleichen Betriebsbedingungen ohne abweichende Motorverhalten zum Einsatz kommt wie Erdgas, wird angenommen, dass ein kg Biomethan ein kg Erdgas ersetzt. Zwar setzt auch die Verbrennung von Biomethan CO<sub>2</sub>-Emissionen frei – allerdings nur so viel, wie die Pflanzen beim Wachstum aus der Luft aufgenommen haben. Daher gilt das Verbrennen von Biogas als klimaneutral.

<sup>105</sup> Pitpoint (2019): „Klimabilanz von Diesel und Erdgas LKW im Vergleich“. Artikel vom 08.05.2019. Zugriff über: <https://www.pitpointclean-fuels.com/de/artikel/klimabilanz-diesel-erdgas-lkw-vergleich/>

Für die Herstellung von Biomethan ist der Trockenfermentation eine Gasaufbereitung nachzuschalten. Durch die Aufbereitung kann das Biogas als Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist oder über eine eigene Biogastankstelle als Kraftstoff für Erdgasfahrzeuge genutzt werden. Die Rohbiogasgestehung umfasst die Vorbehandlung (inklusive Substrataufbereitung), die Fermentation (inkl. Gasspeicher, Fermenterbeheizung) und die Gärrestaufbereitung, vgl. Kap. 5.7.3.4. Die Aufbereitung des Biogases beinhaltet die Trocknung, die Entschwefelung, die Methananreicherung und die Druckanpassung durch einen Kompressor. Der Energiebedarf wird mit 0,2 kWh je m<sup>3</sup> Rohbiogas<sup>106</sup> angenommen. Durch die Biogasreinigung wird der Methananteil von ca. 55 % auf > 90 % erhöht. Das aus dem Rohbiogas abgetrennte CO<sub>2</sub> geht wie das durch die Verbrennung des Biomethans freigesetzte CO<sub>2</sub> nicht in die Klimabilanz mit ein.

---

<sup>106</sup> FNR (2014): „Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung“. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Gülzow-Prüzen.

**Tabelle 30: CO<sub>2</sub>-Bilanz Biogasaufbereitung und Nutzung als Kraftstoff**

1	Herstellung von Biomethan als Kraftstoff	Betrag	Einheit	Quelle / Anmerkung
2	<b>Biogasproduktion</b>			
3	Rohbiogas in Nm <sup>3</sup>	90	Nm <sup>3</sup> Biogas/t Abfall	Annahme vgl. UBA-Texte 115/2019: 80-120 Nm <sup>3</sup> / t Abfall
4	Dichte Biogas	1,3	kg/Nm <sup>3</sup> Biogas	UBA Erläuterungen
5	Rohbiogas in kg	117	kg Biogas/t Abfall	Zeile 3 x Zeile 4
6	CO <sub>2</sub> -Emission der Rohbiogasgestehung	162	kg CO <sub>2</sub> e/t Abfall	Ifeu 2012 für mittl. Standard
7	CO <sub>2</sub> -Gutschrift Kompostwirkung mit C-Senke	-99	kg CO <sub>2</sub> e/t Abfall	Ifeu 2012 für komp. Gärrest
8	<b>CO<sub>2</sub>-Emission Biogasproduktion saldiert</b>	<b>540</b>	<b>g CO<sub>2</sub>e/kg Biogas</b>	<b>(Zeile 6 + Zeile 7) / Zeile 5 x1000</b>
9	<b>Biogasaufbereitung</b>			
10	Rohbiogasbestandteile	55%	Methan CH <sub>4</sub>	fnr 2014
11		40%	Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	
12		3%	Wasserdampf H <sub>2</sub> O	
13		2%	Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S	
14	Biomethanproduktion in Erdgasqualität	60	kg Biomethan/t Abfall	Zeile 5 x Zeile 10
15	Energiebedarf	0,2	kWh/kg Biogas	Annahme vgl. fnr 2014 Tab. 2.5 Konzeptvergleich: 0,09-0,27 kWh/m <sup>3</sup> / Zeile 4
16	<b>CO<sub>2</sub>-Emission Gasaufbereitung gesamt</b>	<b>80</b>	<b>g CO<sub>2</sub>e/kg Biogas</b>	<b>Gemis 5.0: 502 g CO<sub>2</sub>e/kWh x Zeile 15</b>
17	<b>CO<sub>2</sub>-Emission Biogasproduktion inkl. Aufbereitung saldiert</b>	<b>620</b>	<b>g CO<sub>2</sub>e/kg Biogas</b>	<b>Summe Zeile 8 und Zeile 16</b>
18	<b>Ersatz von Erdgas durch Biogas</b>			
19	spez. CO <sub>2</sub> -Emission Biogas	0	g CO <sub>2</sub> e/kg Biogas	klimaneutral
20	CO <sub>2</sub> e Biogasverbrauch gesamt	620	g CO <sub>2</sub> e/kg Biogas	Summe Zeile 17 + Zeile 19
21	CO <sub>2</sub> -Entlastung durch Ersatz von Erdgas saldiert	-2,8	kg CO <sub>2</sub> e/kg Biogas	Zeile 20 - 3.400 g CO <sub>2</sub> e/kg Erdgas /1.000
22		-80%		1 - Zeile 20 / 3.400 g CO <sub>2</sub> e/kg Erdgas
23	CO <sub>2</sub> -Entlastung durch Ersatz von Diesel saldiert	-3,5	kg CO <sub>2</sub> e/kg Biogas	Zeile 20 - 3.100 g CO <sub>2</sub> e/l Diesel x 1,3 l/kg / 1.000
24		-115%		1 - Zeile 20 / 3.100 g CO <sub>2</sub> e/l Diesel x 1,3 l/kg
25	Abfallmenge für Vergärung	13.900	t/a Abfall	ermitteltes Potenzial vgl. Kap. 5.7.3.7
26	aufbereitetes Biogas in kg absolut	800	t Biomethan/a	Zeile 14 x Zeile 25 / 1.000
27	Ersatz von Diesel	1.060.000	l Diesel/a	Zeile 26 x 1.000 / 1,3 l/kg
28		350%		Zeile 27 / 300.000 l/a
29	<b>CO<sub>2</sub>-Entlastung durch Ersatz von Erdgas saldiert</b>	<b>-2.200</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 21 x Zeile 26</b>
30	<b>CO<sub>2</sub>-Entlastung durch Ersatz von Diesel saldiert</b>	<b>-2.800</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 23 x Zeile 26</b>

Insgesamt belaufen sich die Emissionen durch die Biogasproduktion und -aufbereitung auf rd. 620 g CO<sub>2</sub>e je kg Biogas; die CO<sub>2</sub>-Emission durch die Verbrennung des Biomethans im Motor ist gleich 0 (klimaneutral). Durch den Ersatz von Erdgas durch Biomethan werden zusätzlich die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Erdgas in H. v. 3,4 kg CO<sub>2</sub>e/kg Erdgas eingespart, so dass sich eine CO<sub>2</sub>-Entlastung von 2,8 kg CO<sub>2</sub>e je kg Biogas ergibt. Bei einem Input von 13.900 t/a in die Vergärung und einer vollständigen Aufbereitung des Biogases zu Biomethan können rd. 800 t Biomethan im Jahr gewonnen und damit rd. 1,0 Mio. l Diesel ersetzt werden. Dies deckt den Kraftstoffbedarf für die Busflotte um das Dreifache. Daraus resultiert saldiert eine **Entlastung der Umwelt um rund 2.800 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr**.

### 5.7.6 Exkurs Klimafaktoren Strom als Kraftstoff

Alternativ zur Herstellung und Nutzung von Biogas als Kraftstoff soll nachfolgend der Einsatz von E-Fahrzeugen betrachtet werden.

Die Betrachtung erfolgt am Beispiel des Transportaufwands, um Grünabfälle von den 15 Grünabfallannahmestellen zu einem zentralen Biomassehof zu transportieren. Als Standort für den Biomassehof wird exemplarisch die Stadt Lüchow gewählt. Die Abschätzung des Transportaufwands erfolgt anhand der jährlichen Annahmemengen sowie der jeweiligen Entfernung der Annahmestelle zum Biomassehof. Darüber hinaus wird eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h sowie eine Zuladung von 20 t angenommen. Zusätzlich wird der Zeitbedarf für das Zu- und Abladen sowie Rüstzeiten, An- und Abfahrten für das Personal berücksichtigt. So wird insgesamt der Transportaufwand auf etwa 23.000 km/a abgeschätzt.

Für die mit dem Transport verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen werden pauschal folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

- Ein Dieselverbrauch des Transportfahrzeugs von 35 l auf 100 km
- Ein Stromverbrauch des E-Transportfahrzeugs von 116 kWh auf 100 km<sup>107</sup>

Darüber hinaus wurde ein Äquivalenzfaktor für Diesel von 313,6 g CO<sub>2</sub>/kWh und Energiegehalt von 9,9 kWh/l angesetzt (vgl. Kap. 5.7.5). Für den E-LKW wurde ein Äquivalenzfaktor von 505 g CO<sub>2</sub>/kWh für die Nutzung fremderzeugten Stroms angesetzt.<sup>108</sup>

---

<sup>107</sup> Es wurde der Mittelwert aus folgenden Angaben gebildet: Meyer Logistik (2015) gab einen Verbrauch bei gemischten Touren (Stadt, Landstraße und BAB) von **88 kWh auf 100 km** an (Zugriff über: <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/transport-logistik/elektro-lkw-meyer-logistik-zieht-bilanz-2994656>); Kaufmann (2019) berichtet für den Tesla Semi ein durchschnittlichen Verbrauch von **144 kWh auf 100 km** (<https://www.businessinsider.de/tech/experten-halten-elektro-trucks-wie-den-tesla-semi-fuer-volkswirtschaftlich-und-oekologisch-unsinnig-2019-2/>)

<sup>108</sup> Gemis 5.0 Stand Juli 2021 Netz-lokal 2018

Die nachfolgende Tabelle betrachtet die CO<sub>2</sub>-Belastungen des jeweiligen Kraftstoffeinsatzes. Dabei wird angenommen, dass in beiden Fällen der Kraftstoff an einer fremdbetriebenen Tankstelle bezogen wird.

**Tabelle 31: CO<sub>2</sub>-Emission Transporte - Kraftstoffvergleich Diesel und Strom**

Nr.	CO <sub>2</sub> -Emission Transporte	Betrag	Einheit	Quelle/ Anmerkung
1	gefahrte Kilometer	23.000	km/a	
<b>2</b>	<b>bei Einsatz von Diesel</b>			
3	Dieserverbrauch	8.100	l/a	Zeile 1 x Zeile 4
4	spez. Verbrauch	0,35	l/km	
5	Äquivalenzfaktor	313,6	g CO <sub>2</sub> /kWh	Fritsche, Schmidt 2007 vgl. Kap. 5.7.5
6	Energiegehalt	9,9	kWh/l	LfU 2009 vgl. Kap. 5.7.5
7	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro Liter	3.100	g CO <sub>2</sub> /l	Zeile 5 x Zeile 6
8	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro km	1.090	g CO <sub>2</sub> /km	Zeile 4 x Zeile 7
<b>9</b>	<b>CO<sub>2</sub>e Dieserverbrauch gesamt</b>	<b>25,0</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 1 x Zeile 8 /1.000.000</b>
<b>10</b>	<b>bei Einsatz von Strom</b>			
11	Stromverbrauch	26.700	kWh/a	Zeile 1 x Zeile 12
12	spez. Verbrauch	1,16	kWh/km	Mittelwert: Meyer Logistik 2015 Kaufmann 2019
13	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro kWh	505	g CO <sub>2</sub> /kWh	Gemis 5.0 Stand Feb. 2021
14	spez. CO <sub>2</sub> -Emission pro km	590	g CO <sub>2</sub> /km	Zeile 12 x Zeile 13
<b>15</b>	<b>CO<sub>2</sub>e Stromverbrauch gesamt</b>	<b>14,0</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 1 x Zeile 14 /1.000.000</b>
<b>16</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Entlastung Ersatz Diesel durch</b>	<b>-11,0</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>Zeile 15 - Zeile 9</b>
<b>17</b>	<b>Strom</b>	<b>-44%</b>		<b>1 - Zeile 15 / Zeile 9</b>

Insgesamt belaufen sich die Emissionen durch den Dieserverbrauch bei einer Fahrleistung von 23.000 km/a auf rd. 620 t CO<sub>2</sub>e/a. Durch den Ersatz von Diesel durch Strom können insgesamt 44 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Dies entspricht einer **Entlastung der Umwelt um rund 11 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr**.

## 5.8 Darstellung der rechtlichen Randbedingungen

Die Errichtung und der Betrieb eines Biomassehofs sowie die Vermarktung der erzeugten Produkte berührt verschiedene Rechtsbereiche, die nachfolgend kurz angesprochen werden.

### 5.8.1 Genehmigungsrechtliche und raumplanerische Randbedingungen

Ein Biomassehof ist als Anlage zur Lagerung und Behandlung von Abfällen anzusehen. Die Genehmigung erfolgt nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Bei den Genehmigungs- bzw. Zulassungsverfahren wird nach Neu- und Änderungsverfahren, nach förmlichen und vereinfachten Verfahren und solchen mit oder ohne Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem UVPG unterschieden.

Im Anhang 1 der 4. BImSchV wird das zu wählende Genehmigungsverfahren von der Anlagenkapazität oder der Anlagengröße abhängig gemacht. Erreicht oder überschreitet die Anlage die dort genannten Leistungsgrenzen oder Anlagengrößen, bedarf sie einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung. Dabei wird unterschieden in Genehmigungsverfahren gemäß § 10 BImSchG (förmliches Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung) und dem sogenannten Vereinfachten Verfahren gemäß § 19 BImSchG (ohne Öffentlichkeitsbeteiligung).

Für „Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen“ gilt ab einer Durchsatzkapazität an Einsatzstoffen von 75 Tonnen oder mehr je Tag das Verfahren nach § 10 BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung, von 10 Tonnen bis weniger als 75 Tonnen je Tag das Vereinfachte Verfahren.

Innerhalb der Genehmigungs- bzw. Zulassungsverfahren werden neben dem Immissionsschutz diverse andere öffentlich-rechtliche Belange wie Baurecht, Wasserrecht, Planungsrecht und natürlich Abfallrecht durch die Beteiligung der verschiedenen Behörden gewährleistet (Konzentrationswirkung).

Der Betrieb eines Biomassehofs kann Lärm und Geruchsimmissionen erzeugen, die als schädliche Umwelteinwirkungen zu qualifizieren sein können. Lärmemissionen entstehen ggf. bei der Aufbereitung der Biomassen, beim Betrieb des Blockheizkraftwerkes und durch den An- und Abfahrtsverkehr. Geruchsemissionen können im Vergärungs- und der Nachrottebereich entstehen, auch Lagerbereiche können betroffen sein. Die Maßstäbe und Grenzwerte für die zumutbaren Schallimmissionen ergeben sich aus der Technischen Anleitung (TA) Lärm, der Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV) und der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV). Da auf Biogasanlagen mit geruchsintensiven Stoffen umgegangen wird, ist u. U. die Nr. 5.2.8 „Geruchsintensive Stoffe“ der TA Luft zu beachten und umzusetzen. Auch die Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) ist anzuwenden.

Die Anforderungen der TA Luft regeln z. B. einen Mindestabstand zur nächsten Wohnbebauung (für Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen 300 m bei geschlossenen Anlagen, 500 m bei offenen Anlagen), gleichlautend bei Abfallvergärungsanlagen. Weitere Anforderungen bestehen hinsichtlich der Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung.

Auf einer Biogasanlage wird mit verschiedenen wassergefährdenden Stoffen wie Gärresten, Silagesickersäften, Motoröl und Biodiesel umgegangen. Daher greifen hier die einschlägigen Gesetze und Verordnungen des Wasserrechts.

Die Genehmigung ist nach § 6 BImSchG zu erteilen,

- wenn sichergestellt ist, dass der Antragsteller seine sich aus § 5 BImSchG und einer auf Grund des § 7 BImSchG erlassenen Rechtsverordnung (z. B. 12., 17. oder 31. BImSchV) ergebenden Pflichten erfüllt (§ 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG) und
- andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen (§ 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG).

Im Gegensatz zu einem Planfeststellungsverfahren (z. B. bei Deponien) muss kein Bedarfsnachweis erbracht werden, der Antragsteller hat somit Anspruch auf Genehmigung, soweit die o. g. Pflichten erfüllt sind. Allerdings hat er darzustellen, woher seine Inputstoffe kommen werden.

Zudem ist gegebenenfalls die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit (Anpassung von Flächennutzungsplan und evtl. Bebauungsplan) zu schaffen. Anlagen müssen entweder im Flächennutzungsplan oder im Bauplan genehmigt werden, beide werden von den Kommunen erstellt.

Im Bereich des Planungsgebietes dürfen weder naturschutzrechtliche noch denkmalrechtliche Schutzgebiete liegen.

Die weiteren Genehmigungen (vor allem Baugenehmigung usw.) sind größtenteils von der konzentrierenden Wirkung des Immissionsschutzrechts (§ 13 BImSchG) erfasst.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass eine Errichtung in ausgewiesenen Industriegebieten gemäß § 9 Abs. 1 Baunutzungsverordnung (BaunVO) zulässig sein dürfte („*Industriegebiete dienen ausschließlich der Unterbringung von Gewerbebetrieben, und zwar vorwiegend solcher Betriebe, die in anderen Baugebieten unzulässig sind.*“)

Eine Ansiedlung einem Gewerbegebiet gemäß § 8 Abs. 1 BauNVO („*Gewerbegebiete dienen vorwiegend der Unterbringung von nicht erheblich belästigenden Gewerbebetrieben.*“) ist dagegen eher nicht zulässig.

Häufig erfolgt auch eine Ausweisung als „Sonstiges Sondergebiet“ gemäß § 11 BauNVO, z. B. mit dem Hinweis: *Sonstiges Sondergebiet "Kompostierungs- und Recyclinganlage"*.

Der Bau einer Biogasanlage „im Außenbereich“ eines Dorfes gemäß § 35 Abs. 6 BauGB zulässig, wenn

- die Biomasse überwiegend aus dem Betrieb oder überwiegend aus diesem und aus nahegelegenen Betrieben stammt,
- je Hofstelle oder Betriebsstandort nur eine Anlage betrieben und
- die Kapazität einer Anlage zur Erzeugung von Biogas 2,3 Mio. Nm<sup>3</sup>/a Biogas nicht überschreitet, die Feuerungswärmeleistung anderer Anlagen überschreitet nicht 2,0 Megawatt.

Diese Ausnahmen betreffen klassische landwirtschaftliche Biogasanlagen, ein Biomassezentrum würde schon aufgrund der unterschiedlichen Herkunft der Biomassen nicht unter diese Regelung fallen; bei Ergänzung durch weitere Technologien wie z. B. eine Hackschnitzelfeuerung oder eine Pyrolyseeinheit ohnehin nicht.

## 5.8.2 Regelungen zum Umgang mit Biomassen

Weitere Rechtsgebiete berühren den Umgang mit Biomassen bzw. die stoffliche Verwertung von Komposten und Gärprodukten:

**Bioabfallverordnung:** Die *Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV)* regelt die bodenbezogene Verwertung von Bioabfällen. Dafür sind Vorgaben zur Hygiene der Bioabfallkomposte und Gärrückstände enthalten, damit tierische und pflanzliche Krankheitserreger sich nicht verbreiten können. Ebenso wird die Belastung mit Schwermetallen und Fremdstoffen limitiert. Umfangreiche Untersuchungspflichten stellen sicher, dass durch die Aufbringung von Komposten und Gärresten keine Umweltbelastungen entstehen. Die derzeit in der Novellierung befindliche Neufassung soll den Eintrag von Kunststoffen und anderen Fremdstoffen in die Umwelt bei der bodenbezogenen Verwertung von Bioabfällen wieder reduzieren.

**Biomasseverordnung:** Die *Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung - BiomasseV)* regelt für den Anwendungsbereich der Vergütungsregelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), welche Stoffe vergütungsrechtlich als Biomasse anerkannt werden, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse in den Anwendungsbereich des EEG fallen und welche Umweltauflagen bei der Erzeugung von Strom aus Biomasse einzuhalten sind.

**Düngemittelverordnung:** Die *Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln - Düngemittelverordnung (DüMV)* regelt die Zulassung und Kennzeichnung von Düngemitteln. Grundsätzlich sind alle Produkte betroffen, die landwirtschaftlich eingesetzt werden, egal ob zur Humusanreicherung oder zur Düngung, somit auch sämtliche Kompostprodukte als auch Gärprodukte. Seit 2019 gelten neue Vorschriften, für Biomassen aus der Kreislaufwirtschaft sind v.a. folgende Änderungen relevant<sup>109</sup>:

- Vorgaben zur allgemeinen Reduzierung von Fremdbestandteilen in organischen Abfällen
- Vorgaben zur Entpackung und Abtrennung von Verpackungen bei verpackten Lebensmitteln aus Handel und Produktion vor der ersten biologischen Behandlung
- Absenkung der Partikelgröße von Fremdbestandteilen von > 2 auf > 1 mm

**Hinweis zu Biokohle:** Biokohle ist bislang nicht als Bodenverbesserer in der DüMV gelistet und kann demzufolge nicht unmittelbar als Düngemittel verwertet werden. Allerdings wurde Pflanzenkohle durch die Durchführungsverordnung (EU) 2019/2164 als vereinbar mit den Grundsätzen des Ökolandbaus befürwortet und in den „Anhang I Düngemittel, Bodenverbesserer und Nährstoffe“ der VO (EG)

---

<sup>109</sup> Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2019): „Neue Vorschriften der Düngemittelverordnung“. Zugriff über: [https://www.kompost.de/fileadmin/user\\_upload/Dateien/HUK-Dateien/2019/Q4\\_2019/Neue\\_Vorschriften\\_der\\_Duengemittelverordnung\\_\\_Q4\\_2019.pdf](https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/HUK-Dateien/2019/Q4_2019/Neue_Vorschriften_der_Duengemittelverordnung__Q4_2019.pdf)

Nr. 889/2008 aufgenommen. Durch diverse Studien soll die Verwertbarkeit der Pyrolysekohlen als Düngemittel nachgewiesen und somit die Aufnahme in die DüMV ermöglicht werden.

**Düngeverordnung:** Die *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung, DüV)* regelt die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und auf anderen Flächen zu verringern.

### 5.8.3 Betrieb von Anlagen

Weiterhin gibt es zahlreiche Regelungen, die den sicheren Anlagenbetrieb gewährleisten sollen. Erwähnt werden hier:

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

### 5.8.4 Förderung Erneuerbare Energien

Die Errichtung von Biogasanlagen wird durch vereinzelte Maßnahmen der Bundesländer, des Bundes sowie auch anderer Institutionen gefördert. Die Vergütung für aus Biomasse erzeugten Strom ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt.

**Erneuerbare-Energien-Gesetz:** Das *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021)* regelt die Vergütung von erneuerbaren Energien. Es hat 2017 gegenüber seiner ursprünglichen Fassung im Jahr 2000 einen grundlegenden Systemwechsel vollzogen. Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien produzieren, können zukünftig nicht mehr wie bisher üblich eine gesetzlich festgelegte Vergütung für jede eingespeiste Kilowattstunde (kWh) in Anspruch nehmen. Die Anlagen erhalten nur dann eine Vergütung im Rahmen des EEG, wenn sie erfolgreich an Ausschreibungen der Bundesnetzagentur teilnehmen. Dabei konkurrieren die Anlagen technologiespezifisch in einzelnen Ausschreibungsrunden miteinander. Entscheidend für eine Zuschlagsvergabe ist nur der Gebotspreis. Um die Kosten für den Ausbau erneuerbarer Energien zu senken, wurden Gebotshöchstpreise in das EEG integriert.

Im Jahr 2021 trat die mittlerweile fünfte Überarbeitung des EEG mit einigen Änderungen für Biomasseanlagen in Kraft. Für Strom aus Biomasse bestehen in Abhängigkeit von der Anlagengröße unterschiedliche Möglichkeiten:<sup>110</sup>

- die Festvergütung: Für Anlagen bis 100 kWel

---

<sup>110</sup>Fachagentur Wachsende Rohstoffe e. V. (FNR): „EEG 2021- Neuer Rahmen für Biogasanlagen“. Zugriff über: <https://biogas.fnr.de/rahmenbedingungen/eeg-2021>

- die Marktprämie: Für Anlagen ab 100 kWel
- das Ausschreibungssystem: Für Anlagen ab 100 kWel

**Festvergütung:** Nach EEG 2021 erhalten neue Biomasseanlagen bis zu einer installierten Leistung von 100 kWel eine Festvergütung in Höhe von 12,6 ct/kWhel. Sie ergibt sich aus dem anzulegenden Wert in Höhe von 12,8 ct/kWhel (§ 42) und einer Reduktion für Biomasseanlagen nach § 53 in Höhe von 0,2 ct/kWhel. Die Vergütung erfolgt in Höhe der Bemessungsleistung von 45 % der installierten Leistung bei Biogas und 75 % bei fester Biomasse (§ 39i Abs. 2). Die restlichen 55 bzw. 25 % werden mit dem Börsenpreis vergütet. Der anzulegende Wert verringert sich ab dem 1.7.22 jährlich um 0,5 % gegenüber dem Vorjahreswert (§ 44a).

**Direktvermarktung:** Biomasseanlagen mit einer installierten Leistung bis zu 100 kW können ihren Strom freiwillig an der Strombörse vermarkten (Direktvermarktung) und erhalten so Anspruch auf die Marktprämie. Für Anlagen mit einer installierten Leistung zwischen 101 und 150 kW ist die Direktvermarktung verpflichtend. Die Marktprämie errechnet sich aus dem anzulegenden Wert (12,8 ct/kWhel) und dem Monatsmittelwert des Spotmarktpreises (§ 42, § 23a). Auch hier gilt eine jährliche Degression von 0,5 %. Die Auszahlung der Marktprämie an den Anlagenbetreiber erfolgt durch den Netzbetreiber. Den Strombörsenerlös erhält der Anlagenbetreiber von einem beauftragten Direktvermarkter, der den Strom an der Börse vermarktet. Erzielt der Direktvermarkter Erlöse, die über dem monatlichen Spotmarkt-Preis liegen, ist dies ein zusätzlicher Gewinn für den Anlagenbetreiber. Durch die Marktprämie ist dem Anlagenbetreiber eine Mindestvergütung gesichert. Die Vermarktung des Stroms an der Börse kann zusätzliche Einnahmen generieren.

**Ausschreibungssystem:** Das Ausschreibungssystem basiert auf dem gleichen Prinzip der Direktvermarktung und dem Erhalt der Marktprämie. Wesentlicher Unterschied: Der anzulegende Wert wird nicht gesetzlich festgelegt, sondern wettbewerblich ermittelt. Dazu müssen Anlagenbetreiber von Biomasseanlagen ab einer installierten Leistung von 150 kW an der Ausschreibung teilnehmen. Biomasseanlagen mit einer installierten Leistung unter 150 kW dürfen nicht an den Ausschreibungen teilnehmen, es sei denn, es handelt sich um Bestandsanlagen (§ 22 Abs. 4).

Die Bundesregierung hat im EEG 2021 für Biomasseanlagen das Ausbauziel für 2030 auf 8,4 GW installierte Leistung festgelegt. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das jährliche Ausschreibungsvolumen auf 600 MW angehoben. Die Ausschreibungen für Biomasseanlagen finden jedes Jahr zu den Gebots Terminen 1. März und 1. September statt. Die Höchstgebotswerte wurden für Neuanlagen auf 16,4 ct/kWhel und für Bestandsanlagen auf 18,4 ct/kWhel angehoben. Sie verringern sich ab dem 01.01.2022 jährlich um 1 % gegenüber dem jeweiligen Vorjahreswert (§ 39).

Weitere Fördermittel stellen Bund und Länder für bestimmte klimarelevante Maßnahmen wie die Biomassenutzung zur Verfügung. Darunter fallen auch Förderungen von investiven Maßnahmen.

## 6. Zusammenfassung und Fazit

Der Kreistag des Landkreises Lüchow-Dannenberg hat im Jahr 2017 den Masterplan „100 % Klimaschutz in Lüchow-Dannenberg“ verabschiedet. In diesem werden verschiedene Ziele und Maßnahmen vorgegeben, wie das Ziel „klimaneutrale Kommune“ im Jahr 2050 erreicht werden kann. Im Bereich Energie /Wärme / Kreislaufwirtschaft wird das Thema energetische Nutzung der Biomasse angesprochen. Ziel ist die Entwicklung und der Betrieb eines „Biomassehofes“, ggf. mit Hilfe einer investiven Förderung. ATUS wurde beauftragt, eine Potenzialanalyse sowie eine Machbarkeitsstudie zur Umsetzung eines Biomassehofs durchzuführen.

### 6.1 Potenzialanalyse

Es wurden die im Kreisgebiet vorhandenen Potenziale an Biomassen ermittelt. Dabei wurde zwischen flächenbezogenen und sonstigen Potenzialen unterschieden.

#### 6.1.1 Flächenbezogenes Potenziale

Die flächenbezogene Grünabfallpotenziale wurden über die tatsächliche Nutzung der Flächen ermittelt. Der Landkreis Lüchow-Dannenberg erstreckt sich über ein Gebiet von 122.716 ha.

**Wohnbauflächen:** Die nicht versiegelte Fläche macht bei Mehrfamilienhäusern 72 % und bei Einfamilienhäusern sowie Doppelhaushälften 86 % aus. Insgesamt konnte ein theoretisches Gartenabfallpotenzial von rd. **45.800 t/a** ermittelt werden. Weil derzeit an den Grünabfallannahmestellen nur rd. 13.000 bis 15.000 t/a angeliefert werden, wobei ca. 10 % aus gewerblichen Anlieferungen stammen und damit nicht in den Bereich Wohnbauflächen fallen, dürfte der Differenzbetrag entweder von den Bewohnern selbst kompostiert oder anderweitig entsorgt werden (liegenlassen, Osterfeuer etc.).

Da das im Landkreis erfasste Grünabfallaufkommen bereits sehr hoch ist und deutlich über den Landesdurchschnitt in Niedersachsen liegt, dürften wohl kaum noch weitere Potenziale aktivierbar sein, so dass das tatsächlich aktivierbare Potenzial auf rd. **15.000 t/a** geschätzt wird. Eine Auswertung der Annahmemengen an den Grünabfallannahmestellen in Lüchow-Dannenberg in den Jahren 2013 bis 2018 ergab, dass die erfassten Grünabfälle aus privaten Haushaltungen durchschnittlich aus 25 % Baum- und Strauchschnitt und 75 % Laub- und Rasenschnitt bestehen.

**Industrie- und Gewerbeflächen:** Diese Nutzungsart macht einen Flächenanteil von 14 % aus. Auch hier mittels Analyse einer Stichprobe die unversiegelten Flächen abgeschätzt. Danach sind mindestens 10 % dieser Flächen unversiegelt. Das theoretische Potenzial beläuft sich auf rd. **1.100 t/a Grünabfall**.

**Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen:** Es wurde ein **Grünabfallaufkommen** von rd. **3.600 t/a** ermittelt. Da der Rasen von Sport- und Parkflächen zum größten Teil über Mulchmähd kurz gehalten wird und eine Aufnahme und Abfuhr des Mahds zu höheren Kosten führen würde, ist anzunehmen, dass

das Grünabfallaufkommen sich ausschließlich auf die holzigen Grünabfälle beschränken würde, die etwa 1/3 des Gesamtgrünabfallaufkommens (**1.200 t/a**) ausmachen sollten.

**Friedhöfe:** Die statistisch ausgewiesene Fläche von 62 ha umfasst ausschließlich die zur Bestattung dienende Grünflächen. Für Lüchow-Dannenberg wird ein theoretisches Potenzial von etwa **1.000 t/a Friedhofsabfall pro Jahr** abgeschätzt.

**Straßenverkehrsflächen:** Straßen werden oftmals von Grünflächen und Gehölzen begleitet. Insgesamt beläuft sich das theoretische Grünschnittpotenzial des Straßenbegleitgrüns auf rd. **3.400 t/a Rasenschnitt und rund 600 t/a holzigen Grünabfällen**. Die Befragung der Kreisstraßenmeisterei in Lüchow-Dannenberg zeigte jedoch, dass kaum Biomassepotenzial aus dem Straßenbegleitgrün gewonnen werden kann. Das Material verbleibt aus Kostengründen normalerweise am Anfallort bzw. wird als Bodenbedecker in nahegelegene Gebüsche verblasen, zum anderen wird brauchbarer Strauchschnitt zum Teil geschreddert an Landwirte als Einstreumaterial vermarktet.

**Schienenbegleitgrün:** Auch Bahnstrecken sind von Grün- und Gehölzflächen umgeben, wobei die Gehölze eindeutig dominieren. Allerdings führte die Deutsche Bahn bis Ende 2011 ein intensives Pflegeprogramm fast aller Streckenabschnitte in Deutschland durch, bei dem die Begleitgehölze stark aus der Rückschnittzone zurückgedrängt wurden, sodass derzeit nur noch sehr wenig Pflegematerial anfällt. Das Biomasseaufkommen schwankt zudem jährlich und räumlich aufgrund variierender Witterungs-, Standort-, Wuchs- und Pflegebedingungen wie auch artspezifischer Variationen. Das Potenzial wird mit **160 t/a** abgeschätzt. Allerdings ist der Aufwand für die Erfassung sehr hoch, da zu den Flächen meist kein direkter Straßenzugang besteht, was den Zugang mit Transportfahrzeugen erschwert und die Arbeiten zu Verzögerungen und Zugausfällen im Bahnverkehr führen.

**Landwirtschaftsflächen:** Im Kreis Lüchow-Dannenberg gibt es knapp 600 landwirtschaftliche Betriebe, die insgesamt rund 60.000 ha landwirtschaftlichen Flächen bewirtschaften. Bei den Befragungen von Landwirten hat sich gezeigt, dass kaum Interesse besteht, Biomassen einer Verwertung über einen Biomassehof zuzuführen, da die anfallenden Reststoffe vollständig im Betrieb selbst verwertet werden; zum Teil werden sie direkt in den Boden eingearbeitet, zum Teil auch erst kompostiert und dann auf den Acker aufgebraucht.

Auch die Biomasse von intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen wird vollständig durch Beweidung oder in Form von Grassilage und Heu als Futtermittel aber auch zu einem geringen Anteil als Biogassubstrat verwertet und steht so dem Biomassehof nicht zur Verfügung. Des Weiteren wird Stroh in der Landwirtschaft zum einen zur Humusbildung, als Einstreumaterial oder von Strohhändlern zumeist für gartenbauliche Zwecke überregional gehandelt.

Lediglich Grünschnitt aus der Pflege von (Gewässer-)randstreifen wurde potenziell als Biomasse für den Biomassehof genannt. Derzeit wird der anfallende Grünschnitt am Anfallort zerkleinert und als Dünger auf den Flächen belassen, teilweise auch als Haufwerk verbrannt. Um diese Grünabfälle für den Biomassehof zu gewinnen, müsste der Transportaufwand für die Landwirte entsprechend entlohnt werden. Da der Grünschnitt bislang keiner Verwertung zugeführt wird, existieren bislang keine

Kenntnisse über die jährlich anfallende Menge und Qualität des Randstreifengrüns, weshalb sich das Potenzial derzeit nicht beziffern lässt.

**Waldflächen:** 37 % der Gesamtkreisfläche ist mit Wald bedeckt. Die Befragung der Forstbetriebsgemeinschaft Ostheide (FBG) ergab, dass kein aktivierbares Potenzial durch Waldholz bestehe, da bereits langjährige Rahmenverträge mit der Holzindustrie bestehen. Auch für Kalamitätsholz, welches durch Ereignisse wie Sturmschäden, Trockenheit und/ oder Schädlingsbefall zusätzlich anfällt, bestehen bereits stoffliche und energetische Verwertungswege. Einziges Potenzial wird im Bereich des Schlagabraums (Rinde, Laub, Nadeln, Reisig, Waldrestholz) gesehen. Dieses Biomassepotenzial wird auf rd. **30.000 Schüttraummeter** Hackschnitzel aus Waldresthölzern bzw. **6.000 t/a atro im Jahr** geschätzt. Da eine Nutzung des Waldrestholzes nicht nur ein Entzug von Nährstoffen für den Wald bedeutet, sondern auch wichtige Funktionen zur Klimaanpassung im Wald und der Feuchtigkeitsregulation werden gestört werden, ist die Gewinnbarkeit dieses Potenzials auch von den künftigen Strategien zur Waldbewirtschaftung (stoffliche oder energetische Nutzung des Holzes oder eher eine naturnahe Bewirtschaftung zur Erhöhung der Biodiversität) im Landkreis Lüchow-Dannenberg abhängig. Daher werden die ermittelten Potenziale zunächst als nicht gewinnbares Potenzial ausgeschlossen.

**Wasserflächen:** Bei den Wasserflächen sind vor allem größere stehende Gewässer und Fließgewässer von Interesse. Der Landkreis hat verschiedene Seen und ist von diversen Fließgewässern sowie Gräben durchzogen. Insgesamt ergibt sich ein theoretisches Potenzial von rund **650 t/a Grasschnitt und 100 t/a Gehölzschnitt pro Jahr**. Die unter wirtschaftlichen und logistischen Gesichtspunkten tatsächlich erreichbaren Mengen dürften niedriger als die dargestellten Werte sein: insbesondere die schlechte Zugänglichkeit vieler Randstreifen dürfte Einsammlung und Transport sehr erschweren. Wir gehen nicht davon aus, dass für den Biomassehof ein nennenswertes Potenzial zur Verfügung steht.

**Naturschutzgebiete:** Zu den Naturschutzgebieten zählen gesetzlich geschützte Biotope sowie andere förmlich geschützte Gebiete wie FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete, Biosphärenreservate etc. Umfang und Intensität der Pflegearbeiten hängen in der Regel von den verfügbaren Finanzmitteln der Naturschutzbehörden sowie dem Engagement privater Umweltschutzgruppen ab. Grünland-, Acker- und Forstflächen innerhalb dieser Gebiete werden an Landwirte und Forstbetriebe verpachtet, deren Bewirtschaftung gehört damit nicht zum Aufgabenbereich der Landschaftspflegeverbände. Insgesamt machen die Vegetationsflächen von Mooren, Sümpfen, Heiden, Unland und Gehölzen lediglich 2 % der gesamten Vegetationsfläche in Lüchow-Dannenberg aus; der überwiegende Teil sind Waldflächen, welche durch Förstereien bewirtschaftet werden. Als theoretisches Potenzial wurden **ca. 3.750 t/a krautiges und ca. 1.250 t/a holziges Landschaftspflegematerial ermittelt**.

Die Befragungen der Landschaftspflegeverbände ergaben, dass meist nur der Gehölzschnitt abgefahren und einer Entsorgung über Grünpflegeplätze oder Kompostierungsanlagen in Lüchow-Dannenberg zugeführt werden. Für die Mahd stehen bisher für die Aufnahme und den Transport keine geeigneten Maschinen zur Verfügung. Eine kostengünstige Entsorgungsmöglichkeit würde hier ein großes Potenzial für naturschutzfachliche Verbesserungen (Grünlandschutz, Gewässerschutz, Insektenschutz, Biotopverbund u.a.) entfalten.

Aufgrund der beschränkten finanziellen Mittel besteht seitens der Landschaftspflegeverbände ein großes Interesse an kostengünstigen Möglichkeiten zur fachgerechten Entsorgung des Landschaftspflegematerials. Allerdings fällt das Material aufgrund fehlender finanzieller Mittel sehr unregelmäßig an (alle 5 bis 8 Jahre).

**Summe flächenbezogenes Potenzial:** In der Summe gehen wir von einem für einen Biomassehof tatsächlich aktivierbaren **flächenbezogenen Potenzial** von rd. **24.300 t/a** aus; davon **7.250 t/a Hackschnitzel**.

### 6.1.2 Sonstige Potenziale

**Bioabfall:** Zur Erfassung von Küchenabfällen wurde 2019 im Landkreis das Pilotprojekt „Biomüllschleusen“ als Bringsystem an ausgewählten Standorten installiert. Eine flächendeckende Biotonne als Holsystem wurde bisher noch nicht eingeführt. Aktuelle Überlegungen beinhalten den Anschluss der Kerngebiete Lüchow, Dannenberg, Hitzacker und Wustrow an die Biotonne. Dies wären rund 26.000 Einwohner; bei einer Anschlussquote von 70 % wären etwa **2.500 t/a Bioabfall** zu gewinnen.

**Lebensmittelabfall:** Befragungen ergaben, dass es hier i. d. R. bereits funktionierende Strukturen gibt; brauchbare Lebensmittel werden an karitative Einrichtungen weitergegeben, sonstige Lebensmittel werden über die Dranktonne entsorgt. Dass für den Biomassehof gewinnbare Potenzial ist daher wohl nicht relevant.

Das gilt auch für **Holzverarbeitende Betriebe:** Befragungen ergaben, dass Holzspäne und Sägeabschnitte direkt in der eigenen Hackschnitzelheizung verwertet werden. Weitere Abfälle sind lediglich belastetes Holz wie beschichtete Fensterrahmen, die für eine Hackschnitzelfeuerung nicht in Frage kommen.

Insgesamt wird das tatsächlich aktivierbare Potenzial aus der Lebensmittel- und Holzverarbeitung sowie anderen Biomasse erzeugenden Betrieben auf **rd. 1.000 t/a** geschätzt.

**Summe sonstiges Potenzial:** In der Summe gehen wir von einem für einen Biomassehof tatsächlich aktivierbaren **sonstigen Potenzial** von rd. **3.500 t/a** aus.

Es liegt auf der Hand, dass die Angaben für die Potenziale mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Dies gilt vor allem für die für den Biomassehof gewinnbaren Potenziale, weil diese auch von den finanziellen und logistischen Konditionen für die jeweiligen Abfallerzeuger abhängig sind. Würde der Biomassehof die Biomassen nicht nur kostenlos verwerten, sondern auch für die Einsammlung und den Transport sorgen, so wäre das theoretische Potenzial auch tatsächlich gewinnbar. Die Frage „wieviel Biomasse würdet Ihr uns bereitstellen, wenn wir sie kostenlos abnehmen und vielleicht sogar den Transport übernehmen würden“ würde sicherlich zu deutlich höheren Mengen führen.

## 6.2 Verwertungsverfahren für einen Biomassehof

Ein Biomassehof kann z. B. als ein zentraler Logistik- und Verwertungsstandort für Biomassen betrieben werden, der Biomassen getrennt erfasst und aufbereitet, um daraus Energie oder Produkte herzustellen, die der Energieerzeugung dienen können.

Die dafür geeigneten Techniken werden kurz beschrieben. Als zentraler Bestandteil sehen wir eine **Trockenfermentation**, die der Gewinnung von Strom, Wärme aus Biogas und Kompost aus den festen Restprodukten dienen soll. Neben der Trockenfermentation, die als gängiges Vergärungsverfahren für feste Biomasse anzusehen ist, wurden auch noch weitere Verfahren kurz betrachtet. Bei der Trockenvergärung (wie auch bei der Nassvergärung, die jedoch vorrangig für fließ- und pumpfähige Inputstoffe in Frage kommt) wird unter Sauerstoffausschluss durch Mikroorganismen das organische Material zersetzt und Biogas frei, das zu etwa 60 % aus energiereichem Biomethan besteht. Das erzeugte Biogas kann anschließend entweder im Blockheizkraftwerk (BHKW) von einem Verbrennungsmotor in Strom und Wärme umgewandelt oder über nach einer weitergehenden Aufbereitung ins Erdgasnetz eingespeist werden. Das aufbereitete Biogas kann auch als Kraftstoff verwertet werden. Die im BHKW erzeugte Wärme kann für den Eigenbedarf verwendet werden, Überschussanteile können an ein Nahwärmenetz oder an sonstige Wärmeverbraucher geliefert werden.

Neben der herkömmlichen Kompostierung und landbaulichen Verwertung von Biomasse, der landbaulichen Verwertung mit vorgeschalteter Energiegewinnung durch Vergärung und der direkten Verbrennung holziger Fraktionen wird auch die Aufbereitung von Biomasse durch Verkohlungsverfahren diskutiert - Stichwort Biokohle. Durch die Verkohlung kann aus Biomasse ein Brennstoff erzeugt werden, der eine weitaus höhere Energiedichte sowie bessere Transportfähigkeit, Lagerbeständigkeit und technische Handhabbarkeit (Mahlbarkeit, Förderfähigkeit) aufweist als das Ausgangsprodukt. Die produzierte Biokohle kann danach nicht nur energetisch genutzt werden, auch für ihre stoffliche Nutzung bestehen Anwendungsgebiete wie die Herstellung von Dämmmaterialien, Straßenbelagszusatzstoffen, Industrieruß oder Aktivkohle. Erforscht wird derzeit auch der Nutzen der Einbringung von Biokohle in Böden zur Bodenverbesserung und zur dauerhaften Speicherung des Kohlenstoffs. Weiterhin technisch hochinteressant ist das Verfahren, da auch Kunststoffe verwertet werden können. Als Inputmaterial kann zum Beispiel für die Vergärung weniger geeignete krautige Biomasse aus der extensiven Pflege aber auch der Gärrest aus der Trockenfermentation eingesetzt werden.

Weiterhin wird die energetische Nutzung von Biomasse mittels Hackschnitzelheizungen wie auch auf die Herstellung von Holzpellets zur Verfeuerung in dezentralen Heizungen betrachtet.

Aus unserer Sicht kann eine Vergärungsanlage nach dem Trockenfermenterprinzip ein geeignetes Herzstück eines Biomassehofs bilden, aber es können ergänzend weitere Technologien wie eine Hackschnitzelfeuerung oder die Herstellung von Pellets oder von Biokohle zum Einsatz kommen. Eine Technologieentscheidung muss dabei auch die Art und Menge der verfügbaren Biomassen sowie von Art

und Menge der vermarktbareren Energie und sonstigen Produkte abhängen. Auch der konkrete Standort ist ein wichtiger Aspekt; wenn z. B. Wärme abgegeben werden soll, müssen entsprechende Verbraucher in der Umgebung vorhanden sein.

### 6.3 Umsetzung eines Biomassehofs

Für die Verfahren Biomassevergärung, Hackschnitzelaufbereitung, Pyrolyse und Biogasaufbereitung wurde auf die **Wirtschaftlichkeit** eingegangen. Es ist darauf hinzuweisen, dass Invest- und Betriebskosten wie auch die Erlöse sehr von der konkreten Ausgestaltung des Biomassehofs abhängig sind, so dass die Angaben sich bei einer konkreten Umsetzung noch deutlich verändern können. Dies gilt auch im Hinblick auf investive und andere Förderungen, die zu einer deutlichen Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen führen können. Neben der Vergärung in einer Anlage wurde auch eine dezentrale Vergärungsvariante mit 4 – 5 Anlagen betrachtet; die damit erzielbaren Vorteile bei der Logistik für die Anlieferung des Outputs und die Vermarktung der erzeugten Komposte würde in wirtschaftlicher Hinsicht die höheren spezifischen Kosten für die kleineren Anlagengrößen nicht vollständig kompensieren. Bei einer dezentralen Variante wäre zudem eine Beschränkung auf die Biomassevergärung anzuraten, allenfalls an einem von mehreren dezentralen Standorten könnten weitere Funktionen wie eine Hackschnitzelfeuerung, eine Pyrolyse oder eine Biogasaufbereitung integriert werden.

Es liegt auf der Hand, dass diese wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eines Biomassehofes es ermöglichen müssen, dass die Preise für die Produkte und Dienstleistungen wettbewerbsfähig sind. Dabei haben die beiden Gruppen Energieversorger / sonstige Gewerbebetriebe und öffentliche Einrichtungen eine hohe Preissensitivität. Aufgrund der großen Abnahmemenge sowie des hohen Spardrucks öffentlicher Einrichtungen haben bereits kleine Preisunterschiede eine große Hebelwirkung auf die beschaffte Menge und die absolute gezahlte Summe. Bei privaten Haushalten hingegen haben neben dem Preis auch die Nachhaltigkeit und die Nutzung regionaler Ressourcen einen hohen Stellenwert bei der Kaufentscheidung.

Es werden verschiedene **Betreibermodelle** für Biomassehöfe dargestellt. Dabei zeigt es sich, dass hier sehr unterschiedliche Trägerschaften gegeben sind; teilweise rein private Träger, teilweise rein kommunale Träger wie auch Mischformen.

Die mit einem Biomassehof erzielbaren **CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale** werden beispielhaft ermittelt. Die tatsächliche Höhe der Einsparpotenziale hängt von der Art der jeweiligen Verwertung der Biomassen, den verwerteten Biomassemengen und der weiteren Energienutzung ab. Zusätzlich zu den bereits jetzt sehr hohen Standards der energetischen Biomassenutzung im Landkreis Lüchow-Dannenberg könnte der Biomassehof bei zentralem Ansatz (Biogasanlage, Hackschnitzelfeuerung und Pyrolyse) mit einer weiteren CO<sub>2</sub>-Einsparung von bis zu rd. 8.700 t pro Jahr beitragen.

**Rechtliche Randbedingungen:** Die Errichtung und der Betrieb eines Biomassehofs sowie die Vermarktung der erzeugten Produkte berührt verschiedene Rechtsbereiche, die nachfolgend kurz angesprochen werden. Dazu gehören **genehmigungsrechtliche und raumplanerische Randbedingungen**, die für den konkreten Standort zu beachten sind. Ein Biomassehof ist als Anlage zur Lagerung und Behandlung von Abfällen anzusehen. Die Genehmigung erfolgt nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Bei den Genehmigungs- bzw. Zulassungsverfahren wird nach Neu- und Änderungsverfahren, nach förmlichen und vereinfachten Verfahren und solchen mit oder ohne Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem UVPG unterschieden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass eine Errichtung eines Biomassehofs in ausgewiesenen Industriegebieten gemäß § 9 Abs. 1 Baunutzungsverordnung (BauNVO) zulässig sein dürfte (*„Industriegebiete dienen ausschließlich der Unterbringung von Gewerbebetrieben, und zwar vorwiegend solcher Betriebe, die in anderen Baugebieten unzulässig sind.“*)

Eine Ansiedlung in einem Gewerbegebiet gemäß § 8 Abs. 1 BauNVO (*„Gewerbegebiete dienen vorwiegend der Unterbringung von nicht erheblich belästigenden Gewerbebetrieben.“*) ist dagegen eher nicht zulässig. Häufig erfolgt auch eine Ausweisung als „Sonstiges Sondergebiet“ gemäß § 11 BauNVO, z. B. mit dem Hinweis: *Sonstiges Sondergebiet "Kompostierungs- und Recyclinganlage"*.

Weiterhin werden die **stoffbezogenen Regelungen** – z. B. zur Verwertung der entstehenden Komposte - dargestellt.

Besondere Bedeutung haben die gesetzlichen Regelungen zur **Förderung von erneuerbaren Energien**. Die Errichtung von Anlagen zur Verwertung von Biomassen wird durch vereinzelte Maßnahmen der Bundesländer, des Bundes sowie auch anderer Institutionen gefördert. Die Vergütung für aus Biomasse erzeugten Strom ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt.

Im Jahr 2021 trat die mittlerweile fünfte Überarbeitung des EEG mit einigen Änderungen für Biomasseanlagen in Kraft. Für Strom aus Biomasse bestehen in Abhängigkeit von der Anlagengröße unterschiedliche Möglichkeiten:

- die Festvergütung: Für Anlagen bis 100 kWel
- die Marktprämie: Für Anlagen ab 100 kWel
- das Ausschreibungssystem: Für Anlagen ab 100 kWel

Bei der konkreten Umsetzung eines Biomassehofs wäre auch zu überlegen, ob dort auch der Fachdienst Abfallwirtschaft mit seinem Betriebshof eingerichtet wird. Das Gebäude in der Altmarkstraße ist sanierungsbedürftig; eine Verlagerung des Standortes zum künftigen Standort für den Biomassehof könnte betriebliche Synergien ermöglichen.

## 6.4 Fazit

Die Errichtung und der Betrieb eines Biomassehofs wäre ein weiterer Beitrag zum bereits sehr erfreulichen Stand der Nutzung von Biomassen im Landkreis Lüchow-Dannenberg. Auch wenn es im Prinzip sehr große Potenziale an Biomassen im Landkreis gibt, wird nur ein Teil davon für einen Biomassehof nutzbar sein. Dies liegt einerseits daran, dass diese Potenziale in großen Teilen bereits unterschiedlichen Verwertungen zugeführt werden, andererseits deren Gewinnung mit Kosten verbunden sind, die die jeweils zuständigen Erzeuger nicht unbedingt tragen möchten. Die Potenziale, auf die der Landkreis Zugriff hat, können dagegen einfacher erschlossen werden. Dazu gehören vor allem die Biomassen aus der kommunalen Sammlung (Grünabfall, künftig auch Bioabfall).

Wichtig für den Erfolg eines Biomassehofs wird es sein, dass es Träger gibt, die ein Interesse an der Umsetzung haben und in der Lage sind, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen. Dies können kommunale Einrichtungen sein, private Unternehmen, Genossenschaften wie auch interessierte Bürger. Die Art der Trägerschaft ist nach unserer Auffassung weniger entscheidend als die Entschlossenheit und Kompetenz der handelnden Personen.

Es wäre auch denkbar, eine bereits bestehende Verwertungsanlage zu erweitern (z. B. landwirtschaftliche Trockenfermentationsanlagen, die absehbar aus der Förderung herausfallen), die dann geltenden Anforderungen des Abfallrechts wären dabei zu beachten.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Biomassehofs ist zu beachten, dass es verschiedene Förderinstrumente für die Biomassenutzung gibt. Hierbei kann es interessant sein, auch innovative Ansätze zu verfolgen, um somit auch für Förderprojekte in Betracht zu kommen, deren Zielsetzung in der Etablierung neuer technologischer Konzepte liegt.

